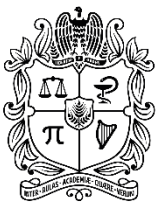


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

# Factores determinantes en la toma de decisión para la adquisición de un ERP: Estudio exploratorio en el sector de construcción colombiano

**Carol Daniela Sánchez Páez**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ingeniería, Departamento de Ingeniería de sistemas e industrial

Bogotá, Colombia

2019

# Factores determinantes en la toma de decisión para la adquisición de un ERP: Estudio exploratorio en el sector de construcción colombiano

**Carol Daniela Sánchez Páez**

Trabajo de Profundización presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ingeniería Industrial**

Directora:
Ph.D. Beatriz Helena Díaz Pinzón

Línea de investigación:
Sistemas de Información Gerencial

Grupo de investigación:
Grupo de Investigación en Sistemas y Tecnologías de la Información y de la Comunicación en las Organizaciones (GISTIC)

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ingeniería, Departamento de Sistemas e Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá, Colombia

# Agradecimientos

La elaboración de este trabajo de grado fue un proceso arduo y exhaustivo durante el cual tuve la fortuna de contar con la asesoría y el apoyo de diferentes personas a mi alrededor. Por ello dedico estas palabras a todos ellos:

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional de Colombia y en particular, a la Facultad de Ingeniería, por permitirme el honor de haber continuado mis estudios allí, es el alma máter a quien debo en buena medida lo que he alcanzado en mi vida profesional.

En segundo lugar, quiero agradecer a Beatriz Helena Diaz, que, con su experiencia y orientación en el desarrollo de mi investigación, hizo que mis esfuerzos estuvieran correctamente enfocados para la consecución de un resultado valioso y relevante.

De igual manera, quiero dedicar de manera muy especial este párrafo a cada una de las personas que, trabajando en el sector de la construcción o en el sector de tecnología, accedieron a responder los diferentes cuestionarios de la metodología aplicada. Ellos hacen parte de mi éxito en el planteamiento de los paradigmas ligados a los factores determinantes en la selección de un ERP para construcción.

Enseguida, agradezco a mi familia, mi mamá Alicia, mi papá Pedro y mis hermanos Sergio y Gabriela por estar siempre presentes en aquellos momentos donde me sentí agobiada o preocupada, sus sonrisas y palabras de ánimo fueron sin lugar a duda, un combustible para continuar con ahínco para alcanzar esta meta tan deseada.

También quiero agradecer a mi amiga, Carolina quién estuvo dispuesta a escucharme, conectarme con personas que pudieran ayudarme en mi investigación e incluso para tener una palabra de aliento cuando me sentí intranquila.

Finalmente, quiero agradecer al resto de la comunidad académica ya que tanto profesores, como compañeros y funcionarios, aportaron de una u otra manera a que pudiera culminar mis estudios y mi investigación.

Gracias nuevamente a todos ustedes.

# Resumen

**Propósito:** El propósito de este trabajo es establecer cuáles son los factores determinantes en la selección de un ERP para empresas de construcción en el contexto colombiano. Como resultado se exponen un listado de factores, así como su orden prioritario, también algunas recomendaciones tanto para las empresas de construcción como para los proveedores de ERP.

**Metodología:** Para el desarrollo de la investigación se planteó como marco la multimetodología de Mingers utilizando diferentes herramientas metodológicas en las distintas fases del estudio. En primer lugar, se realizó una exploración del terreno a través de búsquedas en bases de datos no estructuradas para construir el contexto del terreno. Posteriormente se realizó una revisión de literatura científica aplicando herramientas de búsqueda de inteligencia tecnológica en bases de datos estructuradas. Una vez identificados los modelos de selección de un ERP, así como los factores generalistas que influyen en la selección de un ERP para diversos sectores y geografías, se aplicó el método Delphi para obtener un juicio fundamentado de expertos tanto del sector de la construcción como del sector tecnología.

**Hallazgos:** Como resultado de aplicación del método Delphi se logró una lista consolidada de 46 factores que influyen en la selección de un ERP para construcción en Colombia. Así mismo estos factores fueron categorizados y jerarquizados por orden prioritario como determinantes para la selección. Siendo los factores de software los más importantes y los que primero se tiene en cuenta para la toma de decisión. Los expertos expusieron de manera clara las principales necesidades del sector en materia de sistemas de información gerenciales, de manera generalizada es imperativo que un ERP para el sector de la construcción cuente con gestión de obra, control de presupuestos y un módulo de contrataciones entre otros que soportan la operación específica el sector de la construcción.

**Originalidad/valor:** Este trabajo es de carácter exploratorio y busca abrir el panorama a la selección de ERP para la industria específica de la construcción en un escenario en el que este sector se encuentra relegado en la adopción de tecnologías maduras que aumenten su productividad y competitividad.

**Palabras clave: ERP, construcción, selección, MERPAP, DELPHI, Factores determinantes, toma de decisiones, multimetodología.**

# Abstract

Purpose: The purpose of this paper is to establish the determining factors in the selection of an ERP for construction companies in Colombian context. As a result, the list of factors is presented, as well as its priority order, as well as some recommendations for both the construction companies and the ERP suppliers.
Methodology: For the development of the research, the multimethodology of Mingers was proposed as a framework, using different methodological tools in the different phases of the study.
First, an exploration of the land was made through searches in unstructured databases to build the context. Subsequently, a review of scientific literature was carried out applying tools for the search of prospective and technological intelligence in structured databases. Once the selection models of an ERP have been identified, as well as the generalist factors that influence the selection of an ERP for different sectors and geographies, the Delphi method was applied to obtain a well-founded judgment of experts from both the construction sector and technology sector.
**Findings:** As a result of applying the Delphi method, a consolidated list of 46 factors that influence the selection of an ERP for construction in Colombia was achieved. Likewise, these factors were categorized and prioritized in order of determinants for selection. Being the software factors the most important and those that are first considered for decision making. The experts outlined the main needs of the sector in terms of management information systems, in a generalized manner it is imperative that an ERP for the construction sector has work management, budget control and contracting module among others that support the specific operation in the construction sector.
**Originality / value:** This work is of an exploratory nature and seeks to open the landscape to the selection of ERP for the specific industry of construction in a scenario in which this sector is relegated to the adoption of mature technologies that increase its productivity and competitiveness.
**Keywords: ERP, construction, selection, MERPAP, DELPHI, determining factors, decision making, multimethodology.**

# Contenido

**Pág.**

**Agradecimientos……I**
**Resumen……II**
**Abstract……III**
**Contenido……IV**
**Lista de figuras……VI**
**Lista de tablas……VII**

**1. Planteamiento del problema……13**
1.1 Identificación del problema…… 13
1.2 Pregunta de investigación…… 15
1.3 Antecedentes y justificación…… 15
1.3.1 El papel del sector de la construcción en Colombia……16
1.3.2 Aporte de los ERP a las organizaciones……17
1.3.3 Estado del arte……19
1.4 Objetivos…… 21
1.4.1 Objetivo general……21
1.4.2 Objetivos específicos……21

**2. Contexto……23**
2.1 Caracterización del entorno Nacional…… 23
2.2 Caracterización del sector de la construcción…… 26
2.2.1 Relevancia del sector……26
2.2.2 Principales Indicadores económicos alrededor de la construcción……28
2.3 Panorama de las empresas del sector de construcción…… 36
2.3.1 Subsector Edificaciones……36
2.3.2 Subsector Obra civil……37
2.4 Políticas de crecimiento del sector…… 39
2.5 ERP para Construcción: Una aproximación a la Oferta…… 40

**3. Marco Conceptual……45**
3.1 Sistemas de información gerencial…… 45
3.1.1 Tipos de sistemas de información gerencial……45
3.2 Definición de ERP…… 47
3.2.1 Origen del ERP……47
3.2.2 El ciclo de vida de un ERP……48
3.2.3 Selección de un ERP……50
3.3 Toma de decisiones…… 64
3.3.1 Definición……64

3.3.2 Tipos de decisiones ..... 68
3.3.3 Teorías y modelos de toma de decisiones ..... 72

**4. Metodología ..... 78**
4.1 Multimetodologia de Mingers ..... 78
4.2 Método DELPHI ..... 80
4.2.1 Definición ..... 80
4.2.2 Características ..... 81
4.2.3 Proceso ..... 82
4.2.4 Fortalezas, debilidades y limitantes del método ..... 84

**5. Aplicación del método Delphi ..... 85**
5.1 Selección del método Delphi ..... 85
5.2 Procedimiento para la selección de expertos ..... 85
5.2.1 Preparación de la hoja de trabajo de nominación de recursos de conocimiento: ..... 85
5.3 Recolección de datos y análisis ..... 88
5.3.1 Ronda 1 ..... 88
5.3.2 Resultados de la Ronda 1 ..... 93
5.3.3 Ronda 2 ..... 103
5.3.4 Resultados de la Ronda 2 ..... 105
5.3.5 Determinar la finalización de las rondas ..... 109

**6. Análisis de resultados ..... 114**

**7. Conclusiones ..... 119**
7.1 Recomendaciones y propuestas ..... 122
7.2 Futuras líneas de investigación ..... 123

**Anexos ..... 124**

**Bibliografía ..... 148**

# Lista de figuras

**Pág.**

**Ilustración 2.** Índice de Gestión de Tecnologías Maduras por sector industrial 2017 .... 14
**Ilustración 3.** Comparación del Crecimiento anual del PIB Global con Colombia. ..... 23
**Ilustración 4.** Crecimiento histórico de la Región (2014-2018) ..... 24
**Ilustración 5.** Evolución del PIB de Colombia 2000-2018 ..... 24
**Ilustración 6**. Crecimiento del PIB por sector ..... 26
**Ilustración 7.** Variación anual del PIB total, valor agregado construcción y subsectores (a precios constantes). ..... 29
**Ilustración 8.** Variación anual de IPC total e IPC vivienda ..... 30
**Ilustración 9.** Variación y participación anual de la población ocupada y en la rama de actividad construcción ..... 30
**Ilustración 10.** Producción y despachos de Cemento gris, total nacional ..... 31
**Ilustración 11.** Producción de concreto por tipología de uso ..... 32
**Ilustración 12.** Variación, contribución y participación anual del área aprobada ..... 32
**Ilustración 13.** Variación, contribución y participación anual de la financiación de vivienda ..... 33
**Ilustración 14.** Índices de precios y costos: IPP, IPC e ICCV ..... 34
**Ilustración 15.** Variación anual del IIOC de los pagos y obligaciones en obras civiles .. 35
**Ilustración 16.** Variación y contribución anual de pagos en obras civiles según tipos de construcción ..... 35
**Ilustración 17.** Cantidad de ERP para construcción a nivel geográfico ..... 40
Ilustración 18. Tipos de sistemas de información gerencial ..... 47
**Ilustración 19**. Modelo MERAP ..... 52
**Ilustración 20.** Proceso para la evaluación económica de proyectos de TI ..... 54
**Ilustración 21.** Proceso del método Delphi ..... 83
**Ilustración 22.** Importancia de los factores según los expertos. ..... 95
**Ilustración 23.** Codificación de las preguntas de tipo cualitativo en NVIVO. .....101
**Ilustración 24**. Treemap de los nodos para las preguntas relativas a las necesidades funcionales de un ERP para construcción .....102
**Ilustración 25.** Nube de palabras de las necesidades del sector de la construcción para la selección de un ERP .....102

# Lista de tablas

**Pág.**

**Tabla 2.** Composición del PIB.....25
**Tabla 3.** Relevancia del sector de la construcción en la economía nacional.....27
**Tabla 4**. Total activo, ingresos operacionales y número de empresas por tamaño para 2017-Subsector Edificaciones.....36
**Tabla 5.** Ingresos operacionales por Naturaleza Jurídica-Subsector Edificaciones.....37
**Tabla 6.** Número de empresas por Clasificación dentro del subsector.....38
**Tabla 7.** Total activo, ingresos operacionales y número de empresas por tamaño para 2017-Subsector Obra Civil.....38
**Tabla 8.** Ingresos operacionales y número de empresas por naturaleza jurídica 2017-Subsector Obra civil.....39
**Tabla 9.** ERP especializados en Construcción en Colombia.....41
**Tabla 10.** Ciclo de vida de un ERP.....49
**Tabla 11.** Factores críticos en la selección de un ERP según la revisión de literatura.....59
**Tabla 12.** Proceso de toma de decisiones.....74
**Tabla 13.** Diseño metodológico según la multimetodologia de Mingers.....79
**Tabla 14.** Ventajas y desventajas del método Delphi.....84
**Tabla 15.** Identificación de expertos.....86
**Tabla 16.** Tabla de frecuencias de las respuestas de la pregunta tipo Likert.....94
**Tabla 17.** Importancia Global del listado de factores.....97
**Tabla 18.** Cálculo del Alfa de Cronbach.....98
**Tabla 19.** Valoración de las fuentes de argumentación para la obtención de «Coeficiente de Argumentación» (Ka).....105
**Tabla 20.** Cálculo de los coeficientes de argumentación.....106
**Tabla 21.** Coeficiente de competencia experta.....106
**Tabla 22.** Consolidado Ranking de grupos de factores.....107
**Tabla 23.** Funcionalidades destacadas por el grupo de expertos como indispensables en un ERP para construcción.....108
**Tabla 24.** Cálculos estadísticos para la calificación de la importancia de factores en la ronda 1.....110
**Tabla 25.** Cálculo del Coeficiente de concordancia.....112
**Tabla 26.** Cálculo de significancia de W.....113

# 1. Planteamiento del problema

## 1.1 Identificación del problema

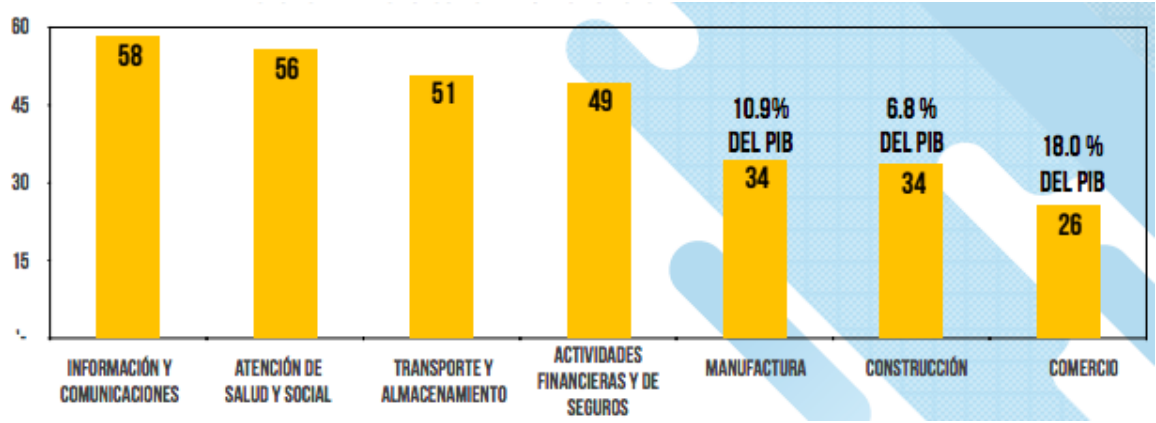
Actualmente existen políticas gubernamentales (Plan vive digital, Programa de Transformación Productiva y el Programa de Fortalecimiento de la Industria de Tecnologías de la Información) que buscan fomentar el uso de las tecnologías de la información y la conectividad, lo cual tiende a vincular los diferentes sectores de la economía al uso de tecnologías de la información (TI). (MinTIC, 2013)

El crecimiento reportado de TI según PROCOLOMBIA para los últimos 10 años ha sido de cinco veces, observando una tendencia de las empresas colombianas a incrementar la demanda de servicios de software y TI, gracias a la apertura comercial y el acceso a internet, se menciona que los sectores más demandantes son finanzas, manufactura y consumo masivo. (Superintendencia de sociedades, 2015)

Como resultado del Observatorio de la Economía Digital de Colombia se destaca la adopción de tecnologías digitales maduras en el estadio de infraestructura de la cadena de valor, esto es, en términos generales (Micros, PYMES y grandes empresas) las tecnologías de IT (computadoras, software y aplicativos), redes y telecomunicaciones son las que mayor acogida han tenido. Sin embargo, como conclusiones del estudio puede verse que, a nivel nacional, la transformación digital no es una prioridad para la alta gerencia, los beneficios de tecnologías digitales no están claramente explicados, las responsabilidades para implementar la transformación no han sido claramente asignadas dentro de la organización y los riesgos de implementación son muy altos. (Katz, 2017)

La construcción es uno de los sectores económicos más rezagados en la adopción de tecnología, representando el 6.8% del PIB en 2017 la construcción presenta el segundo índice más bajo de gestión de tecnologías maduras.

**Ilustración 1.** Índice de Gestión de Tecnologías Maduras por sector industrial 2017.(Katz, 2017)




Las empresas de construcción presentan diversas complejidades en cuanto al manejo de la información concerniente a sus operaciones, lo cual dificulta la integración de sistemas y aplicaciones para satisfacer las necesidades del negocio. Por naturaleza esta es una industria bastante dispareja en términos del tamaño de las organizaciones, la articulación de los proyectos que estas ejecutan y la cantidad de especialidades que estas puedan llegar a tener. (Méxas, Quelhas, & Costa, 2012)

CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) ha puesto en evidencia que uno de sus retos es fomentar la cultura de la innovación para el aumento de la productividad de las empresas de construcción. No solo en actividades propias de la industria sino en temas centrales de software, tecnología y sostenibilidad. Alineado con esta política el clúster de Construcción plantea la adopción de la tecnología como la oportunidad de mejora para desempeño y competitividad. (CAMACOL, 2016a)

Los ERP son considerados como sistemas que se encargan del flujo de información y los requerimientos de comunicación a lo largo de la organización, un uso apropiado del ERP se estima como un factor clave para una gestión exitosa de la cadena de suministro. De acuerdo con lo anterior surge entonces la tendencia llevar una organización basada en procesos desarrollados por equipos funcionales que permitan ser soportados por un ERP. (Shtub & Ramesh Karnik, 2010)

El ciclo de vida de los ERP tiene múltiples fases de acuerdo con cada autor, sin embargo, estas pueden agruparse en tres principales: selección, implementación y uso (Forslund, 2012). Una de las más críticas y que toca directamente esta investigación es la selección, puesto que consume gran cantidad de tiempo tanto para la empresa que busca el ERP

como para el proveedor de este. En dicha fase se adelantan labores de caracterización del negocio, especificación de requerimientos, evaluación de opciones y selección de la solución final. (Kilic, Zaim, & Delen, 2015)

Es en esta fase donde los proveedores de ERP deben alinear sus esfuerzos en la comprensión de las necesidades y como su producto puede satisfacerlas, un marco de referencia para este proceso crítico será de gran ayuda para establecer los factores que requieren mayor atención, especialmente en una industria tan compleja como la de la construcción.

De acuerdo con lo anterior es posible identificar que hay un auge por la adopción de tecnologías en Colombia y que el sector de la construcción aún está rezagado con respecto a los otros. De las tecnologías maduras que son las de mayor aceptación, los ERP se alinean con la visión de la Cámara de Construcción Colombiana bajo la premisa de mejorar la productividad y competitividad de las empresas del sector.

Del ciclo de vida de los ERP la fase más explorada es la implementación, siendo que una adecuada selección del ERP es el paso previo crítico para el éxito en la adopción del sistema. Debido a que no se encontró un marco establecido para la selección de un ERP en el sector de la construcción en el ámbito nacional, en este trabajo se propone la realización de un estudio que permita identificar los factores, necesidades y características propias del sector que faciliten una selección consciente y fundamentada de un sistema de información ERP que a largo plazo brindara diversos beneficios a las empresas constructoras en Colombia.

## 1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los factores influyentes en la adquisición de un ERP en las organizaciones del sector de la construcción en Colombia?

## 1.3 Antecedentes y justificación

Este trabajo de investigación surge de la falta de un marco de referencia exclusivo para el sector de la construcción en Colombia en cuanto a la selección de un sistema ERP, es por ello que se abordan tres aspectos relevantes en este estudio, el primero es la importancia del sector de la construcción en el escenario de nacional, la segunda es resaltar los

beneficios que brindan los ERP a las compañías que adoptan estos sistemas y por ultimo destacar la producción académica que se tiene hasta el momento sobre el tema.

### 1.3.1 El papel del sector de la construcción en Colombia

La importancia del estudio de este sector se deriva de dos aspectos centrales: la complejidad del modelo de negocio que presentan las empresas del rubro de la construcción como reto a la adaptación de los ERP a dicha operación y el hecho de que en los últimos años ha sido uno de los sectores que más ha impulsado la economía nacional.

Uno de los aspectos más relevantes del sector es el dinamismo que este le imprime a la producción y generación de empleo. Solamente en 2015 el sector de la construcción alcanzó un crecimiento del 3.9%, el cual se debe a dos grandes componentes: la ejecución de obras civiles y construcción de edificaciones (Superintendencia de sociedades, 2016). La anterior es una de las particularidades del sector puesto que sus dos principales actividades difieren en su operación de manera drástica sin embargo un aspecto para tener en cuenta es que una empresa de construcción puede ejercer en ambos subsectores.

Desde 2014 hasta la actualidad la construcción es una de las palancas del crecimiento económico en Colombia, diversas políticas públicas, así como la inversión privada y los planes de vivienda son los principales impulsores del sector. La estabilidad económica que ha alcanzado el país en los últimos años contribuye a que los esfuerzos se dirijan a cubrir la brecha en infraestructura. Muestra de ello es que el crecimiento del sector en 2014 fue de 9.9%, en 2015 de 8.7 % y más de 9.7 % en 2016. Estas cifras del sector contribuyeron al crecimiento del PIB en un 2.8%. lo cual deja en evidencia la importancia de la construcción en la económica del país. (OXFORD BUSINESS GROUP, 2016)

Adicionalmente CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) afirma que “La relevancia de esta industria sigue siendo transversal en todas las economías, pues moviliza una gran cantidad de insumos, impulsa significativamente la generación de empleos directos e indirectos, y contribuye en un porcentaje importante en la formación de capital de los países.” (CAMACOL, 2016b).

Finalmente, hacia el futuro CAMACOL prevé que el desempeño de la construcción en Colombia estará sustentado en la construcción de las 30 mil viviendas gratuitas, el programa Mi casa ya, los programas de vivienda para los hogares de clase media, el Plan

Nacional de Infraestructura Educativa, y el arranque de los programas de infraestructura vial, programas gubernamentales que sin duda impulsan el crecimiento del sector.

Una vez expuesto lo anterior cabe resaltar la importancia de elaborar un marco de referencia para la selección de ERP para un sector que apalanca la economía nacional, de esta manera contribuir al vínculo entre las TI y las empresas de construcción en Colombia.

### 1.3.2 Aporte de los ERP a las organizaciones

Existen soluciones tecnológicas que apoyan la planeación de los recursos y servicios en las organizaciones con miras a mejorar los resultados económicos, muchas de las compañías usan hoy en día lo que se denomina ERP. (Bhati & Trivedi, 2016)

Los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) son paquetes de software que se componen de varios módulos, lo cual proporciona una integración de los datos de los procesos de negocio a través de toda la organización (Esteves & Pastor, 2001). Por lo anterior estos sistemas tienen grandes implicaciones estratégicas para las organizaciones, gracias a que requieren una gestión de operaciones multidisciplinaria, contienen datos e información de gran importancia para la toma de decisiones a todos los niveles.

La evaluación del impacto que tiene el uso de un ERP en el desempeño de las organizaciones ha sido abordada por varios autores. A través de estudios empíricos (Hitt, Wu, & Zhou, 2002) concluyen que se incrementan algunos índices de rendimiento financiero, algunos adoptantes de ERP experimentaron crecimiento en la valoración de mercado. (Hunton, Lippincott, & Reck, 2003) por su parte a través de un estudio comparativo remarcan que el retorno sobre los activos, el retorno de la inversión y la rotación de activos fueron significativamente mejores en las empresas que tenían un ERP con respecto a aquellas que no. Por su parte (Hendricks, Singhal, & Stratman, 2007) observaron que aquellas empresas que invierten en ERP obtienen mejoras en la rentabilidad con respecto a aquellos que invierten en otros sistemas de información como el CRM. (Fotini, Anthi-maria, & Euripidis, 2008)

El uso de un ERP es destacable desde la perspectiva de los beneficios significativos que este representa: disminución de costos, reducción de inventarios, incremento en la productividad. Mejoras en la eficiencia operacional, la construcción de ventaja competitiva y una mejor organización de los recursos internos. (May, Dhillon, & Caldeira, 2013)

Los beneficios que pueden obtenerse para la organización a través de un ERP están asociados a la tecnología utilizada, así como las funcionalidades que el sistema brinda, entre los más comunes y observados entre los investigadores se destacan: un tiempo de respuesta rápido, incremento en la interacción a través de la empresa, la mejora en la gestión de las ordenes, mejora en la interacción con el cliente, mejora en los tiempos de entrega, mejora en la interacción con proveedores, baja en los niveles de inventario, mejor gestión del flujo de efectivo y reducción de los costos directos de operación (Su & Yang, 2010).

Por otra parte, existen las ventajas que representan desde el punto de vista de la información, en términos de la calidad de la información que entrega el sistema, la integración de los procesos de negocio y las operaciones. Según (Shang & Seddon, 2000), los beneficios que brinda la implementación de un ERP en una compañía pueden clasificarse en cinco: beneficio operativo, beneficio empresarial, beneficio estratégico, infraestructura de TI y beneficio organizacional.

Adicional a ello pueden clasificarse también los beneficios en tangibles e intangibles, dentro del primer grupo se encuentran los propuestos por (Olhager & Selldin, 2003): reducción del tiempo de espera, los envíos a tiempo, aumento de la rotación del inventario y el monitoreo del trabajo en progreso. Mientras que los intangibles fueron identificados por (Garg & Venkitakrishnan, 2003), algunos de ellos son: una mejor satisfacción del cliente, mejorar la actuación de los proveedores, aumentar la flexibilidad, reducir los costos de calidad, mejorar la utilidad de los recursos, mejorar la precisión de la información y la mejora de la capacidad de toma de decisiones (Sadrzadehrafiei, Gholamzadeh, & Karimi, 2013).

Con respecto a la tendencia de CAMACOL a impulsar la competitividad y productividad de las empresas de construcción estudios demuestran la correlación entre la eficiencia y efectividad de un ERP con el impacto positivo en la ventaja competitiva y productividad en las empresas, resaltando que en la actualidad la competitividad está ligada a la gestión de la cadena de suministro, es allí donde sistemas como los ERP en el SCM juegan un papel importante en tanto que son herramientas de innovación, inversión y desarrollo tecnológico (Handoko, Aryanto, & So, 2015).

En resumen, los ERP son una herramienta estratégica, que permite hacer inteligencia de negocios a través de la correcta explotación de sus capacidades que han transformado la

manera en la que las organizaciones gestionan los negocios y operaciones. Estos sistemas logran mejorar la transparencia financiera, el servicio al cliente, la gestión de la cadena de suministro y la gestión de recursos humanos integrando todos los recursos e información en una sola plataforma (Antoniadis, Tsiakiris, & Tsopogloy, 2015).

### 1.3.3 Estado del arte

Desde el surgimiento del concepto de ERP en 1990 además de la adopción de estos sistemas en numerosas empresas, la academia ha dirigido esfuerzos importantes en la comprensión de fenómenos que rodean los sistemas ERP. Una aproximación en la primera década (90's) se resume en la clasificación de la producción literaria con respecto al ciclo de vida de los ERP, de lo que se destaca que el mayor número de publicaciones se encuentran en la fase de implementación mientras que para las fases de adopción y adquisición se presentan pocas publicaciones (Esteves & Pastor, 2001).

Los principales temas de investigación en estas fases son: los requerimientos, riesgos y beneficios asociados, así como el modelado de la cultura organizacional antes de la puesta en marcha del ERP. Las temáticas para las futuras investigaciones giran en torno a las aproximaciones que contribuyen a la toma de decisión sobre la adopción de un nuevo ERP, la evaluación del impacto que se tendría en la organización con el cambio de sistema de información, la elección de los proveedores, análisis de precios y retorno de la inversión, así como las necesidades de hardware y software para la adquisición del ERP (Esteves & Pastor, 2001).

Posteriormente en la década del 2000-2010, la producción literaria sobre ERP tuvo participación multidisciplinaria y los principales tópicos investigados fueron: la implementación, la optimización de los ERP, la gestión de la cadena de suministro, los ERP desde la perspectiva pedagógica y el mercado del ERP. Una de las disciplinas que mayor contribución tuvo a la producción científica fue la gestión de operaciones, seguida de los sistemas de información y las ciencias de la computación (Schlichter, Kraemmergaard, Bjarne Rerup Schlichter;, & Kraemmergaard, 2010).

Las tendencias en la última década (2000-2010) han cambiado en cuanto a los tópicos de investigación, mientras que las temáticas más exploradas giraban en torno a la implementación de los ERP, los factores críticos de éxito, la historia y desarrollo de los ERP y los beneficios y costos de los mismos, los desarrollos tecnológicos llevan a que las

futuras investigaciones giren en torno a las redes sociales en relación a los sistemas de gestión, la computación en la nuble como palanca tecnológica que impulsa el uso de los ERP en relación a la disminución de los costos, Enterprise 2.0 como plataforma tecnológica de colaboración e integración de los estabones de la cadena de suministro y Decisión 2.0 que hace referencia a la articulación de sistemas que soporten al toma de decisiones en las organizaciones (Elragal & Haddara, 2012).

Articulando la producción científica en relación a los ERP y casos de aplicación en empresas del sector de la construcción se halló que en las principales investigaciones se destacan algunos trabajos como el de (Ma, Lu, & Wu, 2011) en el cual se identificaron los recursos de información y actividades de decisión en las firmas de construcción a través de revisiones bibliográficas y talleres de expertos, la contribución esperada de dicho trabajo era beneficiar a las empresas de construcción en la utilización de recursos de información más eficaces para apoyar la toma de decisiones y gestión empresarial.

Así mismo (Scherer & Schapke, 2011) proponen el desarrollo conceptual de un sistema de gestión de la información para apoyar la toma de decisiones en proyectos de construcción en todos los niveles de gestión: propietarios y organizaciones contratistas. El sistema propuesto por estos autores según ellos representa un cambio de paradigma ya que la información ya no es tipo modelo centrado en el producto, sino que se interrelacionan distintas tareas y modelos necesarios para las tareas de planificación, producción y análisis.

Por su parte (Love, Irani, & Edwards, 2005) realizaron un estudio de las inversiones en TI realizadas por las empresas de construcción, con el fin de medir el impacto de dichas inversiones se realiza una encuesta cuyo análisis busca reflejar los enfoques utilizados por organizaciones de construcción para evaluar y justificar sus inversiones en TI. De ello se desprende un marco de evaluación de TI que puede ser utilizado por las diferentes organizaciones de la construcción para mejorar el proceso de toma de decisiones en cuanto a la inversión.

(Méxas, Quelhas, Costa, & Lameira, 2013) por su parte proponen una priorización de criterios para los ERP enfocado en la industria de la construcción. Su trabajo se soporta en la necesidad de las empresas constructoras brasileñas de obtener un establecimiento de criterios de importancia en la forma de gestionar sus empresas con ERP. Del estudio

se obtuvo que los aspectos más relevantes eran las finanzas, inteligencia de negocios y características del software.

En resumen, los sistemas ERP son de vital importancia para la competitividad de las empresas, la adopción de un ERP en una organización trae consigo beneficios financieros y no financieros, que representan ventajas en la gestión de operaciones de manera tangible e intangible. Con una trayectoria de más de veinte años se posicionan como una de las soluciones tecnológicas predominantes en las empresas de talla mundial. Con respecto a su ciclo de vida la mayor parte de las investigaciones se han dirigido a la fase de implementación estableciendo los factores críticos de éxito, sin embargo, no se resta importancia a la etapa de selección que se considera altamente influyente en el éxito de la implementación y post implementación.

La importancia del sector de la construcción para la economía nacional hace reflexionar sobre la búsqueda de estrategias y herramientas que contribuyan al fortalecimiento de las ventajas competitivas de estas organizaciones, es por lo anterior que se desea brindar un marco de referencia para la selección adecuada de un ERP que cubra las necesidades del sector en el ámbito nacional.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Caracterizar posibles factores que afectan la toma de decisión en la adquisición de un ERP en organizaciones del sector de la construcción en Colombia.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Describir el sector de la construcción en el ámbito nacional como mercado para la implementación de ERP.
- Identificar a partir de la literatura científica qué factores afectan la toma de decisión con respecto a la adquisición y selección de un ERP.
- Especificar las necesidades del sector de la construcción en torno a un sistema de información que les permita gestionar procesos estándar de dicho tipo de negocio.
- Determinar que sistemas ERP del mercado atienden el sector de la construcción y cuáles son sus características.

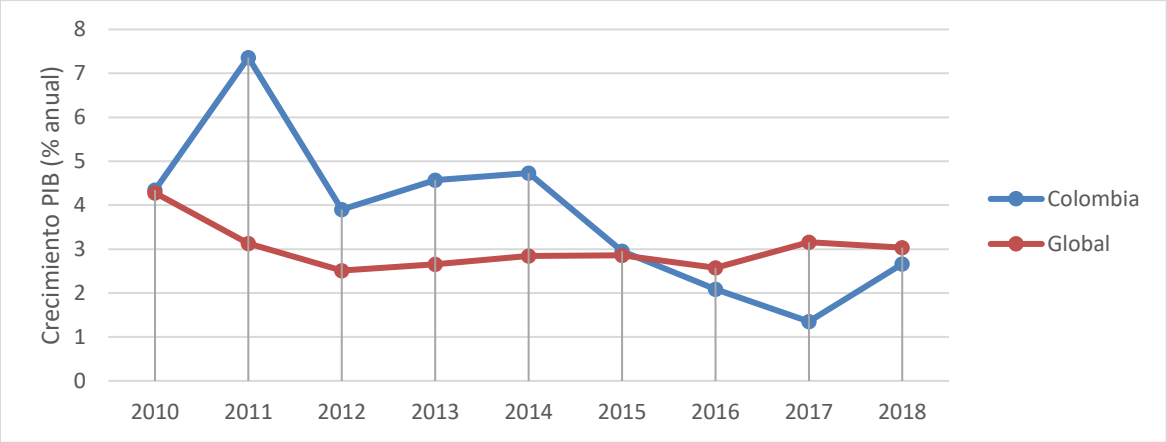
- Evaluar la importancia de los factores que afectan la toma de decisión en la adquisición de un ERP en el sector de la construcción en Colombia a través de una selección de expertos.
- Elaborar una lista de recomendaciones pertinentes que proporcionen una hoja de ruta adecuada en la selección y adquisición de sistemas ERP orientados a empresas de construcción colombianas.

# 2. Contexto

## 2.1 Caracterización del entorno Nacional

La última década estuvo marcada por diversas crisis: en 2008-2009 la crisis financiera, en 2010-2012 la crisis por la deuda soberana en Europa y desde 2014 -2016 los realineamientos de los precios de los productos básicos, todo ello era la raíz de una economía estancada a nivel mundial. En 2017 se observa una tendencia global a la estabilización y fortalecimiento de la económica con un crecimiento del 3% de la economía mundial (United Nations, 2018).

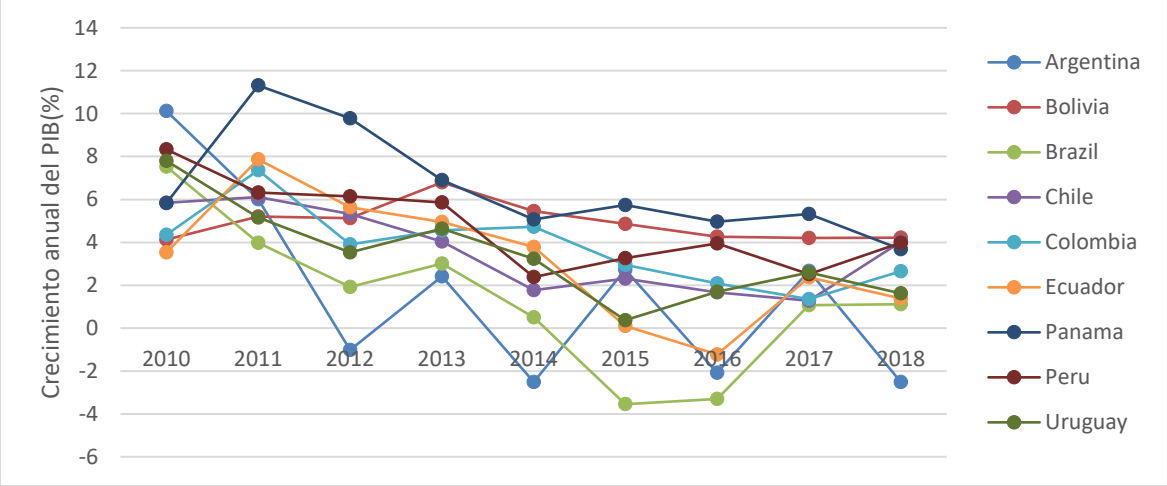
**Ilustración 2.** Comparación del Crecimiento anual del PIB Global con Colombia. Elaboración propia. Datos tomados de: https://data.worldbank.org/




Por su parte América Latina presento una desaceleración de la economía en 2011 que posteriormente se agudizo en una recesión para los años 2015 y 2016. Pese a que la región ha venido recuperándose de manera débil debido a una baja productividad laboral generalizada lo que mantiene a los países de América Latina en la “trampa del ingreso medio” (no se logra sostenibilidad en el crecimiento, es decir no se alcanzan tasas sostenidas de al menos el 5% de crecimiento en el PIB) existen proyecciones de

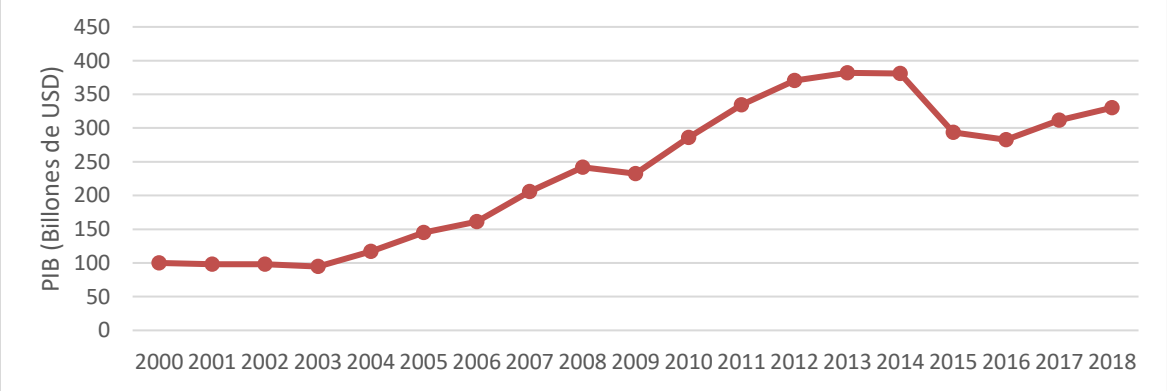
crecimiento positivo. Estas proyecciones están enmarcadas en algunos factores de riesgo como lo son la incertidumbre política y retraso de proyectos de infraestructura (OCDE/CAF/CEPAL, 2018).

**Ilustración 3.** Crecimiento histórico de la Región (2010-2018). Elaboración propia. Datos tomados de: https://data.worldbank.org/




A pesar de la incertidumbre política en Colombia y la difícil situación fiscal, Colombia tuvo una evolución positiva en 2017, sin embargo, no logro las cifras esperadas, pero sigue siendo una de las economías promisorias de la región. Según la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia) hay oportunidades de crecimiento en tanto se atiendan los siguientes aspectos: agroindustrias, crecimiento verde, transformación digital, infraestructura y logística (ANDI, 2017).

**Ilustración 4.** Evolución del PIB de Colombia 2000-2018. Elaboración propia. Datos tomados de: https://data.worldbank.org/



La economía colombiana ha tenido un comportamiento basado en algunos hechos puntuales en el último año: las importaciones se ralentizaron junto con la demanda interna y las exportaciones, impulsadas por mayores precios del petróleo, empezaron a crecer. El mercado de trabajo sigue siendo moderado, ya que la tasa de desempleo aumentó a 9,4% en 2017.

**Tabla 1.** Composición del PIB. Tomado de: http://dx.doi.org/10.1787/888933730883

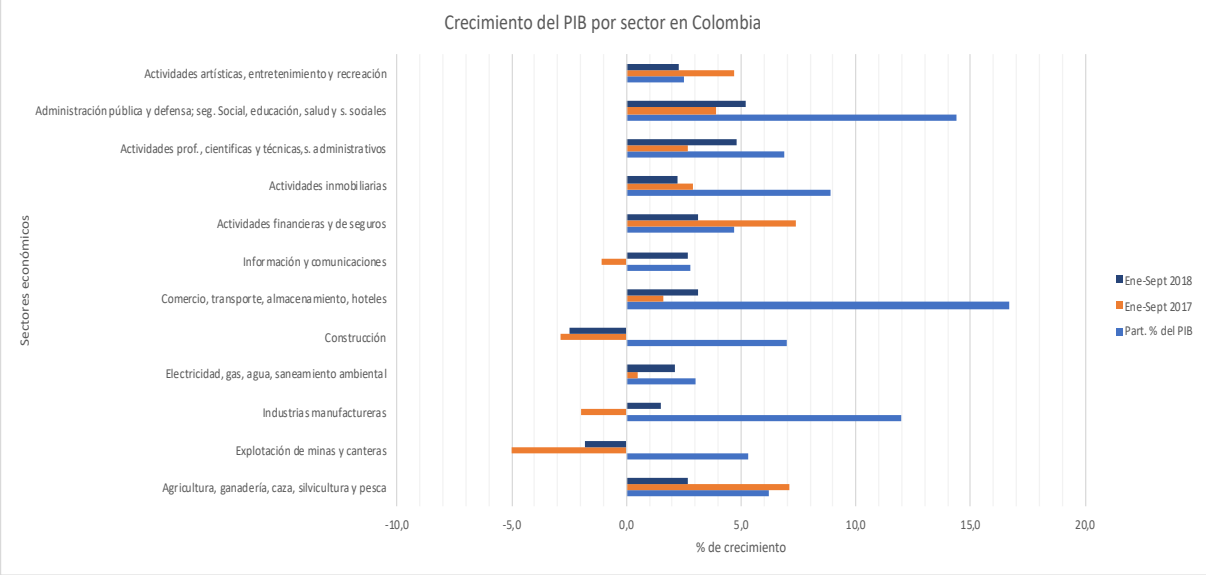
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Precios actuales COP billones | Cambios porcentuales, volumen (2015 precios) | | | | |
| PIB a precios de mercado | 762,9 | 3,0 | 2,0 | 1,8 | 2,7 | 3,2 |
| Consumo privado | 503,3 | 3,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 3,0 |
| Consumo del gobierno | 108,7 | 4,9 | 1,8 | 4,0 | 5,7 | 1,5 |
| Formación bruta de capital fijo | 196,9 | 1,7 | -2,7 | 0,1 | 0,2 | 5,7 |
| Demanda interna final | 808,8 | 3,0 | 0,5 | 1,7 | 2,3 | 3,3 |
| Existencias | - 13,8 | -0,7 | 0,8 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| Demanda interna total | 795,1 | 2,4 | 1,2 | 1,8 | 2,2 | 3,2 |
| Exportaciones de bienes y servicios | 126,9 | 1,7 | -1,4 | -0,7 | 3,6 | 4,9 |
| Importaciones de bienes y servicios | 159,1 | -1,1 | -4,0 | 0,3 | 0,6 | 4,2 |
| Exportaciones netas | - 32,2 | 0,5 | 0,7 | -0,2 | 0,4 | -0,1 |
| Artículos de memorando | | | | | | |
| Deflactor del PIB | _ | 2,4 | 5,3 | 5,5 | 3,7 | 3,1 |
| Índice de precios al consumidor | _ | 5,0 | 7,5 | 4,3 | 3,1 | 3,0 |
| Índice principal de inflación | _ | 4,7 | 6,5 | 4,9 | 2,9 | 2,9 |
| Tasa de desempleo (% de la fuerza de trabajo) | _ | 8,9 | 9,2 | 9,4 | 9,4 | 9,2 |
| Saldo de la cuenta corriente (% del PIB) | _ | -6,3 | -4,3 | -3,3 | -3,2 | -2,9 |

La contribución por sectores al PIB está liderada por el comercio, transporte, almacenamiento, hoteles, seguido de la administración pública y defensa, las industrias manufactureras son la tercera contribución al PIB en términos de porcentaje, en cuarto lugar, las actividades inmobiliarias y en quinto lugar el sector de construcción.

El sector de la construcción presento una contracción con respecto al 2017, por lo que CAMACOL afirma que se requieren estímulos para apalancar el sector, el aseguramiento de recursos para los programas como Mi Casa Ya, así mismo seguridad jurídica para el

desarrollo y ejecución de los proyectos, este es uno de los sectores que potencialmente jalona el empleo en el país, así como el aparato productivo

**Ilustración 5**. Crecimiento del PIB por sector. Fuente elaboración propia. Fuente: https://imgcdn.larepublica.co/cms/2018/12/28132344/ANDI-Balance-y-Perspectivas.pdf?w=auto




El desarrollo de la infraestructura vial es un tema principal en la agenda económica nacional, las proyecciones de obras de 1era, 2da y 3ra generación, proyectos de numerosas carreteras, así como APP (Asociaciones Publico - Privadas) de 4ta generación son proyectos ambiciosos, conceden una importancia especial a la construcción en el escenario económico nacional ya que aceleran el gasto en obras civiles, pero así mismo una mejora de tal magnitud en términos de infraestructura impulsara la competitividad logística. La implicación en el letargo en la ejecución y licitación de las obras de 4ta generación se ven también reflejadas en el decrecimiento del PIB en obras civiles (ANDI, 2019).

## 2.2 Caracterización del sector de la construcción

### 2.2.1 Relevancia del sector

El papel de la construcción en Colombia se puede describir como clave en los frentes de desarrollo social y económico. Por un lado, la actividad edificadora genera valor agregado,

alta demanda de mano de obra, vinculación de los otros sectores en la actividad productiva (manufactura, minería, comercio, entre otros). Mientras que, desde el punto de vista social, el incremento de la construcción de vivienda social, el avance en términos de infraestructura, fomentan el desarrollo urbano y por ende generan bienestar a la población (CAMACOL, 2018a).

**Tabla 2.** Relevancia del sector de la construcción en la economía nacional. Tomada de:(CAMACOL, 2018b)

| | | |
|---|---|---|
| Desarrollo económico | Producción sectorial, valor agregado e inversión | Inversiones anuales por $77 billones de pesos (9 puntos porcentuales del PIB)<br>El 4to sector con mayor nivel de producción |
| | | Valor agregado por $46 billones de pesos (5,3 puntos porcentuales del PIB) |
| | | En términos de formación Bruta de Capital los proyectos de edificaciones representan un 26% del total de la inversión en el país |
| | Demanda de insumos, servicios y efectos multiplicadores del sector | Insumos por $34 billones de pesos (4,4 puntos porcentuales del PIB) |
| | | 50% de los sectores económicos hacen parte de las actividades que proveen de insumos a la construcción |
| | | Por cada $1 Peso de demanda en edificaciones el efecto multiplicador es de $3,06 pesos en la economía en su conjunto |
| | Generación de empleo | 8% de la mano de obra del país |
| | | Entre 2008 y 2017 el aumento de la participación en la estructura laboral del sector fue el 19% |
| | | Los salarios anuales de trabajadores directos son de $9,3 billones de pesos (1 punto porcentual del PIB) |
| | | Por cada billón que se invierte en el sector se generan 50508 empleos directos |
| Desarrollo social | Construcción de vivienda formal y reducción de la pobreza | El acceso a vivienda formal reduce en un 33%la probabilidad de caer en situación de pobreza |
| | | Con el aumento de la construcción de vivienda social se redujo en 37% el hacinamiento, reducción de 39% en deficiencias de acceso al agua |
| | Reducción del déficit habitacional | Reducción del 38 % del déficit habitacional en las áreas urbanas desde el 2005 |
| | | Reducción del 37% en cohabitación y del 19% en hacinamiento |

| | | |
|---|---|---|
| | | Reducción del 65% de hogares habitando viviendas con deficiencias estructurales |
| | Sostenibilidad fiscal municipal | Impuesto predial como segunda fuente de recursos dentro de la estructura de ingresos fiscales |
| | | Ingresos derivados de la actividad propia de construcción por concepto de: impuestos de delineación urbana, contribuciones por valoración y participaciones de plusvalía |

## 2.2.2 Principales Indicadores económicos alrededor de la construcción

La actividad constructora de Colombia puede describirse en términos de los siguientes indicadores proporcionados por el DANE, trimestralmente se emite el boletín de Indicadores Económicos alrededor de la construcción IEA, este boletín técnico presenta el resultado de 16 investigaciones en distintas áreas geográficas a nivel nacional disgregando los diferentes indicadores que muestran las cifras de la evolución de la construcción.

De manera general la expansión o contracción del sector de construcción se relaciona directamente con factores como: la demanda del producto, tasas de interés del mercado financiero, políticas del gobierno, índices de precios de proveedores, entre otros, la dinámica del sector tiene como consecuencia directa un impacto en la generación de empleo, un análisis más detallado de estos componentes se presenta en esta sección:

- Indicadores macroeconómicos

#### **2.2.2.1.1** PIB

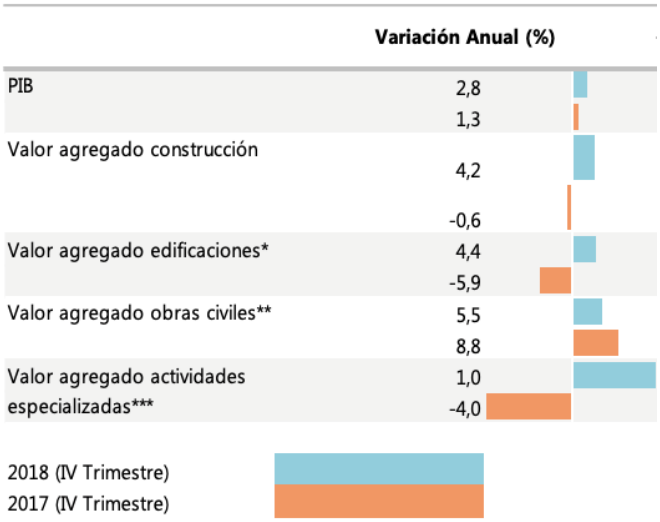
Teniendo en cuenta el Producto Interno Bruto nacional en el último trimestre de 2018, este tuvo un aumento del 2,8% con respecto al mismo trimestre en el año 2017. De este incremento el sector de la construcción particularmente tuvo un alza del 4,2 %.

Dos subsectores hacen parte de la rama de actividad de construcción: Edificaciones (4,4% de incremento en su valor agregado), y Obras civiles (5,5% de incremento en su valor agregado). El subsector de edificaciones principalmente se dedica a las soluciones de vivienda y el de obras civiles a la infraestructura (vial, de servicios básicos, etc).

A partir del año 2015 en los estudios estadísticos se incluye otras “actividades especializadas” que componen el ramo de construcción como lo son: el alquiler de

maquinaria y equipo de construcción a través de operadores (crecimiento del 1% con respecto a lo reportado en 2017). Adicionalmente relacionado (de forma indirecta) al sector de la construcción los sectores de producción y servicios reportan crecimientos vinculados a la actividad de construcción (la causa de esto es el vínculo principalmente con proveedores, fabricación de ladrillos, porcelana sanitaria, pinturas, industria de acero y cemento, etc.).

**Ilustración 6.** Variación anual del PIB total, valor agregado construcción y subsectores (a precios constantes). Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf



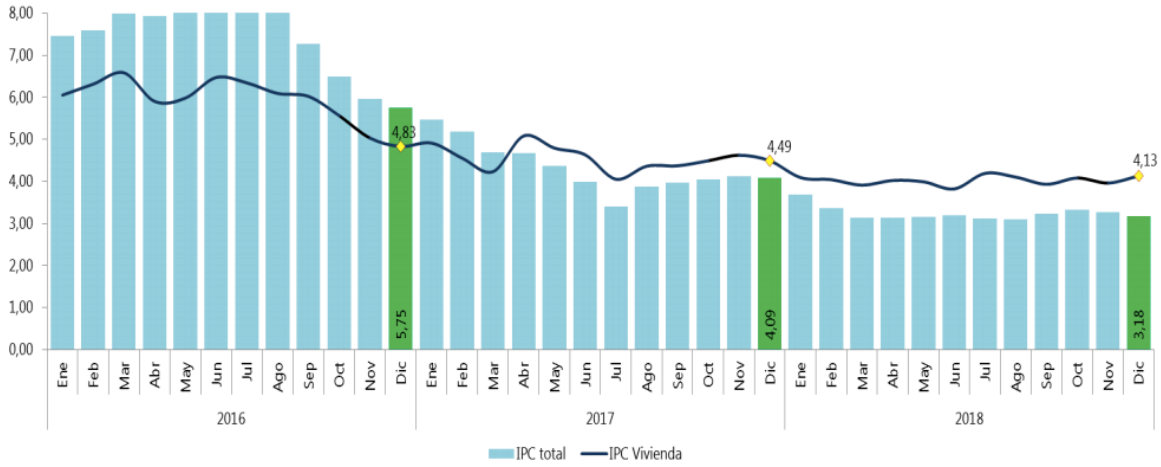

Como contexto regional Colombia y Perú fueron los países que mayor crecimiento del sector de la construcción reportaron en relación al análisis del PIB en mismo trimestre de 2017, 2,8% y 4,8% respectivamente (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2019). Lo anterior deja ver la importancia económica de la construcción en el ámbito nacional y regional.

#### 2.2.2.1.2 IPC

El Índice de Precios al Consumidor es una medida de la variación en el precio de bienes y servicios del consumo de los hogares del país. El cálculo del IPC se realiza sobre la base de 12 divisiones de gasto para el cálculo del IPC total. El siguiente grafico muestra la comparación entre el IPC total nacional vs el IPC de vivienda. Allí se evidencia que el

incremento de gasto en vivienda aumento un 4,13% con respecto a un 3,18% en el IPC total (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2019).

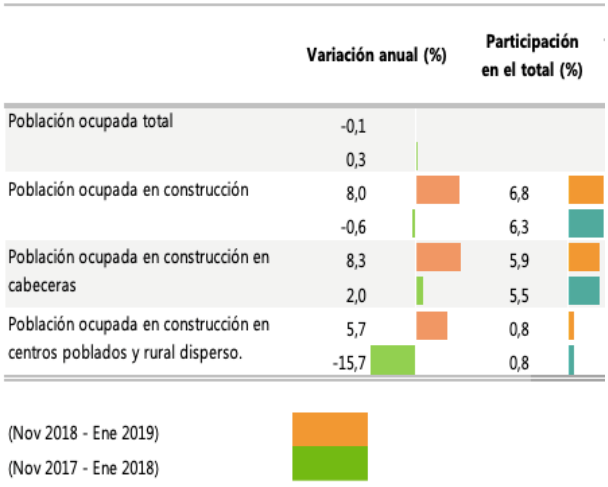
**Ilustración 7.** Variación anual de IPC total e IPC vivienda. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf




#### 2.2.2.1.3 Empleo

En términos de ocupación entre noviembre de 2018 y enero de 2019 la construcción tuvo una participación del 6,8% del total de ocupados en Colombia (22.355 personas). En términos generales la ocupación bajo, sin embargo la construcción tuvo un incremento del 8% en el número de ocupados (CAMACOL, 2019).

**Ilustración 8.** Variación y participación anual de la población ocupada y en la rama de actividad construcción. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf



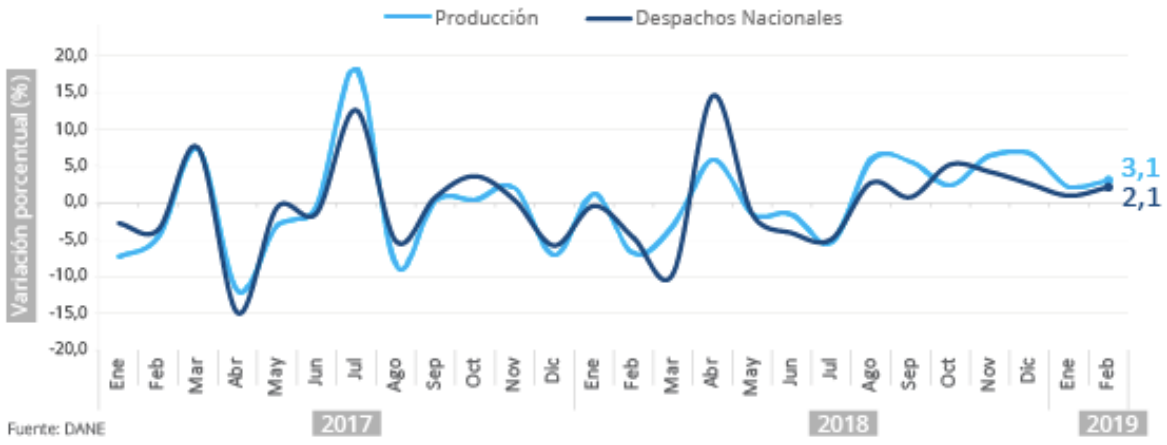
- Indicadores de oferta

#### 2.2.2.1.4 Producción de cemento gris

El insumo por excelencia de la construcción de edificaciones y obras civiles es el cemento gris, por tal razón conocer el comportamiento de la producción y los despachos de este material da cuenta de la salud del sector de construcción. De esta manera si el sector ralentiza su crecimiento lo hará también la producción del material.

Como puede apreciarse en el gráfico el dinamismo que se mostró en términos del PIB se relaciona de manera directa con un aumento porcentual del crecimiento de producción y despachos el cemento gris. Un aumento del 2,2% respecto a Enero de 2018 en la producción y una variación positiva del 1% en el despacho para la misma ventana temporal (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2019).

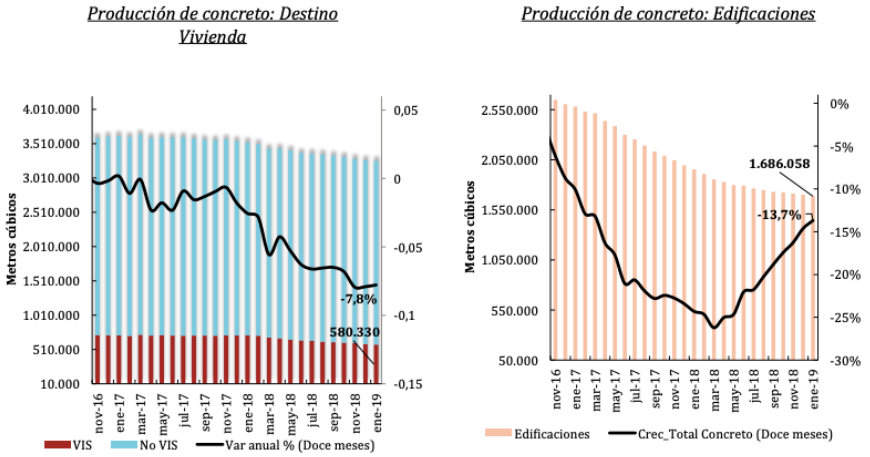
**Ilustración 9.** Producción y despachos de Cemento gris, total nacional. Fuente: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-cemento-gris




#### 2.2.2.1.5 Producción de concreto premezclado

Así como el cemento el concreto es otro de los insumos principales de los procesos constructivos. En este aspecto se presentó una recuperación del 0,9% en la producción del mismo. Al analizar los destinos de la producción de concreto el 48,8% se utilizó en construcción de vivienda, el 25,3% en edificaciones y el 25,1% en obras civiles. Del porcentaje destinado a la construcción de vivienda la distribución fue la siguiente: 81,1% en vivienda NO VIS y el 18,9% en viviendas VIS (DANE, 2019a).

**Ilustración 10.** Producción de concreto por tipología de uso. Fuente: https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/IAE%20abril.pdf




### 2.2.2.1.6 Licencias de construcción y censo de edificaciones

El potencial de la actividad edificadora del país se analiza también teniendo en cuenta la cuantificación de metros cuadrados aprobados para construcción, el DANE realiza las estadísticas de licencias de construcción (ELIC) de manera mensual, este análisis incluye los destinos, los tipos de licencias: urbana, suburbana y rural, el tipo de solicitud: sea nueva o de modificación, la clase de construcción: nueva o ampliación y el estrato socioeconómico.

ELIC emplea 3 indicadores para medir el potencial de la construcción en Colombia: el área a construir, el número de viviendas aprobadas y el número de licencias aprobadas. En este aspecto el estudio revela que hubo un aumento de 147.898 m2 de área aprobada para destinos no habitacionales, mientras que para construcción de vivienda hubo una reducción de 127.361 m2 en comparación con 2018 (DANE, 2019d).

**Ilustración 11.** Variación, contribución y participación anual del área aprobada. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf

| | Variación anual (%) | Participación en total (%) | Contribución (Puntos porcentuales) |
|---|---|---|---|
| **Área total aprobada** | **-20,0** | | |
| | **-17,7** | | |
| Área aprobada para vivienda | -14,6 | | |
| | -24,3 | | |
| Área total aprobada para vivienda VIS | -27,8 | 17,1 | -5,2 |
| | -25,5 | 18,9 | -5,3 |
| Área total aprobada para vivienda No VIS | -9,4 | 55,2 | -4,6 |
| | -23,8 | 48,7 | -12,5 |
| Área total aprobada otros destinos | -31,5 | 27,8 | -10,2 |
| | 0,8 | 32,4 | 0,2 |

- Indicadores de demanda

#### 2.2.2.1.7 Financiación de vivienda

La financiación de vivienda permite en un sentido amplio conocer el volumen de recursos dirigidos a la construcción y adquisición de vivienda en el país, para ello se tiene en cuenta: monto y número de créditos desembolsados (para vivienda nueva y usada), total de operaciones de créditos, esto incluye: créditos a constructoras , individuos y subrogaciones (DANE, 2019b).

Para el 2018 el valor de le los prestamos individuales con propósito de compra de vivienda y usada incremento un 0,6% con respecto al 2017. Por su parte el número de viviendas financiadas disminuyo en un 7,9%.

El número de créditos para vivienda VIS tanto usada como no usada decrecieron un 15,6% y 8,4% respectivamente. Mientras que el número de créditos para adquirir vivienda no VIS nueva disminuyo en un 2,2% mientras que la vivienda no VIS usada aumento en un 4,5%.

**Ilustración 12.** Variación, contribución y participación anual de la financiación de vivienda. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf

| | Variación anual (%) | Participación en total (%) | Contribución (puntos porcentuales) |
|---|---|---|---|
| **Número total de créditos para vivienda** | -7,9<br>11,7 | | |
| **Número de créditos para vivienda VIS** | | | |
| Nueva | -15,6<br>17,2 | 47,3<br>51,7 | -8,1<br>8,4 |
| Usada | -8,4<br>-1,8 | 6,0<br>6,0 | -0,5<br>-0,1 |
| **Número de créditos para vivienda No VIS** | | | |
| Nueva | -2,2<br>2,1 | 19,0<br>17,9 | -0,4<br>0,4 |
| Usada | 4,5<br>12,1 | 27,7<br>24,4 | 1,1<br>2,9 |
| **Valor total de créditos para vivienda*** | 0,6<br>19,7 | | |
| Nueva | 1,4<br>15,8 | 57,6<br>57,1 | 0,8<br>9,4 |
| Usada | -0,4<br>25,2 | 42,4<br>42,9 | -0,2<br>10,3 |

*Valor de creditos a precios corrientes.

IV-2018
IV-2017

- Precios e índices

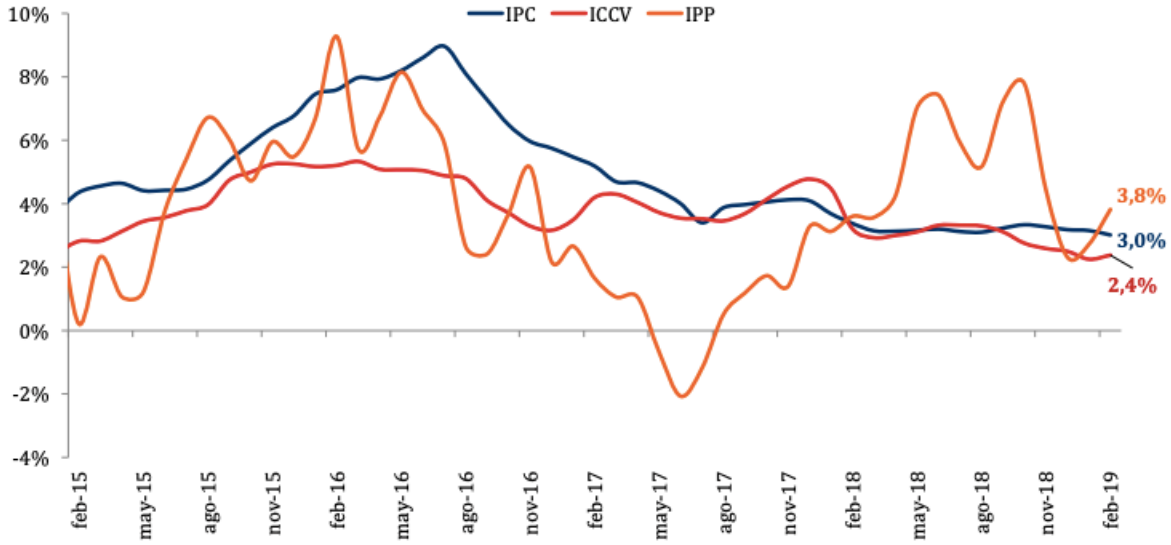
#### 2.2.2.1.8 Índice de costos de la construcción de vivienda, Índice de costos de la construcción pesada e Índice de precios del productor

El ICCV (Índice de Costos de la Construcción de Vivienda) es un instrumento que permite conocer el cambio porcentual de los precios en los principales insumos requeridos para la construcción de vivienda. Para 2018 este índice tuvo un aumento del 0,74% (DANE, 2019c).

El ICCP (Índice de Costos de la Construcción Pesada) este instrumento estadístico busca conocer el cambio promedio de los precios de los principales insumos requeridos para la construcción de carreteras y puentes (y demás obras civiles). En febrero de 2019 se registró un decrecimiento de los precios con respecto al alza de 3,8% registrada en 2018.

El IPP (Índice de precios del productor) indica la variación de precios de los bienes en producción. Específicamente para materiales de construcción se presentó un aumento del 0,17% con respecto a 2018.

**Ilustración 13.** Índices de precios y costos: IPP, IPC e ICCV. Fuente: https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/IAE%20abril.pdf



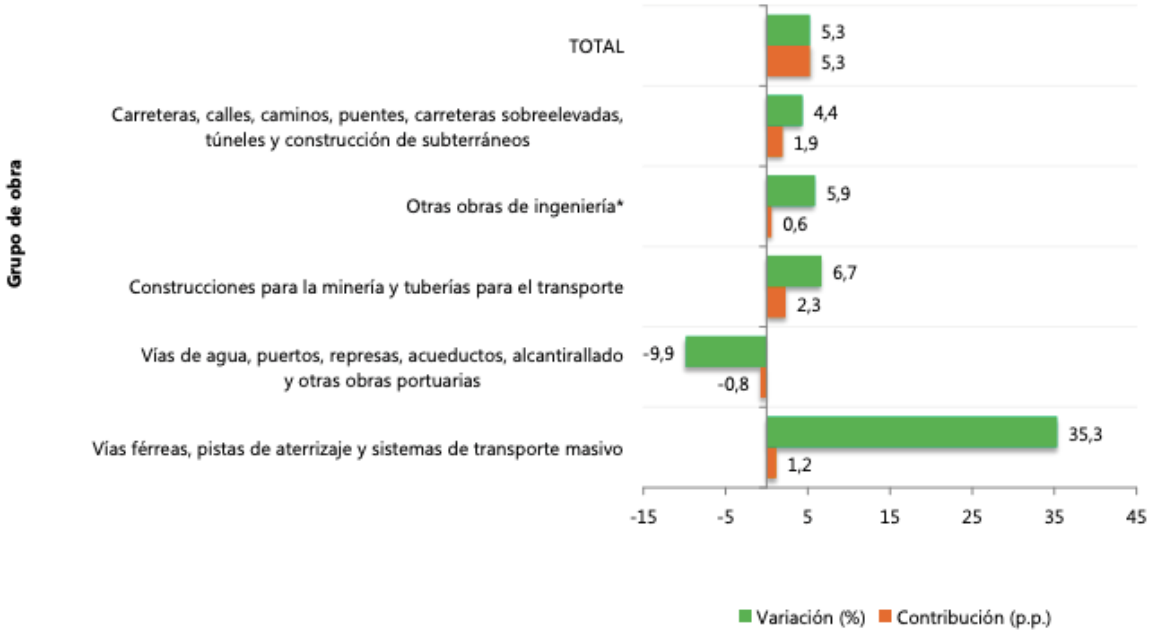
#### 2.2.2.1.9 Indicador de inversión en obras civiles

El IIOC busca mostrar de manera trimestral la evolución del subsector de obras civiles, se analizan las inversiones y los pagos de las entidades a contratistas. En 2018 se tuvo una variación porcentual de 5,2 en las obligaciones y de 5,3 en los pagos (DANE, 2018).

**Ilustración 14.** Variación anual del IIOC de los pagos y obligaciones en obras civiles. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf

El grupo de construcciones para la minería, centrales eléctricas y tuberías para el transporte de petróleo fue uno de los grandes contribuyentes a este resultado.

**Ilustración 15.** Variación y contribución anual de pagos en obras civiles según tipos de construcción. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim18.pdf



## 2.3 Panorama de las empresas del sector de construcción

Anualmente la Superintendencia de Sociedades analiza la situación financiera de los diferentes sectores que componen la economía nacional. Dado que el sector de la construcción se divide en los subsectores: edificaciones y obra civil, a continuación, se presenta un panorama general de ambos destacando el número de empresas, así como los ingresos operacionales reportados en el último año.

### 2.3.1 Subsector Edificaciones

El subsector de edificaciones está compuesto por las empresas que desarrollan construcción de vivienda y edificaciones con propósitos no residenciales. Las empresas que pertenecen a esta categoría están registradas con los códigos CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme): F4111 Construcción de edificios residenciales y F4112 Construcción de edificios no residenciales.

Un total de 1071 empresas reporto estados financieros con estos códigos con corte a junio de 2018, de estas 930 empresas categorizadas en construcción de edificios residenciales (Vivienda VIS y no VIS) y 141 registradas en construcción de edificios no residenciales (centros comerciales, hospitales, oficinas, bodegas, etc.).

La clasificación por tamaño de las empresas se muestra a continuación, el 40,6% son grandes empresas, el 51,1% son Medianas empresas, el 7,5% son pequeñas empresas y el 0,8% son microempresas.

Las grandes empresas aportan un 81,6% de los ingresos totales del subsector, seguido por un 17% de las medianas empresas y un 1,5% de las pequeñas.

**Tabla 3**. Total activo, ingresos operacionales y número de empresas por tamaño para 2017-Subsector Edificaciones. Elaboración propia. Basado en:(SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018a)

| Tamaño | No. Empresas | Total Activo (Millones de $) | Ingresos operacionales (Millones de $) |
|---|---|---|---|
| Grande | 435 | $ 44.487.693 | $ 13.966.470 |
| mediana | 547 | $ 6.643.177 | $ 2.905.446 |
| Pequeña | 80 | $ 173.350 | $ 249.378 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Micro | 9 | $ 767 | $ 3.928 |
| Total | 1071 | $ 51.304.988 | $ 17.125.222 |

El 67,8% de las empresas están constituidas como sociedades por acciones simplificadas, el 21,9% como sociedades anónimas y solo un 0,5 % son sucursales de empresas extranjeras. El 55,2% de los ingresos del subsector lo aportan las sociedades por acciones simplificadas.

**Tabla 4.** Ingresos operacionales por Naturaleza Jurídica-Subsector Edificaciones. Elaboración propia basado en :(SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018a)

| Tipo societario | No. Empresas | Ingresos Operacionales (Millones de $) |
|---|---|---|
| Sociedad por acciones simplificadas SAS | 726 | $ 9.447.154 |
| Sociedad Anónima | 235 | $ 6.821.931 |
| Sociedad Limitada | 66 | $ 511.070 |
| Sociedad en Comandita por Acciones | 30 | $ 219.401 |
| Sociedad en Comandita por Acciones | 7 | $ 34.927 |
| Empresa Unipersonal | 2 | $ 7.040 |
| Sucursal Extranjera | 5 | $ 84.666 |

En comparación con 2016 las 1071 empresas del subsector edificaciones reportaron un crecimiento en activos, pasivos patrimonio e ingresos (SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018a). Lo cual presumiblemente pueda reflejar una buena salud del sector y la posibilidad del destino de recursos para inversión en tecnología.

### 2.3.2 Subsector Obra civil

En cuanto al subsector de obra civil un total de 644 empresas fueron analizadas, estas empresas están registradas con los códigos CIIU: F4210 Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, F4220 Construcción de proyectos de servicio público, F4290 Construcción de otras obras de ingeniería civil, F4312 Preparación del terreno, F4321 Instalaciones eléctricas, F4322 Instalaciones de fontanería, calefacción y aire acondicionado, F4329 Otras instalaciones especializadas, F4330 terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil, F4390 otras actividades especializadas para la construcción de edificios y obras de ingeniería civil.

Dos grandes categorías pueden destacarse en este subsector según la Cámara Colombiana de la infraestructura: Constructor (empresas que consolidan y ejecutan la mayoría de los proyectos basados en un contrato de obra pública o bajo el modelo APP) y consultores (empresas que ofrecen el conocimiento profesional especializado y técnico).

**Tabla 5.** Número de empresas por Clasificación dentro del subsector. Elaboración propia basado en:(SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018b)

| Categoría | Total |
|---|---|
| Constructor | 560 |
| Consultor | 84 |
| Total | 644 |

Del total de 644 empresas el 38,8% corresponden a grandes empresas, el 53,6% a medianas, el 7,6% a pequeñas y el 7,6% a microempresas. El mayor aporte en ingresos operacionales lo hacen las grandes empresas con un 76,7% del total del subsector.

**Tabla 6.** Total activo, ingresos operacionales y número de empresas por tamaño para 2017-Subsector Obra Civil. Elaboración propia basado en: (SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018b)

| Tamaño | No. Empresas | Ingresos operacionales (Miles de millones de pesos) |
|---|---|---|
| Grande | 250 | $15.400 |
| Mediana | 345 | $ 4.500 |
| Pequeña | 49 | $ 168 |
| Total | 644 | $20.068 |

Según la naturaleza jurídica de las empresas que formaron parte del estudio el 54% está constituido como sociedad por acciones simplificadas, el 8,7% como sociedades anónimas, el 10,1% como sociedades limitadas y el 4% como sucursales de empresas extranjeras. Las sociedades por acciones simplificadas aportan el 52,1%.

**Tabla 7.** Ingresos operacionales y número de empresas por naturaleza jurídica 2017-Subsector Obra civil. Elaboración propia basado en: (SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018b)

| Tipo societario | No empresas | Ingresos operacionales (Miles de millones de pesos) |
|---|---|---|
| Sociedad por acciones simplificadas | 348 | $ 10.490 |
| Sociedad Anónima | 185 | $ 7.070 |
| Sociedad Limitada | 65 | $ 1.170 |
| Sucursal Extranjera | 26 | $ 1.160 |
| Otros | 20 | $ 250 |
| Total | 644 | $ 20.140 |

Con respecto al año 2016 el subsector presento un decrecimiento entre el 6,4% y el 9,5% en sus ingresos operacionales, sus ganancias disminuyeron en un 11,7% a 22% (SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES, 2018b). Estas cifras pueden sugerir que las empresas del subsector de obras civiles no estén dispuestas a realizar una inversión en tecnología.

## 2.4 Políticas de crecimiento del sector

Actualmente la Cámara Colombiana de la Construcción representa el subsector de construcción de edificaciones y busca desarrollar propuestas de política sectorial con miras a: mejorar el entorno de la actividad de construcción y que se generen avances en la producción a través de la cadena de valor del sector. En su más reciente informe describen sus propuestas para impulsar la productividad sectorial, esto enmarcado dentro de áreas clave como: la gestión de la cadena de suministro, la adopción tecnológica y la construcción de capacidades. El componente más bajo que limita la productividad es el indicador de adopción de nuevas tecnologías 14% de las empresas incorporan la tecnología en su actividad. Con el fin de avanzar en materia tecnológica las propuestas sectoriales son (CAMACOL, 2018a):

“Crear el Programa Nacional de Digitalización y Adopción Tecnológica para la cadena de proveedores de insumos y servicios del sector de la construcción, con el cual se generarán nuevos estándares de articulación con la actividad edificadora (por ejemplo, LEAN) y se tendrán mayores niveles de digitalización en los procesos productivos.

"Crear el Fondo de Actualización Tecnológica del sector de la construcción para el desarrollo de estrategias de adopción de nuevas tecnologías en construcción (por ejemplo, Building Information Modelling – BIM) y la cofinanciación de inversiones en proyectos tecnológicos para las empresas del sector."

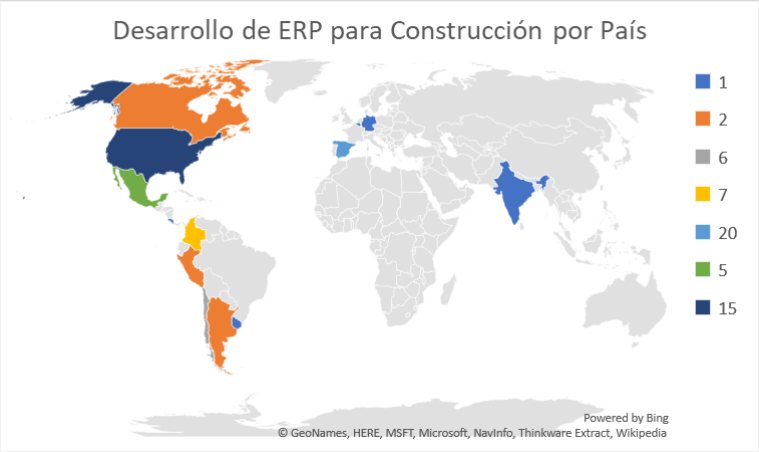
"Generar capacidades en las instituciones en torno al sector (secretarías de planeación, curadurías, etc.) que permitan articular los avances tecnológicos y digitalización de los proyectos de construcción con los trámites, procedimientos y aprobaciones requeridas."

## 2.5 ERP para Construcción: Una aproximación a la Oferta

Como parte de la investigación del terreno se realizó la búsqueda en bases de datos no estructuradas cuáles son los ERP enfocados en sector de la construcción, se usó la ecuación de búsqueda: (("ERP" OR "Enterprise Resource Planning" OR "Software") AND ("Construcción" OR "Construction Industry" OR "Engineering")) OR Colombia EXCLUDE "BIM".

Una primera aproximación se realizó de manera global, esto permitió encontrar un total de 65 ERP especializados en el sector de la construcción a nivel global (cabe notar que se tomaron resultados en español e inglés, otras lenguas no se tomaron en cuenta). España encabeza la lista con 20 ERP, seguido por Estados Unidos con 15, en estos países las empresas de tecnología están fuertemente orientadas a soluciones específicas para cada industria. En Latinoamérica los países con más soluciones de construcción son Chile, Colombia y México.

**Ilustración 16.** Cantidad de ERP para construcción a nivel geográfico. Elaboración propia.



Específicamente en Colombia se encontraron 7 ERP ampliamente usados a nivel nacional, en su mayoría desarrollados por empresas colombianas, el resto son productos extranjeros que se venden en Colombia a través de subsidiarias o distribuidores. A continuación, se presenta una tabla que contiene las principales características de los productos más reconocidos en Colombia:

**Tabla 8.** ERP especializados en Construcción en Colombia. Elaboración propia. Basado en los sitios web de los proveedores.

| Erp | Proveedor | Características | Módulos |
|---|---|---|---|
| Slyg block | Block software sas | Cloud<br>Licenciamiento:<br>Por renta (Valor mensual pago trimestral) o Venta (licencias perpetuas) | Presupuesto<br>programación<br>compras<br>subcontratos<br>alquileres<br>almacén<br>ventas<br>autorizaciones<br>seguridad<br>licitaciones<br>cupos<br>equipos propios<br>pagos<br>flujo de caja<br>requisiciones<br>otras herramientas (exporta a project y enlace contable) |
| Copres | Sistema copres sas | Cloud<br>Licenciamiento:<br>Planes con costo mensual dependiendo de los módulos y número de usuarios | Control de costos<br>presupuesto de obra<br>programación de obra<br>análisis de precios unitarios<br>gestión de materiales<br>gestión de mano de obra |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sinco adpro web | Sincosoft sas | On premise y cloud<br>Licenciamiento:<br>perpetuo o por uso<br>servicio de hosting:<br>copias de seguridad, almacenamiento, disponibilidad del 98.8% garantizada, canal redundante para conexión a internet. | Administrativo y financiero<br>gestión de talento humano<br>sistema de gestión documental<br>sistema de gestión de calidad<br>seguridad y salud en el trabajo<br>sistema de gestión de proyectos<br>inteligencia de negocios<br>planificación de requerimientos<br>de manufactura<br>maquinaria y equipos<br>administración de bienes raíces<br>comercialización de bienes raíces (salas de ventas, ventas, tramites, gastos de escrituración, generación de documentos)<br>administración de proyectos de construcción (presupuestos, programación de obra, contratos, actas de obra, compras e inventarios, ejecución de obra, proyección de costos, control de obra, aprobaciones móviles) |
| Opus enterprise | Facsa ingeniería sas | On premise y cloud<br>Licenciamiento:<br>Perpetuo y por suscripción. | Presupuesto programable (ingeniería de costos, presupuestos, programación, concursos)<br>planeación y control integral (programación, contratación, ejecución de proyectos)<br>dependencias (armado, envió, recepción y evaluación de licitaciones)<br>cadpro (cuantificación en autocad con vinculo a opus)<br>opus enterprise erp (compras, inventario, proyectos, contabilidad, facturación) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cio milenio | Tekhne ltda | Cloud<br>Licenciamiento:<br>Por suscripción | Planeación de obra (análisis unitarios, presupuestos de obra, recursos y programación de obra)<br>control de obra (subcontratos, actas de obra, almacenes de obra, pedidos de obra, gastos generales, informes control de obra, contratos de cobro)<br>ventas (proyectos, preventas, ventas, alteraciones, postventa y garantías)<br>administración (presupuestos administrativos, compras y contratos de administración, otros gastos administrativos, facturación)<br>contabilidad(informes por centros, cuentas por pagar, cuentas por cobrar, bancos, libros balances y estados contables) |
| Construplan construcontrol construanalisis | Legis | On premise y cloud | Construplan (presupuestos de obra civil, bases de insumos, simulaciones y escenarios, reportes, exportar a project)<br>construcontrol (administración, almacén, bancos, compras y equipos) |
| Suite licita | Suite comercial ltda. | On premise<br>Licenciamiento:<br>Perpetuo | licita (elaboración de presupuestos)<br>integral (pedidos, ordenes, remisión, consumos, informes)<br>dibuja (modelamiento de planos) |

Los ERP listados anteriormente cuentan con implementaciones realizadas en Colombia, por su parte el que reporta mayor número de clientes es SINCO quien en su sitio web expone casos de éxito de 172 Constructoras, 37 empresas de infraestructura y 8

inmobiliarias. Opus presenta 24 clientes de construcción para su producto y SLYG BLOK 14 clientes. Aunque estas no son cifras determinantes según la información disponible el ERP que mayor acogida ha tenido ha sido SINCO.

Otros productos de software para construcción se excluyeron de la búsqueda como los BIM Bulding Information Modelling que permiten obtener a partir de la geometría de la construcción datos relevantes para el consumo de material y tiempos de ejecución. Solo se limitó la búsqueda a ERP en el sentido estricto de la definición que se presentará en el siguiente capítulo.

# 3. Marco Conceptual

## 3.1 Sistemas de información gerencial

En primer lugar, es deseable llevar en un contexto riguroso algunos términos que ayudaran a describir los propósitos de este trabajo. Por una parte, se ha hablado del empleo de las TI en las organizaciones y los planes de desarrollo de estas por parte del gobierno nacional para impulsar su uso en varios ámbitos como hogares y empresas. Por su parte en cuanto a TI – tecnologías de la información, una definición es: “todo el hardware y software que necesita una empresa para poder cumplir con sus objetivos de negocio” brindada por (Laudon & Laudon, 2006).

Sin embargo, el desarrollo de este trabajo se enmarca en el uso de los sistemas de información gerencial (MIS) siendo estos “un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar los procesos de toma de decisiones y de control en una organización. Además de apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control, los sistemas de información también pueden ayudar a los gerentes y trabajadores del conocimiento a analizar problemas, visualizar temas complejos y crear nuevos productos” (Laudon & Laudon, 2006).

### 3.1.1 Tipos de sistemas de información gerencial

Según Laudon & Laudon una primera tipología de sistemas de información se deriva de la existencia de diferentes grupos administrativos que deben tomar decisiones a diferentes niveles: gerencia operacional, gerencia de nivel medio y gerencia de nivel superior.

Los sistemas de procesamiento de transacciones (TPS), es decir aquellos que registran actividades y transacciones de rutina, apoyan la toma de decisiones a un nivel de gerencia operativa. Los sistemas de soporte de decisiones (DSS) toman información de los TPS sin embargo las decisiones que se toman no son de carácter rutinario, sino que buscan analizar el impacto de una situación única. Los sistemas de apoyo a ejecutivos (ESS) son sistemas diseñados para la gerencia de nivel superior mediante cuadros de mando de fácil

uso que permiten visualizar gráficos y otros elementos de visión general de fuentes externas e internas a la empresa.

Una segunda tipología expuesta por Laudon & Laudon se basa en la integración de los sistemas y procesos en la empresa. Las aplicaciones empresariales buscan enlazar las áreas funcionales de las empresas en las que se ven involucrados todos los niveles gerenciales.

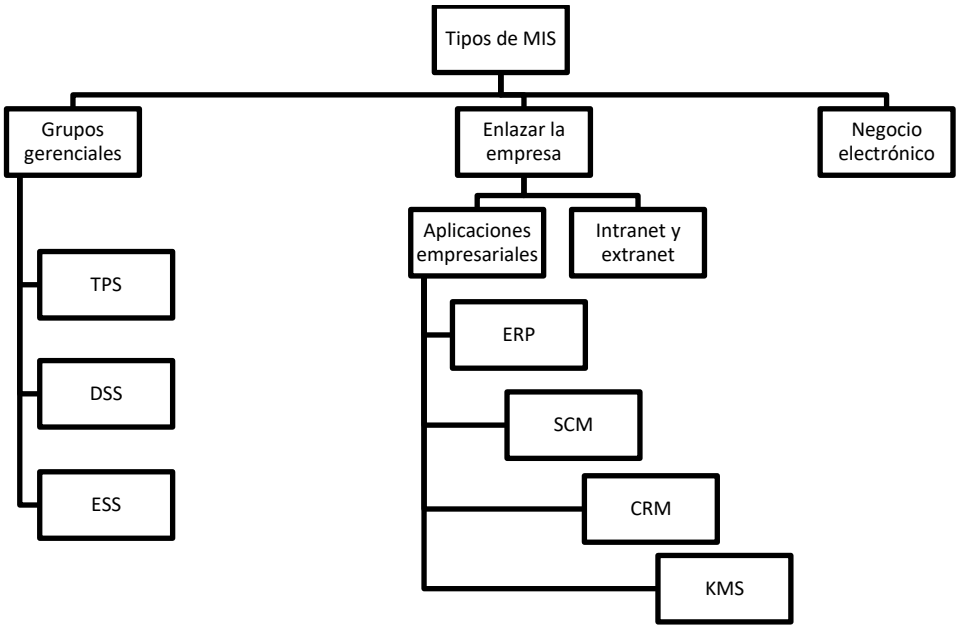
Los ERP son sistemas empresariales que integran procesos de las diferentes áreas de la compañía enfocándose en la administración de recursos. Existen también los sistemas de administración de la cadena de suministros (SCM) que buscan gestionar las relaciones con proveedores, teniendo en cuenta los eslabones de la cadena aguas arriba como los distribuidores, niveles de inventario, entre otros aspectos que beneficien la entrega de productos a tiempo y en cantidad correcta.

Por otro lado, los sistemas de administración de relación con el cliente (CRM) que tienen como objetivo fidelizar y retener el cliente a partir de información que coordina los departamentos de ventas, marketing y servicios. Finalmente, hay tipos de aplicaciones empresariales que permiten gestionar el conocimiento (KMS), recolectándolo a través de los diferentes procesos y colocándolo a disposición de las partes interesadas con el fin de mejorar los procesos y apoyar la toma de decisiones.

Dentro de los sistemas que enlazan los procesos de las empresas se pueden encontrar las intra y extranet que son sitios web internos o públicos que permiten la integración y agilizar el flujo de información dentro de la empresa y fuera de ella.

En otra tipología de sistemas de información pueden clasificarse los de comercio electrónico que gestionan su operación o principales procesos de negocio a través de internet.

**Ilustración 17.** Tipos de sistemas de información gerencial. Elaboración propia. Basado en: (Laudon & Laudon, 2006).




De lo anterior podemos clasificar los ERP dentro de las aplicaciones empresariales que integran procesos, pero a su vez son de naturaleza TPS ya que en ellos se consignan las transacciones concernientes a la operación de la empresa, así como sus procesos transversales.

## 3.2 Definición de ERP

### 3.2.1 Origen del ERP

En los años 60 se llevó a los sectores productivos los llamados MRP (Material Requirement Planning), sistemas dedicados al cálculo de materiales necesarios para cumplir la demanda de producción, sin embargo, estos paquetes de software no satisfacían las necesidades de las empresas en su camino a la competitividad (Bajahzar, Alqahtani, & Baslem, 2012).

Los 80 traerían consigo el llamado MRP II, término que se empleaba para la planificación de los recursos de fabricación en lugar de la planificación de necesidades de material, con este nuevo enfoque se buscaba atender la estrategia de fabricación caracterizada por una mayor atención al control de procesos y la reducción de gastos generales. Algunas de las

funcionalidades más destacadas fueron la programación de rutas, la información de la planta, vínculos entre la fecha de finalización de producción y la fecha de compra de material, así como reportes de costos más detallados (Robert Jacobs & 'Ted' Weston, 2007).

En los 90 ya se crea el concepto de ERP con una integración de diversas áreas de la empresa. Las compañías comenzaron a migrar de sistemas netamente contables y de los MRP I y II a los ERP ya que estos proporcionan información a quien la necesita dentro de la organización en lo concerniente a la cadena de suministro, obteniendo funciones de: recibo, gestión de inventarios, procesamiento de pedidos, planeación de producción, envío, contabilidad, recursos humanos (Toni M. Somers, 2002).

El termino ERP fue acuñado por The Gartner Group en 1990, a partir de este momento se han brindado diversas definiciones de ERP en la literatura, por ejemplo, (Jacobs & Bendoly, 2003) presentan el ERP a nivel conceptual como la integración de los procesos de negocio con: la gestión y control de pedidos, información del inventario, mejoras en los flujos de trabajo y la gestión integral de la cadena de suministro.

Por otra parte, (Akkermans, Bogerd, Yücesan, & van Wassenhove, 2003) afirman que el ERP se puede definir desde perspectivas de negocio sean técnicas o funcionales y estas brindan un valor estratégico a lo largo de la organización. Mientras que (Tarantilis, Kiranoudis, & Theodorakopoulos, 2008) consideran el ERP como un sistema que integra la contabilidad, producción, ventas y administración para ofrecer una solución "todo en uno" que se ocupa de todos los aspectos de gestión del negocio en las organizaciones (Nazemi & Tarokh, 2012).

### 3.2.2 El ciclo de vida de un ERP

Una de las primeras aproximaciones a la elaboración de un marco de referencia para establecer el ciclo de vida de un ERP lo realizaron Esteves y Pastor en 1999, allí describen que dicho ciclo de vida está representado en distintas fases por las que pasa un proyecto de ERP en una organización. La siguiente tabla presenta un resumen de las fases propuestas:

**Tabla 9.** Ciclo de vida de un ERP. Elaboración propia, basado en (Esteves & Pastor, 2001)

| Fase | Descripción |
|---|---|
| Decisión de adopción | Los gerentes se plantean la necesidad de un nuevo ERP. Se definen los requerimientos del sistema, los objetivos y beneficios. Así mismo se realiza un análisis del impacto de la adopción a nivel organizacional. |
| Adquisición | Comienza la selección del producto que mejor se ajusta a las necesidades y que requiere un mínimo de personalizaciones. En esta fase también se selecciona el proveedor de ERP para ejecutar la fase de implementación. Finalmente se establecen términos contractuales con base en factores como: las funcionalidades, el precio, las capacitaciones y el mantenimiento se evalúan. |
| Implementación | El objetivo principal es lograr configurar/parametrizar el ERP adquirido para adaptarlo a los requerimientos específicos del negocio. En esta etapa hay una fuerte inversión de tiempo en capacitación. |
| Uso y mantenimiento | En la pos-implementación se ven reflejados los beneficios para la organización. Sin embargo, es importante también contar con el soporte y mantenimiento para llevar a cabo mejoras o solucionar inconvenientes presentados. |
| Evolución | Se busca la integración de otras capacidades al ERP con el fin de obtener más beneficios, con funcionalidades orientadas a la toma de decisiones o funcionalidades operativas. |
| Retiro | Esta fase se da cuando aparecen nuevas tecnologías o el ERP ya no cubre las necesidades del negocio. Otros factores como desacuerdos con el proveedor o errores en la implementación también influencian el retiro del sistema implantado. |

Estudios más recientes sintetizan las fases mencionadas anteriormente en tres grandes que agrupan dos o más características. De manera general se discriminan las etapas como pre-implementación, implementación y pos-implementación, sin embargo, una clasificación más descriptiva se plantea como: selección, implementación y uso.

En la selección se incluyen la especificación del problema y requerimientos, así como las opciones a evaluar y la selección del sistema. La fase de implementación se posiciona entre la selección del software y la salida a vivo (o productivo), cumpliendo con labores de configuración y parametrización, realizando ajustes a las desviaciones con respecto a las necesidades del negocio. Finalmente, la etapa del uso da cuenta de todo aquello que se gestiona después de la salida a vivo, con lo cual actividades de mantenimiento, mejora continua y actualizaciones se llevan a cabo. Aun cuando todas las fases son importantes

la selección tiene un impacto directo en la implementación y el uso, se destaca la asociación de una implementación exitosa gracias a una selección minuciosa y acertada (Forslund, 2012).

### 3.2.3 Selección de un ERP

La fase de selección puede describirse como la agrupación de dos fases mencionadas en la Tabla 9, estas son la fase de decisión de la adopción y adquisición. En la decisión de adopción la organización debe identificar sus necesidades técnicas y de negocio, así como cuestionarse la necesidad de un ERP, dentro de esta fase se plantean cuáles serán las directrices de la adopción del ERP, posteriormente debe plantearse la evaluación de la adopción de acuerdo con aspectos como la competencia, retención de clientes, necesidades del negocio dependiendo de su complejidad. Existen también características organizacionales que afectan la decisión de adopción del ERP como lo es el tamaño y el tipo de industria (M Haddara & Zach, 2011).

En cuanto a la adquisición los principales aspectos que se indexan son los factores afectando la selección como lo son factores organizacionales (ej. la gestión del cambio) y factores externos como la relación con los proveedores. Otro asunto a tener en cuenta son los criterios de selección como el soporte local, metodologías para elegir el ERP que mejor se ajuste y ambientes hechos a medida en algunos casos (M Haddara & Zach, 2011).

Una vez establecido a que se hace referencia en la fase de selección, teniendo en cuenta las tareas que normalmente se desarrollan en esta, es deseable revisar en la literatura cuales han sido los aportes en cuanto a la selección de un MIS, ERP u otros marcos referenciales para la selección de sistemas de información.

En primer lugar desde la década de los 90 cuando recién empezaba a establecerse el concepto del ERP ya podían encontrase investigadores proponiendo un modelo para seleccionar un proyecto de sistema de información, en el cual se establecían diversos factores afectando la decisión en el proceso de selección: la limitación de recursos y los beneficios/recursos independientes de los sistemas candidatos (Santhanam & Kyparisis, 1995).

Otros factores que determinan la selección de uno u otro sistema con su respectivo proyecto de implementación asociado, aunque existen disparidades entre la literatura revisada, algunos de los primeros factores identificados fueron: las prioridades

corporativas (McKeen & Guimaraes, 1985), beneficios financieros y costos (King & Schrems, 1978), riesgos del proyecto, disponibilidad de los recursos (Schniederjans & Santhanam, 1993) y la interdependencia entre los proyectos (Dos Santos, 1989).

En la misma época se propuso que la adopción de una tecnología se basa en dos pilares: la teoría del aprendizaje social y la reingeniería de procesos (Ettlie & Perotti, 2002). La teoría del aprendizaje social hace referencia a que los lideres deberían demostrar la necesidad de adoptar el nuevo sistema ya que son quienes tienen el rol más importante ante los cambios discontinuos (Steyrer, 1998). Justamente la adopción de un ERP es un cambio discontinuo que requiere de la influencia comportamental y promoción para tener una influencia organizacional.

El segundo pilar es la reingeniería de procesos de negocio, esto es importante en el proceso de selección desde varios puntos de vista: pensar en un ERP a medida resulta más costoso que uno prediseñado, adicionalmente aquellos ERP que ya están en el mercado incorporan mejores prácticas en procesos, de manera que al pensar en adoptar un ERP debe tenerse en cuenta si la empresa está abierta a hacer cambios en sus procesos para ajustarse al ERP que quisiera adquirirse, sin duda la adaptación de la estrategia hace parte de la reingeniería de procesos (Davenport, 1998).

Más adelante en los 2000 se hacen estudios del proceso de selección de un ERP basándose el comportamiento de compra organizacional, que tiene asociados dos modelos conceptuales “General model of organizational buying behavior” (Webster & Wind, 1972) y “Model of industrial buyer behavior” (Sheth, 1973). El primero es un modelo que incorpora el concepto de centro de compras del cual la respuesta a la compra se evalúa en torno a cuatro clases de variables: individual, interpersonal, organizacional y ambiental. Mientras que el segundo modelo busca describir todos los tipos de decisiones de compras industriales caracterizándolos en tres elementos importantes: las características psicológicas de los individuos involucrados, los elementos que precipitan la toma de decisión conjunta y la resolución de conflictos procedimentales que afectan la toma conjunta de decisiones (Verville & Halingten, 2003).

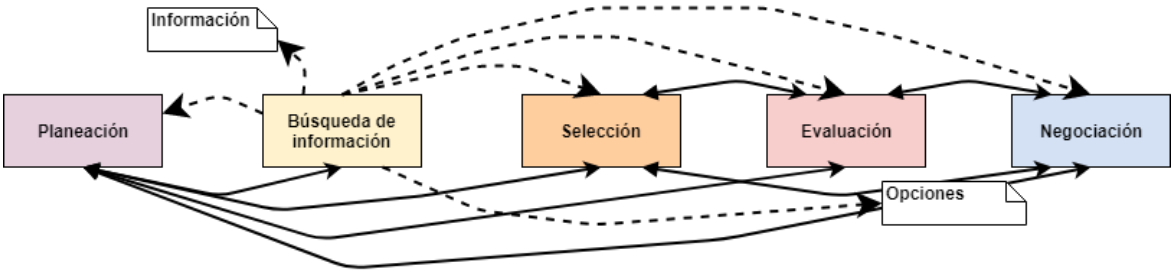
Otros de los modelos de comportamiento en la compra organizacional son:

El modelo “buygrid framework” que incorpora fases de compra que representan actividades o secuencias propias de una situación de compra organizacional: reconocimiento de la necesidad de una solución general, determinación de las características y cantidades, descripción de las características y cantidades, búsqueda de las fuentes potenciales, adquisición y análisis de las propuestas, evaluación de las propuestas y selección de

proveedores, selección de una rutina de orden y evaluación de desempeño (Robinson, Faris, Wind, & Institute, 1967). El modelo propuesto por (Hill & Hillier, 1977) describe el compromiso individual en las compras organizacionales, las relaciones funcionales entre comprador y proveedor y la compra organizacional como un proceso corporativo.

Los modelos de comportamiento en la compra organizacional han sido generalizados por lo que se hacen poco aplicables a la adquisición de un ERP o cualquier TI, es por ello por lo que se propone un modelo de seis pasos específicamente para este tipo de compras. El modelo MERAP (Model of the ERP acquisition process), este modelo se basa en cuatro casos de estudio que se tomaron como referencia para observar la naturaleza iterativa e inter-relacional de cada proceso que constituye el modelo, los procesos son: planeación, búsqueda de información, selección, evaluación, elección y negociaciones (Verville & Halingten, 2003).

**Ilustración 18**. Modelo MERAP. Tomada de:(Verville & Halingten, 2003)




En la figura se muestran los seis procesos del modelo, las líneas punteadas representan el flujo de información entre los procesos, mientras que las flechas solidas indican la naturaleza continua entre las actividades de retroalimentación y ajuste entre ellos.

El proceso de planeación tiene implícitas las actividades de: formación del equipo de adquisición, planteamiento de las estrategias de adquisición, definición de requerimientos, establecer los criterios de evaluación y selección, establecer temas que afecten la adquisición, análisis de mercado, entregables.

Por su parte el proceso de búsqueda de información relaciona el rastreo de información a través de fuentes internas y externas. El proceso de selección tiene dos elementos básicos, evaluar las respuestas a los RFP (Request for proposal), RFI (Request for information) y RFQ (Request for quotation) y crear una lista de tecnologías por proveedor.

El proceso de evaluación se lleva a cabo en tres áreas: proveedor, funcional y técnica. El proceso de elección es un resultado de todos los anteriores, esta elección se presenta a directivos u otro comité para su aprobación. Finalmente, el proceso de negociaciones se divide entre negociaciones legales y de términos que permita una firma del contrato finalmente (Verville & Halingten, 2003).

Un año más tarde se establece un marco de referencia para la selección de un ERP basado en una secuencia de diez pasos: formar un equipo de proyecto y dirigir el BPR (Business process re-engineering), recolectar toda la información posible de los proveedores y de los sistemas, establecer una jerarquía de atributos y asignar pesos a esos atributos, entrevistar a los proveedores y recolectar información detallada, analizar los datos obtenidos de los reportes profesionales externos para obtener una apreciación objetiva de cada sistema, asignar puntajes subjetivos a los datos adquiridos en las entrevistas con los proveedores, combinar la información de ambas fuentes (externas e internas), utilizar el método de clasificación de valor integral difuso para obtener el rango de cada proyecto ERP, elegir aquel que tenga los índices más altos (Wei & Wang, 2004).

En este marco referencial se establecen 3 categorías principales de factores afectando la selección del ERP: los factores de proyecto (gestión, costo total, tiempo de implementación, beneficios, riesgos), los factores del sistema o software (ajuste funcional y estratégico) y factores asociados a los proveedores (habilidades y reputación) (Wei & Wang, 2004).

Otro tipo de investigación que se realizó establece la influencia del tamaño de la empresa en la decisión de selección de un ERP, la principal conclusión es que el tamaño de la empresa influye de manera significativa en la adopción de un ERP y pueden observarse diferencias notables entre los tres grupos estudiados: pequeñas empresas, empresas medianas y grandes empresas, a través de entrevistas con 44 compañías. El primer aspecto evaluado fue la influencia de recomendaciones externas, siendo específicos en las recomendaciones recibidas por colegas, las compañías que fijan más su atención en estos aspectos serían las medianas, mientras que las grandes empresas basan su selección en mayor proporción con respecto a sus propios análisis. El segundo aspecto contemplado y que marcó una gran diferencia fue el de las restricciones de recursos, esto es un problema para la adopción de IT especialmente para las pequeñas empresas, ya que se evidenció que su preocupación principal gira en torno al dominio el conocimiento técnico por lo que uno de sus condicionales podría ser un ERP con una curva de aprendizaje más rápida. Finalmente, en cuanto a las restricciones de adaptabilidad quienes

manifestaron tener problemas con amoldarse a los ERP fueron las grandes empresas, ya que los cambios impuestos por la adopción de la nueva tecnología o BRP era más significativo que para las pequeñas empresas (Laukkanen, Sarpola, & Hallikainen, 2005).

El estudio económico de la inversión en TI es uno de los grandes influyentes a la hora de seleccionar un ERP, una investigación que plantea un marco de referencia en el tema es la de (K. Joshi & Pant, 2008) quienes plantean cuatro pasos para realizar la evaluación financiera:

**Ilustración 19.** Proceso para la evaluación económica de proyectos de TI. Tomado de:(Joshi & Pant, 2008)

El primer paso hace referencia a ubicar el proyecto en la dimensión discrecional-obligatoria existiendo cuatro posibles valores de clasificación: puramente discrecional, principalmente discrecional, principalmente obligatorio y puramente obligatorio, dicha clasificación dependería de factores: técnicos, funcionales, relación del sistema con la planeación estratégica, tendencias de la industria y competidores, ventana de tiempo disponible, regulación y disposiciones legales (K. Joshi & Pant, 2008).

Los proyectos puramente discrecionales son aquellos en los que las organizaciones tienen total flexibilidad en la realización de estos proyectos, así como en la elección del plazo para su ejecución. Los proyectos principalmente discrecionales son proyectos con factores que no sean puramente económicos que afectan su elección, estos proyectos pueden relacionarse con desarrollos técnicos de primera línea y tendencias de la industria que son absolutamente necesarias para que una empresa surja. Un buen ejemplo en esta categoría es el de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP). Los proyectos puramente obligatorios son aquellos en los que las organizaciones no tienen otra opción, sino llevarlas a cabo en un plazo definido y estrecho. Finalmente, los proyectos principalmente obligatorios son aquellos en los que las organizaciones pueden tener alguna opción, sobre todo en cuanto al plazo de implementación, pero hay factores determinantes que exigen la implementación de estos proyectos (K. Joshi & Pant, 2008).

El segundo paso consiste en evaluar el riesgo financiero del proyecto considerando sus características y clasificándolo en una de las dimensiones de riesgo como: riesgo alto, riesgo medio y bajo riesgo (K. Joshi & Pant, 2008). Posteriormente el paso tres consiste en aplicar técnicas de análisis dependiendo de la dimensión discrecional-obligatoria en al que se situó el proyecto, por ejemplo, la implementación de un ERP se sitúa en principalmente discrecional así que las técnicas de análisis a emplear serían:

- Desarrollar cifras detalladas de costo y presupuesto para la aprobación administrativa.
- Identificar y evaluar opciones para fuentes externas de financiamiento.
- Estudiar la flexibilidad en el plazo de implementación del proyecto y los presupuestos internos de TI.
- Determinar en qué medida se puede retrasar el proyecto
- Desarrollar alternativas rentables.

La última fase corresponde a las recomendaciones dependiendo de los pasos anteriores como la evaluación del riesgo (K. Joshi & Pant, 2008):

- Para proyectos arriesgados, intentar reducir el riesgo primero construyendo un prototipo o un proyecto piloto y reevaluando la factibilidad sobre la base de las experiencias adquiridas.
- Considerar posponer o retrasar proyectos muy arriesgados hasta que se pueda hacer una mejor evaluación basada en experiencias internas y externas y maduración de la tecnología.
- Cuando sea factible, dejar de lado los proyectos con retornos débiles o cuestionables, en particular los proyectos con perfiles de alto riesgo.

Concluyendo la primera década de los 2000 un estudio empírico buscó establecer cuáles serían los factores de mayor influencia en la selección de un sistema empresarial (ES), basándose en el modelo de comportamiento de compras organizacionales se hizo una adaptación para obtener las respuestas de los principales profesionales de TI involucrados en los procesos de adquisición de ES en 153 organizaciones norteamericanas de diversos tamaños, en los que los respondientes de las encuestas fueron principalmente “CEO”, “IT managers”, “Purchasing agents”. La encuesta se basaba en 33 posibles factores influenciadores de los que los respondientes deberían elegir los que para ellos eran los más importantes, como resultado los cuatro factores más importantes son (Palanisamy, Verville, Bernadas, & Taskin, 2010):

- Estrategia y desempeño del ES (desempeño del ES, naturaleza estratégica del ES, razones comerciales y tecnológicas y costo total de propiedad)
- BPR y adaptabilidad (aspectos técnicos del ES, reingeniería de procesos de negocio, adaptabilidad de la solución y facilidad de uso de la solución)
- El compromiso de la dirección y el compromiso de los usuarios (compromiso de gestión, participación de los usuarios, participación de los usuarios dentro de los equipos)
- Solución integrada de un solo proveedor (solución integrada, proveedor único)
- Consultores, localización de equipos y financiamiento de proveedores

La principal conclusión de este trabajo estableció que para la adquisición de un sistema empresarial los factores que influencian la decisión se derivan de todos los niveles propuestos por el modelo comportamental de compras organizacionales, es decir, del estudio los factores relevantes están inmersos en los niveles: ambiental, organizacional, interpersonal e individual (Palanisamy et al., 2010).

Estudios de la última década han propuesto modelos de tomas de decisión aplicados a la selección de ERP tomando en cuenta la alineación estratégica del departamento de TI con la estrategia de la compañía. La alineación estratégica se define como la integración del departamento de IT con las estrategias clave y las competencias centrales de la compañía. El modelo de alineación estratégica plantea cuatro dominios de la elección estratégica: la estrategia de negocio, la estrategia de IT, la infraestructura organizacional y los procesos y la infraestructura de IT y sus procesos. Mediante el uso de la técnica Delphi (con un panel de expertos en ERP) se establecieron 18 criterios de evaluación de un ERP en la etapa de selección y se situaron según el bloque de estrategia de TI del modelo de alineación estratégica (Medeiros Jr, Perez, & Lex, 2014): Flexibilidad, Funcionalidad, Fiabilidad del sistema, Costo, Facilidad de personalización, Implementabilidad, Referencias del proveedor, Seguridad, Tiempo de implementación, Compatibilidad con el sistema de la casa matriz, Compatibilidad con otros sistemas que se usan en la compañía, Criterios técnicos (arquitectura del sistema), Escalabilidad, Configuración apropiada del sistema, Integración modular, Servicios de consultoría, Dominio del conocimiento por parte del proveedor, Servicio y soporte

Casos de estudio aplicados a diferentes industrias indican que la selección de un ERP es una toma de decisión multicriterio y aplican diversos modelos para asignar la ponderación

adecuada a dichos criterios. Un caso de aplicación en la agro industria de Turquía revela tres factores principales afectando la selección del ERP más adecuado: Factores del proveedor (soporte técnico, buena reputación, capacidad de I&D, posición en el mercado), factores del sistema (funcionalidad, facilidad de personalización, facilidad de implementación, fiabilidad, eficiencia) y factores del costo (precio, costos de mantenimiento, costos de infraestructura, costo operativo)(Cakir, 2016).

Con las nuevas tecnologías basadas en Cloud los ERP en la nube están ganando gran parte del mercado gracias a la integración todas las funciones del negocio en internet. Investigaciones apuntan a describir métodos Multicriterio para seleccionar un ERP en la nube (López & Ishizaka, 2017). La categorización propuesta está dividida en cinco aspectos a considerar de los que se desprenden los siguientes criterios: Proveedor (experiencia, habilidad en la implementación, capacidad de mantenimiento, servicios de soporte, resultados exitosos en empresas similares, participación en el mercado nacional de ERP), sistema (personalización, mantenimiento, fiabilidad, seguridad, usabilidad, funcionalidad, multilenguaje), adopción (soporte local, compatible con sistemas organizacionales, fácil de implementar, fácil de aprender, compatible con los proceso organizacionales, calidad en la documentación), costo (inicial, entrenamiento, mensual, personalización, actualización, BPR) y tiempo (implementación y entrenamiento).

Recientemente se realizó la extracción de los criterios de selección de un ERP mediante el análisis de decisiones críticas. Este estudio arrojo once decisiones críticas: tipo de ERP (Grande, SME), tipo de implementación (por modulo, por subsidiaria, toda la compañía), procesos objetivo (manejo de inventarios, costeo.. ), nivel de adaptación del ERP (se adapta el ERP o BPR), situación del SI actual (el ERP reemplazara toda la aplicación o se usaran interfaces), situación actual con el proveedor (continua el actual o bien un nuevo proveedor), recomendaciones de los socios estratégicos (hay o no dependencia), tipo de implementación técnica (elegir la tecnología, Cloud, SAAS, on premise), equipo de implementación (equipo interno o consultores externos), presupuesto del proyecto (máximo a invertir) y duración del proyecto (tiempo límite de implementación). Los criterios de selección más comunes se estructuraron según los conceptos de los stakeholders de un proyecto de ERP, entre los cuales se distinguen varios roles, lo que no es un detalle menor teniendo en cuenta el nivel de decisión con el que cuenta cada interesado en el proyecto y peso que atribuye a cada factor (Noureddine & Oualid, 2018).

Ya que la selección de un ERP es una de las etapas decisivas en la adopción del sistema de información, se han referido numerosos estudios realizados en diferentes sectores y

países para obtener una visión amplia del campo de estudio, la diversidad de investigaciones halladas abarca: identificación, categorización y priorización de criterios de selección de ERP, otros estudios se enfocan en proporcionar marcos conceptuales, metodologías y técnicas para evaluar y seleccionar los ERP disponibles y apoyar a los tomadores de decisión en el proceso. Mediante la recopilación de esta literatura es posible presentar de forma resumida los principales factores críticos para la selección de un ERP en diversos sectores y geografías:

**Tabla 10.** Factores críticos en la selección de un ERP según la revisión de literatura. Fuente: elaboración propia (basado en datos de estudios referenciados).

| Factores | | | Descripción | Gorla, 1998 | Wei & Wang, 2004 | Laukkanen, Sarpola, & Hallikainen, 2005 | Bueno & Salmeron, 2008 | Asl, Khalilzadeh, Youshanlouei, & Mood, 2012 | Reza Feili, 2012 | Méxas, Quelhas, & Costa, 2012 | Tsai, Lee, Liu, Lin, & Chou, 2012 | Benczúr, Molnár, & Szabó, 2013 | Medeiros Jr, Perez, & Lex, 2014 | El-Mashaleh, Hyari, Bdour, & Rababeh, 2015 | Kaewkamol, 2015 | Cakir, 2016 | Efe, 2016 | Wibowo, Grandhi, Wells, & Balasooriya, 2016 | López & Ishizaka, 2017 | Haddara, 2018 | Malindzakova & Puskas, 2018 | Noureddine & Oualid, 2018 | Tasnawijitwong & Samanchuen, 2018 | Temur & Bolat, 2018 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Financiero | Costo total | Costo inicial | Costo de adquisición, licencias, clientes instalados, redes, instalación de todo Hardware y software necesarios para la implementación del sistema | x | x | x | x | x | x | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | Costo de implementación | Costo de consultoría, costo de reingeniería de procesos, costo de las personalizaciones y adaptaciones del sistema | x | x | x | x | x | x | x | | | x | x | | x | | | | x | x | x | x | x |
| | | Costo de entrenamiento | Costo de entrenamiento de los usuarios en la utilización del sistema | x | x | | | | | x | | | x | x | | x | | | x | x | | | x | |
| | | Costo de mantenimiento | Costo del mantenimiento del sistema una vez implementado, así como el costo de las actualizaciones cuando hay nuevas versiones disponibles. | x | x | x | x | x | | x | | x | x | x | | x | x | | x | x | x | x | x | x |
| | Condicione | Condiciones comerciales | Condiciones de pago del producto o servicio, con relación a la licencia, leasing, implementación, entrenamiento y derechos sobre el código fuente, sobre versiones y upgrades. | | | | | | | x | | | | | | x | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Prestación de servicios | Suministro de los tipos de servicios: SaaS (Software como servicio), IaaS (Infraestructura), CaaS (Comunicación), Damas (Desarrollo), PaaS (Plataforma). | | x | | | | | x | | | x | x | | | x | | x | | x | | | |
| | | Garantía | Términos de garantía de prestación de servicios y calidad del sistema | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | | | | x |
| | | SLA (Acuerdo de nivel de servicio) | El nivel de la prestación de servicio se define formalmente y existen mecanismos de monitoreo de los indicadores. | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Negocio | Estrategia | Ajuste a la estrategia de negocio | El sistema está alineado con la estrategia de negocio de la empresa | x | x | x | x | | | x | | x | x | | x | | x | | x | x | x | | | x | |
| | | Ajuste con la estrategia tecnológica | El sistema está alineado con la estrategia de tecnología de la empresa | | | | | | | x | | x | | | | | | | x | | | | | | |
| | | Gestión de cambios | Existen procedimientos de Gestión del cambio en el proyecto de implementación | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | | | | |
| Software | Tiempo | Tiempo de implementación | Tiempo gastado con cambios procedurales, consultoría, personalizaciones y adaptaciones del sistema. | x | x | | x | | x | x | x | | x | x | x | x | | | x | x | | | x | |
| | | Tiempo de entrenamiento | Tiempo requerido para entrenar a todos los usuarios a aprender a utilizar el sistema en la operación del día a día. | | | | | | | x | | | | | | | | | x | | x | x | x | |
| | | Tiempo de producción | Tiempo empleado en la operación del sistema (procedimientos de carga de información, copia de seguridad, recuperación, limpieza, etc.). | | | | | | | x | | | | | | | | | | | x | | | | |
| | Funcionalidad | Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades) | En qué medida el conjunto de funcionalidades es adecuado a las necesidades del usuario. Es deseable que el sistema tenga solución vertical para atender al sector de la construcción. | x | x | x | | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Interoperabilidad | El sistema se puede integrar fácilmente con otros sistemas. | | | | | | | × | | × | × | | × | | | | | | | | | | |
| | | Cumplimiento | Hace que el sistema esté de acuerdo con las normas, convenciones o regulaciones previstas en leyes relacionadas con la aplicación. | | | | × | | | × | | | × | | | | × | | | | | | | | |
| | | Mantenibilidad | La capacidad del sistema se modifica, incluyendo tanto las mejoras o extensiones de funcionalidad como las correcciones de defectos, así como las actualizaciones. | | | | | | × | × | × | | | | | | | | × | × | | | × | | |
| | | Personalización | Facilidad de hacer personalizaciones en el sistema. | | | × | | × | | × | | × | × | × | × | × | | | × | | | | × | |
| | Usabilidad | Amigable con el usuario | Facilidad de uso del sistema por parte del usuario | | × | × | × | × | × | × | × | | × | × | | | × | | × | | | × | × | |
| | Usabilidad | Creación de aplicaciones de usuario | Facilidad del usuario para crear nuevas aplicaciones mediante la exploración y consolidación de datos y la generación de pantallas e informes para satisfacer sus necesidades específicas | | | | × | | | × | | | | | | | | | | | | | | |
| | Usabilidad | Eficiencia | Nivel de rendimiento del sistema según la cantidad de recursos utilizados | × | | × | × | | × | × | | × | | | | × | | | | | × | | | |
| | Usabilidad | Modularidad | El sistema se compone de varios módulos que pueden interconectarse para trabajar diferentes áreas del negocio. | | | × | × | × | × | | | | × | | × | | × | | | × | × | × | × | × |
| | Usabilidad | Facilidad de aprendizaje | El sistema es intuitivo y no requiere de técnicas especializadas para su aprendizaje | × | | × | | × | × | | | | | | | | × | | × | | | × | | |
| | Flexibilidad | Facilidad de desarrollo interno | Facilidad de realizar desarrollo interno para mejoras del sistema | × | | × | | × | | × | × | | × | | | | | | × | | | × | × | |
| | Flexibilidad | Escalabilidad | Capacidad del sistema para soportar un aumento de carga cuando se requiere. | | | | | | | × | × | | × | | | | | × | | | | | × | |
| | Flexibilidad | Portabilidad | La capacidad del sistema se transfiere de un entorno a otro. | | | | | | | × | × | | × | | | | | | | | | | × | |
| | Flexibilidad | Capacidad de actualización | El sistema permite realizar actualizaciones constantes de mejora en funcionalidades, optimización de código fuente, servicios y conectividad que le permitan estar a la vanguardia. | | × | | | | × | | × | | × | | | | | | | | | × | × | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Integración | El ERP es fácilmente integrable con otros software requeridos para el funcionamiento del negocio como: facturación electrónica, sistemas de los proveedores, bancos etc.. | | | x | | | x | | x | | | x | | x | | | x | | | x | x | x |
| | Fiabilidad | Madurez | Representa la capacidad del sistema para evitar fallos derivados de defectos en el sistema, manteniendo un nivel estable de calidad | | x | | | | | x | | | x | | | x | x | | x | x | | | x | x | x |
| | | Tolerancia a fallos | Evidencia de la capacidad de mantener un nivel de rendimiento especificado en casos de fallas en el sistema o de corte en las interfaces especificadas. | | x | | | | x | x | | | x | | x | x | x | | x | x | | | | x | x |
| | | Recuperación | Representa la capacidad de restablecer el nivel de rendimiento y recuperar los datos directamente afectados, en caso de fallo, en el tiempo y esfuerzo necesarios para ello. | | x | | | | | x | | | x | | x | x | x | | x | x | | | | x | x |
| | | Seguridad | Representa la capacidad de evitar el acceso no autorizado, accidental o deliberado a programas y datos del sistema | | x | | | | x | x | x | | x | | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Tecnológico | Plataforma técnica | Plataforma independiente | El sistema se puede instalar en diferentes tipos de plataforma. | | | | | | | x | x | | | | | | | | | x | | | | | |
| | | Adecuación de la arquitectura técnica | La estructura de la arquitectura técnica del sistema está de acuerdo con la plataforma actual de la empresa | | | | x | | x | x | | x | x | | x | | | | | x | x | | x | | |
| | | Idiomas y herramientas de desarrollo | Los lenguajes y herramientas de desarrollo del sistema están alineados con la política de TI de la empresa | | | | | | x | x | | | | | | | | | | x | x | x | | | |
| | Servicios | Servicio de Internet | El sistema hace uso de las facilidades del internet y así mismo es estable ante posibles fallas del servicio | | | | | | | x | | | | | | | x | | | | | | | | |
| | | Documentación para el usuario | Existe documentación sobre el uso del sistema y esta es de fácil comprensión por parte del usuario | | | | x | | x | x | | | | | | | x | | | | x | x | | | |
| | | Documentación técnica | Existe documentación técnica sobre el ERP, esta es de fácil comprensión para el personal implicado y los usuarios | | | | | | | x | | | | | | | x | | x | | x | | | | |
| Provee | Perfil | Solidez financiera | Existe una solidez financiera por parte del proveedor del sistema y la estabilidad para garantizar la continuidad del producto | | x | | | | x | x | | x | x | | x | | | | | x | | | | | x |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Credenciales de proveedor | Evaluación de los clientes en relación con los servicios prestados por el proveedor y la existencia de clientes representativos. | | × | × | | × | | × | | | × | | × | × | × | × | × | × | | × | × | × |
| | | Sostenibilidad y responsabilidad social | El proveedor del sistema está comprometido con la sostenibilidad y la responsabilidad social en su empresa | | | | | | | × | | | | | | | | | | | × | | | |
| | Capacidad técnica | Disponibilidad de recursos | El proveedor tiene disponibilidad de recursos adecuados y calificados para realizar los servicios contratados por el cliente, así como tiene facilidad de formar consultores | | | × | × | | | × | | | × | | × | | | | | | | | | |
| | | R&D | El proveedor del sistema invierte en entrenamiento, investigación y desarrollo (I & D), demostrando habilidad y experiencia en I & D. | | × | | | × | | × | | | | | × | × | | | | | | | × | × | |
| | | Experiencia del proveedor | El proveedor tiene experiencia en la implementación del sistema ERP en otras empresas del mismo sector. | | | × | | × | × | × | | | × | | | × | | | × | | | | × | × | × |
| | Soporte | Servicio de soporte | Proporciona servicios de asesoría, consultoría, mantenimiento, desarrollo, infraestructura, y proporciona apoyo a varios países (alcance geográfico). | | × | × | | × | | × | | × | × | × | × | × | | × | × | × | | × | × | |
| | | Relación entre clientes y proveedores | Existe una buena relación y comunicación entre el proveedor del sistema y los usuarios de la empresa adoptiva. | | | | | | | × | | × | | | | | | | | | | | | |
| | | Tiempo de servicio | El proveedor del sistema tiene la capacidad de responder rápidamente a las solicitudes de servicio de los usuarios. | | | | | | | × | | | × | × | | | | | | | | | | |

## 3.3 Toma de decisiones

La toma de decisiones ha sido un campo ampliamente explorado desde diversas disciplinas como la ciencia del comportamiento, la ética y teorías organizacionales, todas ellas han aportado para la construcción de una ciencia de la decisión soportada en métodos, herramientas y procesos que conducen a un contexto apropiado en el cual se pueden tomar mejores decisiones.

La investigación realizada en esta área se ha enfocado desde la psicología y la administración a entender cuáles son las competencias de un buen tomador de decisiones y que factores influyen en el pensamiento individual o colectivo para llegar a una decisión dada sobre un problema específico.

El pensamiento estratégico está completamente alineado con la toma de decisiones ya que esta última es indispensable para redefinir la manera en la que se llevan a cabo los negocios en un mundo globalizado donde mantener una ventaja competitiva es necesario. La estrategia empresarial se define teniendo en cuenta factores internos como la cultura organizacional los valores y creencias individuales así como factores externos como los son al tecnología, el ambiente, la legislación y política (Steptoe-Warren, Howat, & Hume, 2011).

Algunos temas que han sido visibles por muchos años son cuestionamientos sobre la racionalidad de los tomadores de decisión, las heurísticas y simplificaciones, los comportamientos políticos y la interpretación de la experiencia de los tomadores de decisión. Otros temas explorados recientemente han sido: la intuición y las emociones (Hodgkinson & Starbuck, 2009).

Esta sección pretende exponer el avance teórico en materia de toma de decisiones y resaltar los aspectos que pueden aportar al estudio de la selección de un ERP como estrategia organizacional para aumentar la competitividad y optimizar las operaciones con miras a lograr mayores beneficios para las empresas de construcción.

### 3.3.1 Definición

Los estudios que abarcan la toma de decisiones son tan diversos como disciplinas existen, de allí que se tengan diferentes definiciones. Una primera aproximación a la importancia de la toma de decisiones es que: es considerada como la clave del liderazgo y este a su

vez el corazón de la administración, la cual es crítica para los procesos organizacionales (Gore, 1959).

En realidad, la toma de decisiones no fue un campo explorado hasta 1930-1940, hasta este punto el foco había sido la jerarquía administrativa. En 1947 Hebert Simon se aproxima a las decisiones en su libro “Administrative Behaviour”, sus argumentos: los observadores pueden comprender mejor las conductas administrativas en términos de procesos de decisión, las premisas de decisión son los factores claves en el proceso, las premisas de decisión y las organizaciones se influencian mutuamente. Adicionalmente introduce el termino de Racionalidad limitada, ya que la solución de problemas complejos requiere de una racionalidad que la mente humana no posee (Hodgkinson & Starbuck, 2009).

Por su parte los economistas se han dedicado a construir modelos axiomáticos que describen las fuerzas del mercado que trabajan en circunstancias particulares y prescriben acciones apropiadas. A su vez en la investigación de operaciones se construyen modelos que se limitan a problemas específicos dentro de las empresas. Las estadísticas aplicadas modelan decisiones tanto desde la prescriptiva (pruebas de hipótesis) como la descriptiva (modelamiento estructural). La psicología se enfoca en la forma en la que los tomadores de decisión usan la información para llegar a decidir (estudio del comportamiento). (Beach & Connolly, 2005)

La toma de decisiones es considerada en la mayoría de los textos de principios de administración como proceso seminal en las organizaciones, para extraer una definición rigurosa, se presentan a continuación algunos de los exponentes en el campo que han refinado la definición de toma de decisiones de lo más simple a un constructo más complejo:

- R.A Killian- “Una decisión en su forma más simple es una selección de una alternativa”
- Haynes and Massie- “Una decisión es un curso de acción que se elige conscientemente para lograr el resultado deseado”
- James Stoner- “La toma de decisiones es el proceso de identificar y seleccionar un curso de acción para resolver un problema específico”
- Trewartha and Newport- “La toma de decisiones implica la selección de un curso de acción entre dos o más alternativas posibles para llegar a una solución para un problema dado”

- D.E McFarland- “Una decisión es un acto de elección, en el que un ejecutivo forma una conclusión sobre lo que debe hacerse en una situación dada. Una decisión representa un curso de comportamiento elegido de entre una serie de alternativas posibles”
- Henry Sisk and Cliffton Williams - “Una decisión es la elección de un curso de acción de dos o más alternativas; El proceso de toma de decisiones es una secuencia de pasos que conducen a la selección”
- Manely H. Jones - “es una solución seleccionada después de examinar varias alternativas elegidas porque el decisor prevé que el curso de la acción se elegirá más que los otros para promover sus objetivos y estará acompañado de las consecuencias menos objetables posibles”
- R.S Daver- “La toma de decisiones se puede definir como una selección basada en algunos criterios de una alternativa de comportamiento entre de dos o más alternativas posibles. Decidir significa "cortar" o en términos prácticos "llegar a una conclusión".”
- Shull et all- “La toma de decisiones es un proceso consciente y humano, que involucra fenómenos tanto individuales como sociales basados en premisas fácticas y de valor, que concluyen con la elección de una actividad conductual entre una o más alternativas con la intención de avanzar hacia algún estado deseado”

Con las definiciones previas podemos anticipar que la toma de decisiones tiene las siguientes características:

- Implica una elección: se selecciona la mejor alternativa de varias posibles, si hay una sola alternativa no hay toma de decisión (Diwan, 1998).
- Es un proceso continuo: desde el punto de vista administrativo la toma de decisiones es un ejercicio perpetuo, constantemente los ejecutivos se enfrentan a problemas u objetivos que implican tomar una decisión (A. Kumar & Sharma, 2000).
- Es una actividad mental/intelectual: el proceso de toma de decisión es una actividad humana que involucra el intelecto, es un ejercicio mental que considera y evalúa todas las alternativas para alcanzar un objetivo/resolver un problema (Diwan, 1998).

- Es un proceso orientado a un objetivo: las decisiones se toman para obtener un resultado, no es posible tomar decisiones sin algún propósito que además posee límites temporales (Diwan, 1998).
- Es una actividad que consume tiempo: la toma de decisiones implica compromiso, este puede ser a corto o largo plazo dependiendo del tipo y dificultad de la decisión a tomar (Chaturvedi, 2013).
- Se basa en información confiable
- Es un medio y no un fin
- Necesita comunicación efectiva

La toma de decisiones tiene tres componentes principales:

- Alternativas: la toma de decisiones se enfoca en seleccionar la mejor de ellas.
- Elección: la toma de decisiones involucra la evaluación de las alternativas y sopesando los criterios de elección se selecciona una.
- Objetivos o problema: la toma de decisiones es orientada hacia el objetivo, el fin de la toma de decisiones es alcanzar un objetivo o solucionar un problema, este debe estar claro y bien definido.

Principios de la toma de decisiones:

- Objeto de la toma de decisiones: según el tipo de decisión (programada o no programada) se debe realizar un planteamiento que corresponda a sus características y circunstancias especiales.
- Estructura organizacional: la toma de decisiones está estrechamente relacionada con la estructura de la compañía, por ejemplo: una estructura rígida centralizará las decisiones en la alta gerencia, mientras que una estructura más horizontal hará participes de la toma de decisiones a los mandos medios.
- Análisis de objetivos y políticas: estos dos son la base para la toma de decisiones, si no se tiene claridad la sobre estos aspectos la toma de decisiones será inútil e improductiva.
- Estudio analítico de las alternativas: el estudio de las alternativas debe incluir sus Pros y contras para obtener un análisis confiable.
- Sistema de comunicaciones adecuado: es imperativo que se tenga una comunicación asertiva a los responsables e involucrados en la decisión.
- Tiempo suficiente: no debe perpetuarse la toma de la decisión, pero al mismo tiempo es un proceso que requiere un tiempo prudente para ser desarrollado de manera efectiva.

- Estudio del impacto de la decisión: aun cuando la toma de decisión apunta a un objetivo específico o solución de un problema debe hacerse un análisis minucioso del impacto en la integralidad de la organización.
- Participación del tomador de decisiones: adicional a la elección del curso de acción el tomador de decisiones debe participar en la implementación y ejecución del cambio propuesto por el mismo.
- Flexibilidad de la mente: la rigidez del pensamiento de un individuo puede coaccionar la decisión a tomar, así como la decisión tomada no puede satisfacer a todos los involucrados es por esto por lo que se requiere una flexibilidad en la aceptación del proceso de cambio.
- Consideración de la cadena de acciones: al implementar la decisión tomada una reacción en cadena se puede desatar por lo que es necesario prever las posibles acciones que están encadenadas con la decisión.

## 3.3.2 Tipos de decisiones

- Tipología por niveles organizacionales

Las decisiones pueden clasificarse en tres categorías teniendo en cuenta en el nivel organizacional en que deben tomarse. En un sentido amplio, en una organización se toman: decisiones estratégicas (son aquellas que fijan el curso de la organización), decisiones tácticas (aquellas que fijan el "como" se harán las cosas al interior de la organización) y las decisiones operativas (que se dan a nivel individual en la que se define el funcionamiento organizacional en el día a día) (OES Services, 2018).

#### **3.3.2.1.1** Decisiones estratégicas

Las decisiones estratégicas son elecciones importantes que influencian en todo o en una parte importante a la compañía. Estas decisiones contribuyen directamente al logro de objetivos comunes de la empresa y tienen implicaciones a largo plazo, podrían ocasionar grandes desviaciones de las prácticas y procedimientos que se siguen habitualmente. En general, la decisión estratégica no está estructurada y, por lo tanto, un gerente debe aplicar su juicio, evaluación e intuición empresarial en la definición del problema. Estas decisiones se basan en el conocimiento parcial de los factores ambientales que son inciertos y

dinámicos. Tales decisiones se toman en el nivel superior de gestión (Vassilis M. Papadakis, Spyros Lioukas, 1998).

#### 3.3.2.1.2 Decisiones tácticas

Estas decisiones se relacionan con la implementación de las decisiones estratégicas. Están dirigidos hacia el desarrollo de planes divisionales, la estructuración de flujos de trabajo, el establecimiento de canales de distribución, la adquisición de recursos tales como hombres, materiales y dinero. Estas decisiones se toman en el nivel medio de gestión.

#### 3.3.2.1.3 Decisiones operativas

Estas decisiones se relacionan con las operaciones diarias de la empresa. Tienen un horizonte a corto plazo, ya que se toman de forma repetitiva. Estas decisiones se basan en hechos relacionados con los eventos y no requieren mucho de juicio empresarial. Las decisiones operativas se toman en niveles más bajos de gestión.

- Tipología por métodos

#### 3.3.2.1.4 Decisiones programadas

Las decisiones programadas son aquellas que se hacen en la rutina, son repetitivas, son situaciones bien estructuradas en las que se usan reglas de decisión predeterminadas. Dichas reglas de decisión se pueden basar en hábitos, técnicas computacionales o procedimientos y políticas establecidas (Chaturvedi, 2013). La mayor parte de las decisiones programadas se toman en los niveles tácticos y operativos.

A través de la investigación de operaciones y las ciencias administrativas se han aplicado las matemáticas para determinar las características de las "mejores" o "buenas" decisiones, y miles de cálculos aritméticos se llevan a cabo rutinariamente en muchas organizaciones empresariales y gubernamentales para llegar a las decisiones reales de día a día (Simon, 1965).

- Programación lineal: es una técnica cuantitativa que se usa para decidir cómo distribuir los recursos limitados para alcanzar los objetivos. Lineal se refiere a la relación entre las variables y programación significa de manera sistemática. En este caso el problema consiste en determinar una decisión que optimice (sea

maximizando o minimizando) ciertos criterios mientras que al mismo tiempo satisface restricciones dadas en las opciones disponibles (Monahan, 2000).

- Árbol de decisiones: Es un diagrama que muestra todas las posibles alternativas de una decisión en forma de ramificaciones, esto permite una fácil visualización y comprensión. El árbol se compone de una serie de nodos y ramas, cada rama representa un posible curso de acción al final de las ramas hay otro nodo que representa un evento casual y cada curso alternativo posterior a la derecha representa un resultado alternativo de este evento casual (Magee, 2019).
- Teoría de juegos: es una situación en la que participan al menos dos personas que deben tomar decisiones basadas en lo que esperan del otro. Las decisiones se adaptan a las decisiones del otro. Se usa en organizaciones en donde los resultados dependen de las decisiones de dos o más "jugadores" autónomos y donde no hay un solo tomador de decisiones que tenga el control absoluto de las salidas (Anthony Kelly, 2003)
- Simulación: es una representación de la realidad donde las variables controladas muestran los diferentes efectos de la decisión tomada.
- Teoría de colas: se usa para encontrar soluciones a problemas de lista de espera. Es una herramienta cuantitativa para el análisis de costos de la espera en cola. El objetivo principal es lograr un balance optimo entre el costo de aumentar el servicio y la cantidad de tiempo que individuos, maquinas o materiales deben esperar por el servicio (Smit, 2007).
- Técnicas de red: Son técnicas para proyectos complejos en los que se requiere ejecutar muchas acciones. Usualmente ayudan a la reducción de tiempo y costo, PERT (Program evaluation Review Technique) y CPM (Critical Path method) son algunos ejemplos. Este tipo de técnicas proporciona un marco en el que se definen las tareas a realizar, integrándolas en un secuencia lógica de tiempo, permite un sistema de control dinámico a lo largo del progreso del plan (Srivastava, Shenoy, Sharma, & Srivastava, 1989).
- Teoría de la decisión de probabilidad: se basa en la incertidumbre en la ocurrencia o no de un evento. Se realiza una asignación de probabilidades a los cursos de acción o alternativas y se elige la más probable. Los administradores basan sus decisiones tanto en sus experiencias pasadas (experimento repetitivo) o en

suposiciones informadas, esto se conoce como probabilidad subjetiva (Srivastava et al., 1989).

- La matriz de recompensas: evalúa cual es la recompensa por elegir una u otra alternativa, en este caso la mejor alternativa puede ser una o la combinación de varias y el criterio de selección que prima es el resultado esperado de esa alternativa. Cada opción se evalúa bajo diferentes estados o circunstancias que este fuera del control del tomador de decisión (Smit, 2007)

#### **3.3.2.1.5** Decisiones no programadas

Las decisiones no programadas son únicas y necesarias debido a que son situaciones inesperadas y sin precedentes. Estas involucran la intuición y creatividad. La mayoría de las decisiones no programadas se toman en los niveles estratégicos (Chaturvedi, 2013).

- Técnica de lluvia de ideas: Desarrollada por Alex Faickney Osborn, es una sesión en la que un grupo de individuos se reúnen, el líder de grupo expone el problema y los demás integrantes exponen toda posible idea que ayude a resolver la situación, cada idea se discute, analiza y evalúa para seleccionar la mejor de ellas. La técnica se basa en dos principios: el aplazamiento del juicio (critica y evaluación de las ideas se realiza en otra sesión) y la cantidad nutre la calidad (entre más ideas se generan la calidad de estas mejora). En teoría un grupo de individuos producen un mayor y mejor número de ideas que los individuos aislados (Allwood & Selart, 2013)
- Técnica Delphi: Es una técnica grupal en la que los individuos no se encuentran cara a cara. Se emplean herramientas como videoconferencias y cuestionarios con el fin de recolectar información, esto ayuda que los miembros del grupo no sean influenciados por los demás. Es una técnica en la que se toma la decisión a partir del consenso de un grupo de expertos. El proceso se lleva a cabo mediante la exposición del problema a un grupo de expertos de manera separada (por ejemplo a través de una carta/mail), cada experto propone lo que considera la mejor solución , el líder de grupo compila las respuestas individuales y las comparte con los miembros del grupo en una segunda comunicación, en este punto cada experto comenta su opinión con respecto las propuestas de los demás, de nuevo las respuestas se compilan y se busca un consenso en la opinión de los expertos (Sims, 2002).
- Técnica de grupo nominal: los miembros del grupo presentan sus ideas sin interacción en una etapa inicial. Después de la presentación de ideas el grupo

puede interactuar. De 6 a 7 participantes en el grupo de manera sistemática proponen soluciones al problema, posteriormente comparten su percepción a las soluciones propuestas, se dice nominal ya que los individuos pertenecen al grupo solo por el nombre, en lugar de llegar a un consenso se realiza una votación de todas las propuestas (Sims, 2002).

- Círculos de calidad: son reuniones con el fin de analizar y resolver problemas específicos. Son pequeños grupos que voluntariamente se encuentran para solucionar problemas de calidad o producción. Usualmente los círculos de calidad se generan de abajo hacia arriba, ya que los involucrados aconsejan a los gerentes quienes finalmente son quienes tienen la autoridad para tomar las decisiones (Nelson & Quick, 2011)
- Técnicas heurísticas: las decisiones se toman en función de la experiencia, reglas de oro, sentido común. Las heurísticas son técnicas usadas para resolver un problema mediante la búsqueda de respuestas razonables y rápidas, es un medio o procedimiento destinado a facilitar la resolución de problemas, el proceso se basa en la intuición o reglas empíricas que aplicadas al problema proporcionan una o más soluciones (Ridha, 2015)

### 3.3.3 Teorías y modelos de toma de decisiones

En las dinámicas empresariales es necesario enfrentarse a tomar decisiones de manera cotidiana. En el contexto organizacional existen tres modelos destacados para la toma de decisiones: El modelo racional (se basa en la lógica de la elección óptima, la que maximizara el valor para la organización), el modelo administrativo (no busca optimizar sino que busca la satisfacción de objetivos a través de restricciones con las que pueden limitarse las alternativas) y el modelo político (se enfoca en problemas interorganizacionales que reflejan metas personales y las decisiones son un resultado de la negociación de coaliciones) (“Models of Organizational Decision Making,” n.d.).

La toma de decisiones por intuición se da cuando hay instintos o sentimientos que guían la decisión, se usa la capacidad de comprender/analizar una situación sin acudir a la racionalidad (no hay un proceso estructurado), normalmente el uso de la intuición se da cuando no hay información disponible, los hechos no son claros o en tanto la naturaleza de la decisión es difícil en sí misma. Por otro lado, la toma racional de decisiones implica

el análisis de la información disponible y el curso de un proceso que permita llegar a una decisión basada en hechos (“The Rational Decision Making Model: Steps and Purpose in Organizations,” n.d.).

Por otro lado, no existe una teoría única de racionalidad limitada, sino muchas variaciones. Hay "decisión por objeción" (Anderson, 1983), 'raíz contra rama' (Lindblom, 1959), 'flujo restringido, esporádico' (Hickson et al., 1986) y así sucesivamente. Este es el fruto de un paradigma desarrollado en reacción al "hombre de paja" de elección puramente racional.

En segundo lugar, existe una perspectiva heurística, en la que los tomadores de decisiones son racionales en algunos aspectos, pero no en otros. Esta perspectiva va en contra de la visión tradicional de la racionalidad como una construcción monolítica y sugiere un debate entre esta concepción monolítica y un enfoque más multidimensional de cómo piensan realmente los tomadores de decisiones estratégicas.

En general, el debate original, que dio forma al paradigma, sobre si los tomadores de decisiones son racionales o limitados, ya no es muy controvertido. La investigación empírica apoya claramente la existencia de límites cognitivos al modelo racional. Los tomadores de decisiones “satisfacen” en lugar de “optimizar”. La investigación empírica también sugiere que muchas decisiones siguen las fases básicas de identificación, desarrollo y selección de problemas. Además, la complejidad del problema y el conflicto entre los tomadores de decisiones a menudo influyen en la forma de la ruta de decisión (Eisenhardt & Zbaracki, 1992).

Los modelos racionales para la toma de decisiones implican procesos cognitivos en los que una secuencia de pasos se establece de forma lógica, esto significa que las alternativas se evalúan y ponderan para tener el mejor resultado potencial. Hay variedad de modelos en la literatura, van de 6 a 9 pasos con algunas pequeñas variaciones entre cada etapa sin embargo la esencia del proceso en sí es la misma (“Rational Decision Making Models,” n.d.).

- Identificación del problema

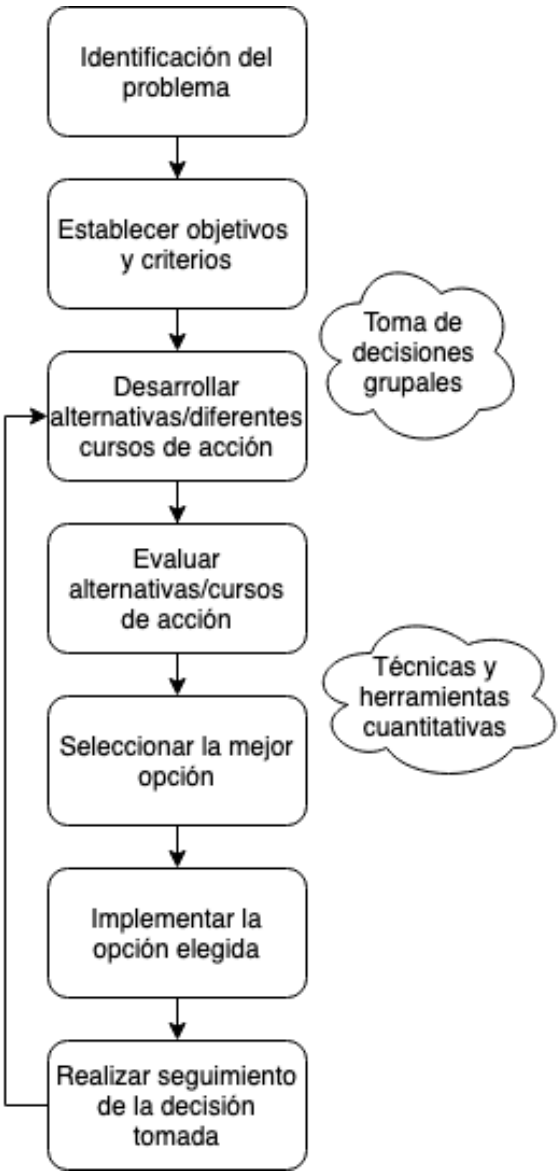
La decisión en si misma tiene su origen en un problema al que se le debe dar solución o bien alcanzar un objetivo concreto. En este sentido, el primer paso puede abarcarse desde dos perspectivas:

Definir el objetivo de la decisión, es decir cuál es el resultado esperado de las acciones que se tomen, al establecer de antemano exactamente lo que se quiere lograr los esfuerzos se enfocaran de manera armónica a la consecución del objetivo,

Adicionalmente, a través de los objetivos se obtendrá una métrica clara para medir los resultados de la decisión (Diwan, 1998).

Por otro lado, si la raíz es un problema este debe reconocerse claramente, un problema surge cuando hay una disparidad entre lo que es actualmente y lo que debería ser. Identificar el problema es la mitad de la respuesta ya que esto permite encontrar sobre qué punto debe actuar la decisión (A. Kumar & Sharma, 2000).

**Tabla 11.** Proceso de toma de decisiones. Fuente: elaboración propia. Basado en:(Smit, 2007).



- Establecer objetivos y criterios de selección

Generalmente en las decisiones programadas no es necesario fijar los criterios ya que en sí mismas las decisiones los contienen. Sin embargo para las decisiones no programadas no hay una ruta establecida en cuanto a la decisión por lo que en este caso es importante clarificar cuales son los criterios bajo los cuales uno de los cursos de acción se seleccionara y que hace que se convierta en la mejor selección posible, para ello el tomador de decisión los establece o puede soportarse en un grupo (Smit, 2007).

- Desarrollo de alternativas

Al tener un objetivo/problema identificado la labor será formular un conjunto de alternativas que puedan darle solución. Esto implica elegir de un universo de soluciones algunas que cuenten con los méritos para ser la mejor solución viable(Diwan, 1998). El diagnostico debe brindar un panorama del entorno en el que el problema ocurre, teniendo en cuenta todo aquello que influencia el objetivo/problema existirán varias alternativas para darle solución, lo ideal es no tomar la primera o más fácil, contar con distintas alternativas le dará al tomador de decisión la libertad para basarse en el factor limitador he ir acotando la lista de alternativas (A. Kumar & Sharma, 2000).

- Análisis y evaluación de las alternativas

El paso anterior da como resultado un grupo de alternativas de las cuales se debe decidir la mejor para dar solución al problema/alcanzar el objetivo. Posteriormente dichas alternativas deben evaluarse y ser juzgadas a través de los criterios establecidos, por ejemplo: el riesgo que implica, costo y economía, tiempo y urgencia así como la limitación de recursos (Diwan, 1998). Sera útil analizar cuáles son los Pros y Contras de cada alternativa, las restricciones y de esta forma eliminar sistemáticamente aquellas alternativas que no cumplen con estas. Otra estrategia para la evaluación y análisis puede ser agrupar las alternativas en grupos de criterios de manera que un análisis más profundo puede llevarse a cabo para aquel grupo que representa un gran valor en la decisión (A. Kumar & Sharma, 2000).

- Selección de la mejor alternativa

La selección de la mejor alternativa es el paso crucial, es aquel en donde la toma de decisión se materializa. Una vez se han evaluado y analizado las alternativas disponibles

debe emplearse la habilidad discernir y distinguir entre ellas la que mejor soluciona el problema (Diwan, 1998). Pueden usarse cuatro aproximaciones para efectuar la selección (A. Kumar & Sharma, 2000):

A partir de la experiencia, basada en situaciones similares en el pasado el tomador de decisión elige una alternativa. Teniendo en cuenta que una mala decisión no debe repetirse y que las circunstancias del pasado y el ahora pueden variar por tanto debe evaluar la aplicabilidad de la alternativa elegida antes en el contexto actual.

A partir de la experimentación, se opta por poner a prueba cada una de las alternativas y aqueda que en lo factual de arroje mejores resultados será la elegida. En términos generales esta aproximación es costosa en tiempo y dinero, por tanto, debería ser limitado su uso. A partir de la investigación y el análisis, en esta aproximación a partir de modelos se elige la mejor alternativa, dependiendo de la naturaleza de la decisión se crean relaciones entre las variable y restricciones. Usualmente es una de las técnicas más efectivas para decisiones de gran impacto. A partir de los valores y aspiraciones personales, los factores personales influencian de manera directa la toma de decisiones.

Implantación de la alternativa

En este paso se hace efectiva la decisión, se comunica la misma a las partes interesadas y se toman las acciones necesarias para ponerla en marcha asegurando que se lleve a cabo como es esperado (Diwan, 1998). Es importante que se destaque un plan de implementación , conciso en tiempo pasos a seguir para el despliegue, se deben asignar los recursos necesarios así como las responsabilidades de cada individuo (A. Kumar & Sharma, 2000).

- Evaluación de la efectividad de la decisión

El proceso de toma de decisión culmina haciendo un seguimiento de la efectividad de la decisión tomada, puesto que aun si la elegida fue la mejor alternativa, es necesario compilar información continuamente y evaluar los resultados de la decisión, esto permite modificar la decisión, planear estrategias para que la decisión sea exitosa (Diwan, 1998). Después de seguir el proceso no se asegura al 100% que a decisión tomada es correcto por ello un monitoreo permite detectar falencias y realizar ajustes para alcanzar los objetivos deseados (A. Kumar & Sharma, 2000).

Abordando el modelo político, las ideas centrales de la perspectiva política son: las organizaciones están compuestas por personas con preferencias parcialmente conflictivas, la toma de decisiones estratégicas es, en última instancia, política en el sentido de que las personas poderosas obtienen lo que quieren y las personas se involucran en tácticas políticas como: la formación de coaliciones y el uso de información para mejorar su poder. Estas ideas centrales forman una teoría mucho más coherente que las de la racionalidad limitada. Por lo tanto, el debate original sobre si las organizaciones tienen objetivos únicos o múltiples ya no es muy controvertido. Sin embargo, un debate emergente dentro del paradigma es si la política es un fenómeno positivo impulsado por el conflicto o un proceso impulsado por el poder que señala la toma de decisiones disfuncional (Eisenhardt & Zbaracki, 1992).

Otro de los modelos es el bote de basura: La idea central de la perspectiva del bote de basura es que existen anarquías en la organización. La investigación empírica confirma modestamente que las decisiones se producen como resultado de una intersección casual entre problemas cambiantes, oportunidades de elección, soluciones y personas (es decir, un bote de basura donde todo está junto). En general, el apoyo empírico que subyace a las anarquías organizadas y el modelo del bote de basura, que a menudo son estudios de caso únicos en capítulos de libros, tiene una validez metodológica modesta (Eisenhardt & Zbaracki, 1992). Cohen et al. (1972) proponen que la toma de decisiones es particularmente prevalente y notable en las organizaciones, este modelo está orientado a tomas de decisiones grupales en lugar de individuales. Las condiciones que provocan la toma de decisiones bajo el modelo de bote de basura son la ambigüedad de los objetivos, la falta de claridad en la tecnología y los participantes transitorios (Hodgkinson & Starbuck, 2009).

Un modelo integrador propuesto por Schneider and De Meyer (1991) propone que los factores que influencian los procesos estratégicos son: Las características individuales de los tomadores de decisión y las dinámicas grupales, el contexto organizacional interno y los factores ambientales (Vassilis M. Papadakis, Spyros Lioukas, 1998).

La selección de un ERP es claramente un problema sujeto al proceso de toma de decisiones estratégicas, en esta sección se abordó de manera teórica los principales componentes de la toma de decisión así como del proceso del modelo racional, adaptaciones al campo de la tecnología se pueden realizar tal y como se expuso en el capítulo anterior en el modelo de (Verville & Halingten, 2003).

# 4. Metodología

## 4.1 Multimetodología de Mingers

El problema propuesto se abordó desde la multimetodología descrita por Mingers puesto que el sustento del uso de porciones de métodos de distintos paradigmas resulta pertinente para este objeto de estudio, lo que permitirá explicar la realidad compleja que lo envuelve. Con el fin de llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos específicos listados anteriormente se realizó el diseño metodológico a partir del postulado de los tres mundos de Habermas (Mundo social, mundo personal y mundo material) que están involucrados en donde hay intervención humana, estas interacciones se analizan como un proceso de cuatro momentos o fases (apreciación, análisis, evaluación y acción). La elección de las metodologías a utilizar se enmarca en la matriz que describe la relación entre los mundos y las fases, explicando los objetivos puntuales dentro de cada intersección, lo que permite enfocar la investigación según lo que se quiere lograr con el estudio (Mingers & Brocklesby, 1997).

La presente investigación pretende abordar cada uno de los mundos, el mundo social es de interés ya que se busca identificar qué factores sociales que relacionan las organizaciones de construcción con la economía y realidad nacional influyen en la selección y adquisición de un ERP.

El mundo personal se abordará a través de la consulta sobre las necesidades del negocio a aquellos involucrados en la actividad sectorial de la construcción desde sus experiencias y operación, esto a través de métodos cualitativos que permitan tener una visión global de la percepción desde el interior del sector.

Así mismo el mundo material es de vital importancia puesto que se desea analizar que necesidades particulares tienen las empresas de construcción y que productos del mercado podrían atender esas necesidades, adicionalmente se desea establecer que estudios científicos han determinado factores influyentes en la fase de selección de un ERP.

**Tabla 12.** Diseño metodológico según la multimetodología de Mingers. Elaboración propia a partir de Mingers & Brocklesby (1997)

| | Apreciación | Análisis | Evaluación | Acción |
|---|---|---|---|---|
| Mundo social | Búsqueda sistemática de estadísticas descriptivas del sector de la construcción en Colombia | Identificación de factores sociales afectando el desempeño de los sistemas de información para las empresas de construcción. | Evaluar la importancia de los factores para la selección de ERP para construcción en Colombia | Análisis y recomendaciones para la selección de un ERP para construcción en Colombia |
| Mundo personal | Estudio cualitativo desde las percepciones de los expertos a través del método Delphi, en relación con los factores identificados en la literatura científica. | Selección de común denominador para establecer las necesidades de negocio según los expertos. | | |
| Mundo material | Revisión de literatura científica de la fase de selección de un ERP.<br><br>Recopilación de información de productos (ERP) orientados al sector de la construcción. | Listar los factores identificados en la literatura y analizar el impacto del escenario nacional en la aplicabilidad del estudio.<br><br>Comparar los diferentes ERP para construcción en Colombia. | | |

## 4.2 Método DELPHI

El método Delphi surge en la década de los 60 en RAND Corporation (Santa Monica, California) una organización de investigación que desarrolla soluciones a los desafíos de políticas públicas, es una organización sin ánimo de lucro, no partidista y como lo mencionan en su sitio web “comprometida con el interés público” (RAND, 2019).

En 1962 se publica el trabajo de Dalkney y Helmer en el marco de la investigación Político-militar en RAND titulado: “An experimental application of the Delphi method to the use of experts”, según la literatura este sería el primer estudio Delphi del que se tenga conocimiento. Posterior a este, el uso del método ha incrementado y su uso de extiende a diferentes campos del saber cómo: la medicina, tecnología, ciencias sociales, educación, política , etc. (Torrado-fonseca & Reguant-álvarez, 2016)

### 4.2.1 Definición

El método Delphi es una técnica que busca hacer un uso efectivo del juicio intuitivo informado. Este se deriva de la importancia de la realización de proyecciones hacia el futuro en las que las decisiones de política pública deben basarse en gran medida en las expectativas personales de los individuos y no en predicciones derivadas de una teoría bien establecida. Delphi se basa en 3 reglas básicas del trabajo con expertos: selección de los expertos cuidadosamente, crear las condiciones adecuadas en las que los expertos se puedan desempeñar hábilmente y si hay varios expertos en un tema puntual debe tenerse precaución al llevar las opiniones a una sola posición combinada (Helmer, 1967).

La técnica busca eliminar los comités de expertos en un mismo momento y lugar y lo reemplaza por una secuencia de interrogatorios individuales (normalmente cuestionarios) entremezclados con información y retroalimentación de opinión (Helmer, 1967). Se usan interacciones entre un grupo llamado panel de expertos a través de cuestionarios en vez de comunicaciones frente a frente, esto permite preservar el anonimato de los participantes (McMillan, King, & Tully, 2016).

El uso de Delphi parte de un problema de investigación en el que la opinión de un grupo de expertos cuyos conocimientos sobre el tema, características y experiencia se estiman a priori como apropiados para la consecución de los objetivos de la investigación (Torrado-fonseca & Reguant-álvarez, 2016). También se atribuye el uso del método Delphi en investigaciones que están orientadas a resolución de problemas, generación de ideas o

determinar prioridades (McMillan et al., 2016). La técnica ha sido ampliamente utilizada en la investigación en sistemas de información: la prospección, así como identificar o priorizar enunciados representan uno de los mayores usos en la disciplina. Una variación del método denominada “Ranking type” se usa para llegar al consenso sobre la importancia relativa de algunas proposiciones (Okoli & Pawlowski, 2004).

### 4.2.2 Características

El método Deplhi posee las siguientes características genéricas (Skinner, Nelson, Chin, & Land, 2015):

- Uso de expertos: personas con conocimientos técnicos en su área, que se interesen no solo por su en su campo sino en un amplio rango de conocimiento. Con nociones del estado actual y futuro de la materia de investigación, es recomendable que los expertos sean un grupo heterogéneo.
- Panel: es el grupo de los expertos seleccionados para la investigación sin limitaciones de tamaño, dado que idealmente los expertos que se incluyen tienen amplio conocimiento en el tema el tamaño del grupo regularmente permanece reducido. Algunos académicos (Delbecq et Al, 1975) sugieren que idealmente un panel este conformado por 4 expertos sin embargo la mayoría de los estudios sitúa en el panel de 10 a 30 integrantes, aun no existen estudios concluyentes en relación con el tamaño del panel y la efectividad de la decisión tomada.
- Anonimidad: brinda independencia en la opinión de los panelistas, evita problemas de encuentros cara a cara y elimina ambiente de competencia entre los expertos, garantiza respuestas y resultados más objetivos y es una característica fundamental en métodos de juicio. Se asegurara a los expertos anonimidad en el sentido que ninguna de sus respuestas se atribuirá a su nombre (Gordon, 1994)
- Sesiones: en general se realizan 2 o más sesiones para llegar a un consenso o refinar los hallazgos de las sesiones anteriores, sin embargo, depende del tipo de investigación (propósito y profundidad en el tema) debe determinarse si una ronda es suficiente, la literatura muestra desde 2 a 10 rondas en algunos estudios publicados.
- Iteración y retroalimentación: Se recolectan las opiniones de los expertos que justifiquen sus respuestas con ello se realiza una realimentación o se usa como insumo para una siguiente ronda.

### 4.2.3 Proceso

La técnica se basa en 4 fases para su desarrollo:

La fase uno es la definición del problema, se establece el objetivo de la investigación, así como identificar dimensiones a explorar y fuentes de información (Torrado-fonseca & Reguant-álvarez, 2016).

La fase dos es la conformación del panel de expertos, en esta fase se llevan a cabo los siguientes pasos (Okoli & Pawlowski, 2004):

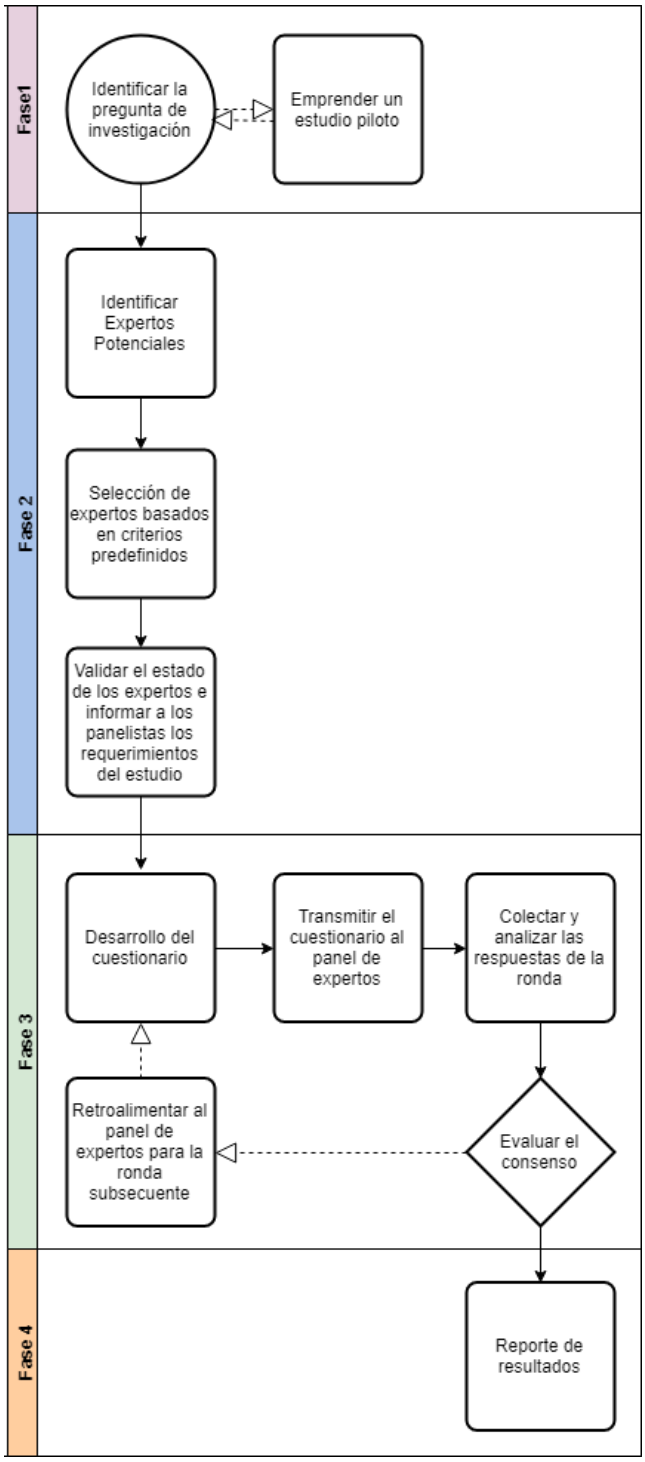
- Identificar las disciplinas relevantes, identificar las organizaciones relevantes y literatura en el dominio.
- Diligenciar la hoja de trabajo de nominación de recursos de conocimiento, el propósito de esta hoja es categorizar los expertos después de identificarlos, colocar los nombres de los candidatos en cada disciplina, organización o académico. Contactar a los expertos listados en la hoja y pedir más referencias para nominar expertos adicionales. Ordenar los expertos categorizados en las disciplinas basado en sus cualidades y cualificaciones.
- Invitar a los expertos, un numero deseable de integrantes por panel es de mínimo 10. Explicar el objeto de estudio y el proceso a seguir para concluir satisfactoriamente con la investigación. Aclarar que se requiere contar con los recursos como correo electrónico para recibir los cuestionarios.

La fase tres es la ejecución de rondas de consulta, en esta fase se hace la recolección de datos y análisis de estos. Inicialmente se desarrolla el cuestionario basado en la identificación previa de los objetivos del estudio así como una revisión de la literatura (Loo, 2002). Posteriormente el cuestionario es enviado a los expertos por el medio pactado en la fase 1, se indica el plazo de respuesta, se recuerda el objeto de estudio y se proporcionan las indicaciones para el diligenciamiento el cuestionario (Gordon, 1994). Una vez los expertos envían sus respuestas se hace el análisis respectivo evaluando las posiciones de los expertos se especifica si se llega a un consenso y se plantea la posibilidad de ejecutar nuevas rondas.

La fase cuatro da cuenta del resultado de la investigación según los resultados de las rondas, el reporte debe presentar la categorización de las respuestas, las justificaciones de los hallazgos y resumir si hubo o no consenso, así como las tendencias relevantes. Los datos se pueden presentar de varias formas una de las más adecuadas en la técnica es la

representación de la mediana en lugar de la media ya que juicios extremos pueden moverla sin razón. El analista puede presentar también el rango Inter cuartil para mostrar la dispersión de opinión (Gordon, 1994).

**Ilustración 20.** Proceso del método Delphi. Elaboración propia. Basado en:(Skinner et al., 2015)



### 4.2.4 Fortalezas, debilidades y limitantes del método

Una selección apropiada de expertos puede presentar problemas, de manera general hay dificultades en definir las cualificaciones y medir el desempeño relativo de los expertos. En pocas palabras es difícil determinar el grado de expertise de una persona (Helmer, 1967). La técnica Delphi tiene el propósito de cristalizar el proceso de razonamiento que puede conducir a una o varias posiciones de una problemática y con ello ayudar a clarificar el problema aún en ausencia de consenso de grupo (Helmer, 1967).

Debido a que el número de expertos es usualmente reducido, la técnica Delphi no arroja resultados estadísticamente significativos (no está diseñada para este propósito), representa la respuesta de la población representada por el panes , es decir la síntesis en la opinión de un grupo de personas (Gordon, 1994). Otras ventajas/desventajas se presentan a continuación:

**Tabla 13.** Ventajas y desventajas del método Delphi. Tomado de: (Skinner et al., 2015)

| Ventajas/Fortalezas | Limitaciones/desventajas |
|---|---|
| Consenso | Presión de grupo para el consenso |
| Previsión del futuro | La realimentación puede dar lugar a confrontamientos |
| Unir a un panel de expertos disperso geográficamente | No existen directrices aceptadas para determinar el consenso, el tamaño y las técnicas de recolección |
| Anonimidad y confidencialidad en las respuestas | Requiere tiempo y compromiso por parte de los expertos |
| Tiempo limitado requerido para que los expertos completen los cuestionarios | Posibles problemas al elaborar el cuestionario de la primera ronda |
| Elimina la confrontación directa entre expertos | Demora en tiempo entre rondas debido a la recolección de datos |
| Proceso estructurado de comunicación | Selección de criterios para la composición del panel |
| Efectivo en costo/tiempo y flexible | |
| Valido ya que se hace uso de un panel | |
| Aplicable cuando hay incertidumbre o conocimiento limitado | |

# 5. Aplicación del método Delphi

## 5.1 Selección del método Delphi

Para esta investigación se usa el método Delphi ya que un estudio cuantitativo es estadísticamente inviable dado que en Colombia existen aproximadamente 1700 empresas de construcción según lo consultado en Superintendencia de sociedades como se mencionó anteriormente, acceder a una muestra representativa que justifique la validez del estudio para generalizar el resultado no es posible.

Adicionalmente se ha hecho una investigación previa de los factores críticos para la selección de un ERP en la literatura científica disponible, lo que permitió llegar a un consolidado de 48 factores que requieren ser valorados en el contexto del sector de la construcción colombiano, el juicio de los expertos brindara una perspectiva fundamentada en la priorización de los factores ya establecidos. Así mismo este juicio contribuye a establecer las necesidades del sector de la construcción en torno a un sistema de información que les permita gestionar sus procesos de negocio.

## 5.2 Procedimiento para la selección de expertos

Siguiendo el proceso planteado por Okoli la selección de expertos para el desarrollo de esta investigaciones se establece como sigue:

### 5.2.1 Preparación de la hoja de trabajo de nominación de recursos de conocimiento:

| Disciplinas o habilidades | Organizaciones | Literatura relacionada |
|---|---|---|
| Conocimiento de los procesos de negocio de la industria de la construcción<br>Uso de sistemas de información orientados a la construcción | CAMACOL<br>Empresas de construcción registradas en la superintendencia de sociedades<br>Proveedores de ERP para la construcción | Journal of Enterprise Information Management<br>International Journal of Construction Education and Research |

| | | |
|---|---|---|
| Experiencia en la selección de sistemas de información<br>Conocimiento en ERP y sus características, implementación, selección y uso<br>Conocimiento en herramientas y métodos de toma de decisión | | Journal of Construction Engineering and Management<br>International Journal of Production Research<br>Journal of Information Systems and Technology Management<br>International Journal of Business Information Systems<br>International Journal of Advanced Computer Science and Applications<br>International Journal of Computer Science and Technology |

Con base en las habilidades mencionadas en el punto anterior se hizo la elección de 21 Expertos que cumplen con los siguientes criterios:

- Tienen experiencia de más de 5 años trabajando en el sector de la construcción
- Hacen uso de sistemas ERP en sus actividades diarias
- Conocen los procesos de negocio del sector
- Han estado involucrados en procesos de selección de tecnología

**Tabla 14.** Identificación de expertos. Elaboración propia.

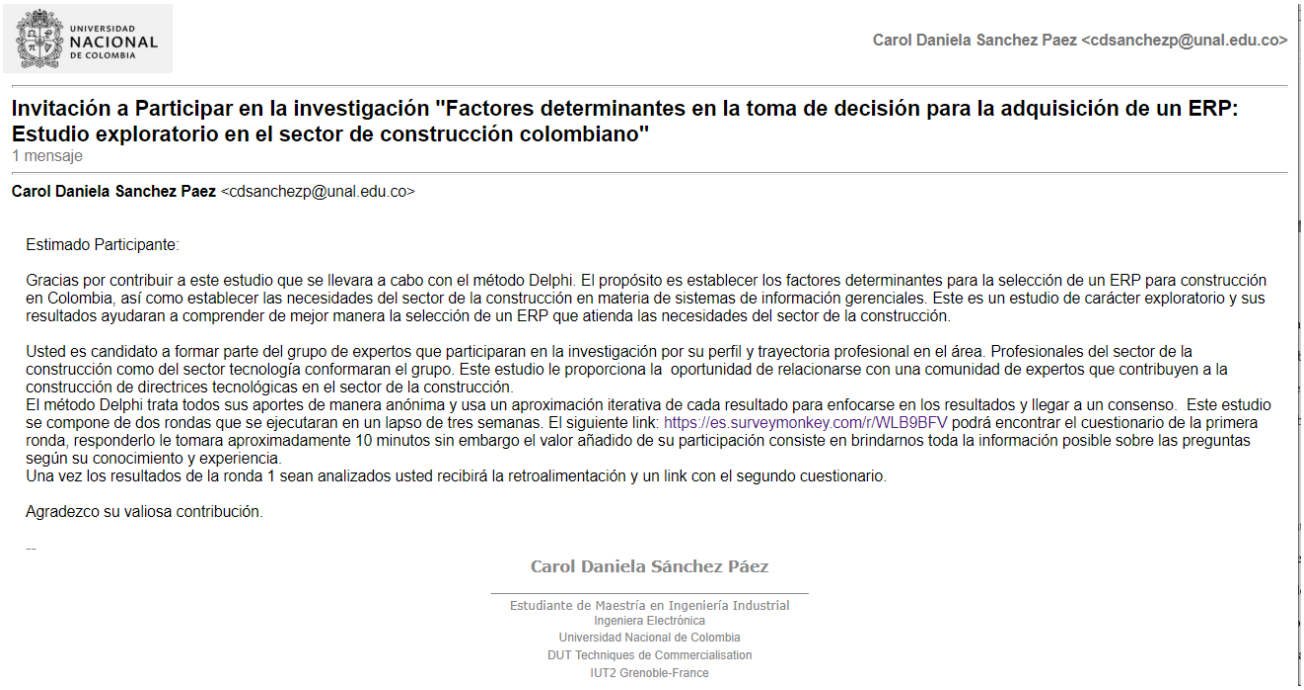
| Experto | Perfil del experto |
|---|---|
| 1 | Actualmente es Consultor de implementación de ERP especializado en el sector de la construcción, ha desempeñado por 6 años este cargo |
| 2 | Ha sido directora de pos-implementación y servicio al cliente, directora de operaciones y directora de proyectos en la empresa líder de ERP para construcción en Colombia por más de 7 años. |
| 3 | Actual director de proyectos y Soluciones Digitales en una reconocida constructora de Colombia, más de 7 años de experiencia en sistemas de información gerenciales |
| 4 | Analista de proyectos de tecnología en una reconocida constructora de Colombia con más de 6 años de conocimiento en el uso de tecnología en el sector. |
| 5 | Consultora de implementación de ERP por más de 5 años con trayectoria en diversos sectores entre ellos el de construcción, así como en diversos países entre ellos Colombia |
| 6 | Consultor de implementación de ERP por más de 10 años, ex director de implementación de proyectos en el sector de la construcción, en diversos países entre ellos Colombia |

| | |
|---|---|
| 7 | Arquitecto por más de 10 años coordinador del área de control y presupuestos en una firma de construcción, ha liderado la gestión del cambio en la implementación de ERP en dicha empresa y conoce ampliamente los procesos del sector. |
| 8 | Arquitecto que lleva más de 6 años laborando en firmas de construcción, es experto en el uso de sistemas de información gerenciales en sus labores diarias y conoce los procesos del sector. |
| 9 | Arquitecto que lleva más de 5 años laborando en firmas de construcción, es experto en el uso de sistemas de información gerenciales en sus labores diarias y conoce los procesos del sector. |
| 10 | Ingeniero civil con más de 5 años de experiencia en gestión de proyectos, coordinación de diseños, coordinación de obra, cálculo de presupuestos de obra, en una importante constructora de Colombia. |
| 11 | Director comercial & senior Project manager con especialidad en Desarrollo de Sistemas en Áreas de Nuevas Tecnologías, Desarrollo, Administración y Seguridad de Sistemas, así como Experto Senior en comercialización, arquitectura y consultoría de proyectos ERP. Por más de 3 años trabajando en una empresa que distribuye ERP para el sector de la construcción. |
| 12 | Coordinador de mejoramiento continuo en una importante constructora de Colombia experto en proyectos de transformación digital a través de la implementación de herramientas tecnológicas en los procesos de la compañía por más de 5 años |
| 13 | Consultor de ERP por más de 10 años con trayectoria en diversos sectores entre ellos el de construcción, especialista en implementación de módulos para constructoras. |
| 14 | Gerente financiera por más de 12 años en una empresa del sector de la construcción con conocimiento de los procesos administrativos y de negocio del sector de la construcción y con experiencia en la selección de un ERP |
| 15 | Consultor de ERP por más de 15 años especialista implementaciones en el sector de la construcción en varios países. |
| 16 | Gestor de logística en instrumentación para material de construcción en importante institución educativa como apoyo al departamento de ingeniería civil. Experiencia de más de 10 años en el sector de la construcción con conocimiento de sistemas de información adaptados al rubro |
| 17 | Gerente general de una firma de construcción, Con más de 10 años de experiencia en el rubro, conoce los procesos y necesidades del sector así mismo ha participado de la selección de sistemas de información para su empresa. |
| 18 | Coordinador de Investigación y desarrollo e innovación en importante constructora del país. Con más de 6 años de experiencia en el sector de la construcción conoce a profundidad procesos y necesidades del rubro. Hace uso y ha participado de la selección de sistemas de información para la compañía |
| 19 | Consultor de ERP con más de 10 años de experiencia, Ha trabajado ampliamente en la implementación de proyectos en firmas de construcción en diferentes geografías. |

| | |
|---|---|
| 20 | Director de proyectos estratégicos en importante constructora del país. Con más de 6 años de experiencia en el rubro su especialidad es la transformación digital haciéndose responsable de la implementación de BIM y CRM y otras tecnologías. |
| 21 | Gerente de calidad y productividad de importante firma constructora en el país con más de 10 años de experiencia en el rubro. Responsable de la mejora de procesos aplicando los principios Lean manufacturing y construction. |

- Invitación a participar como expertos en la investigación

La siguiente comunicación se envió a los expertos seleccionados en base a los criterios elegidos en la sección anterior vía correo institucional:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Carol Daniela Sanchez Paez <cdsanchezp@unal.edu.co>

**Invitación a Participar en la investigación "Factores determinantes en la toma de decisión para la adquisición de un ERP: Estudio exploratorio en el sector de construcción colombiano"**

1 mensaje

**Carol Daniela Sanchez Paez** <cdsanchezp@unal.edu.co>

Estimado Participante:

Gracias por contribuir a este estudio que se llevara a cabo con el método Delphi. El propósito es establecer los factores determinantes para la selección de un ERP para construcción en Colombia, así como establecer las necesidades del sector de la construcción en materia de sistemas de información gerenciales. Este es un estudio de carácter exploratorio y sus resultados ayudaran a comprender de mejor manera la selección de un ERP que atienda las necesidades del sector de la construcción.

Usted es candidato a formar parte del grupo de expertos que participaran en la investigación por su perfil y trayectoria profesional en el área. Profesionales del sector de la construcción como del sector tecnología conformaran el grupo. Este estudio le proporciona la oportunidad de relacionarse con una comunidad de expertos que contribuyen a la construcción de directrices tecnológicas en el sector de la construcción.
El método Delphi trata todos sus aportes de manera anónima y usa un aproximación iterativa de cada resultado para enfocarse en los resultados y llegar a un consenso. Este estudio se compone de dos rondas que se ejecutaran en un lapso de tres semanas. El siguiente link: https://es.surveymonkey.com/r/WLB9BFV podrá encontrar el cuestionario de la primera ronda, responderlo le tomara aproximadamente 10 minutos sin embargo el valor añadido de su participación consiste en brindarnos toda la información posible sobre las preguntas según su conocimiento y experiencia.
Una vez los resultados de la ronda 1 sean analizados usted recibirá la retroalimentación y un link con el segundo cuestionario.

Agradezco su valiosa contribución.

--

Carol Daniela Sánchez Páez

Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial
Ingeniera Electrónica
Universidad Nacional de Colombia
DUT Techniques de Commercialisation
IUT2 Grenoble-France

# 5.3 Recolección de datos y análisis

## 5.3.1 Ronda 1

- Diseño del Cuestionario

#### 5.3.1.1.1 Objetivos del cuestionario:

Determinar cuáles de los 48 factores identificados en la literatura son los más relevantes para la selección de un ERP para el sector de la construcción.

Identificar cuales necesidades (funcionalidades) deben ser cubiertas por un ERP en este sector.

#### **5.3.1.1.2** Naturaleza de las preguntas:

En el primer objetivo del instrumento lo que se busca es conocer la percepción de los expertos con respecto a los factores que se identificaron previamente a través de la revisión de la literatura, por ello se hará una sola pregunta para este propósito y la medición que se usara es la escala de Likert. La escala de Likert original es un conjunto de declaraciones (elementos) que se enuncian para una situación real o hipotética en estudio. Se les pide a los participantes que muestren su nivel de acuerdo (desde muy en desacuerdo a muy de acuerdo) con la declaración dada (ítems) en una escala métrica (A. Joshi, Kale, Chandel, & Pal, 2015).

De acuerdo con lo anterior el planteamiento de la pregunta para este objetivo es:

- *Por favor califique la importancia de los siguientes factores que influyen en la selección de un ERP para el sector de la construcción (tenga en cuenta que: 1 No es importante, 2 Poco Importante,3 Neutral, 4 Importante, 5 Muy importante)*

| *FACTOR* | *Calificación* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *1* | *2* | *3* | *4* | *5* |
| *Costo inicial: Costo de adquisición, licencias, clientes instalados, redes, instalación de todo Hardware y software necesarios para la implementación del sistema* | | | | | |
| *Costo de implementación: Costo de consultoría, costo de reingeniería de procesos, costo de las personalizaciones y adaptaciones del sistema* | | | | | |
| *Costo de entrenamiento: Costo de entrenamiento de los usuarios en la utilización del sistema* | | | | | |
| *Costo de mantenimiento: Costo del mantenimiento del sistema una vez implementado, así como el costo de las actualizaciones cuando hay nuevas versiones disponibles.* | | | | | |
| *Condiciones comerciales: Condiciones de pago del producto o servicio, con relación a la licencia, leasing, implementación, entrenamiento y derechos sobre el código fuente, sobre versiones y upgrades.* | | | | | |
| *Prestación de servicios: Suministro de los tipos de servicios: SaaS (Software como servicio), IaaS (Infraestructura), CaaS (Comunicación), Damas (Desarrollo), PaaS (Plataforma).* | | | | | |
| *Garantía: Términos de garantía de prestación de servicios y calidad del sistema* | | | | | |
| *SLA (Acuerdo de nivel de servicio): El nivel de la prestación de servicio se define formalmente y existen mecanismos de monitoreo de los indicadores.* | | | | | |
| *Ajuste a la estrategia de negocio: El sistema está alineado con la estrategia de negocio de la empresa* | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Ajuste con la estrategia tecnológica: El sistema está alineado con la estrategia de tecnología de la empresa* | | | | | |
| *Gestión de cambios: Existen procedimientos de Gestión del cambio en el proyecto de implementación* | | | | | |
| *Tiempo de implementación: Tiempo gastado con cambios procedurales, consultoría, personalizaciones y adaptaciones del sistema.* | | | | | |
| *Tiempo de entrenamiento: Tiempo requerido para entrenar a todos los usuarios a aprender a utilizar el sistema en la operación del día a día.* | | | | | |
| *Tiempo de producción: Tiempo empleado en la operación del sistema (procedimientos de carga de información, copia de seguridad, recuperación, limpieza, etc.).* | | | | | |
| *Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades): En qué medida el conjunto de funcionalidades es adecuado a las necesidades del usuario. Es deseable que el sistema tenga solución vertical para atender al sector de la construcción.* | | | | | |
| *Interoperabilidad: El sistema se puede integrar fácilmente con otros sistemas.* | | | | | |
| *Cumplimiento: Hace que el sistema esté de acuerdo con las normas, convenciones o regulaciones previstas en leyes relacionadas con la aplicación.* | | | | | |
| *Mantenibilidad: La capacidad del sistema se modifica, incluyendo tanto las mejoras o extensiones de funcionalidad como las correcciones de defectos, así como las actualizaciones.* | | | | | |
| *Personalización: Facilidad de hacer personalizaciones en el sistema.* | | | | | |
| *Amigable con el usuario: Facilidad de uso del sistema por parte del usuario* | | | | | |
| *Creación de aplicaciones de usuario: Facilidad del usuario para crear nuevas aplicaciones mediante la exploración y consolidación de datos y la generación de pantallas e informes para satisfacer sus necesidades específicas* | | | | | |
| *Eficiencia: Nivel de rendimiento del sistema según la cantidad de recursos utilizados* | | | | | |
| *Modularidad: El sistema se compone de varios módulos que pueden interconectarse para trabajar diferentes áreas del negocio.* | | | | | |
| *Facilidad de aprendizaje: El sistema es intuitivo y no requiere de técnicas especializadas para su aprendizaje* | | | | | |
| *Facilidad de desarrollo interno: Facilidad de realizar desarrollo interno para mejoras del sistema* | | | | | |
| *Escalabilidad: Capacidad del sistema para soportar un aumento de carga cuando se requiere.* | | | | | |
| *Portabilidad: La capacidad del sistema se transfiere de un entorno a otro.* | | | | | |
| *Capacidad de actualización: El sistema permite realizar actualizaciones constantes de mejora en funcionalidades, optimización de código fuente, servicios y conectividad que le permitan estar a la vanguardia.* | | | | | |
| *Integración: El ERP es fácilmente integrable con otros software requeridos para el funcionamiento del negocio como: facturación electrónica, sistemas de los proveedores, bancos, BIM, etc..* | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Madurez: Representa la capacidad del sistema para evitar fallos derivados de defectos en el sistema, manteniendo un nivel estable de calidad* | | | | | |
| *Tolerancia a fallos: Evidencia de la capacidad de mantener un nivel de rendimiento especificado en casos de fallas en el sistema o de corte en las interfaces especificadas.* | | | | | |
| *Recuperación: Representa la capacidad de restablecer el nivel de rendimiento y recuperar los datos directamente afectados, en caso de fallo, en el tiempo y esfuerzo necesarios para ello.* | | | | | |
| *Seguridad: Representa la capacidad de evitar el acceso no autorizado, accidental o deliberado a programas y datos del sistema* | | | | | |
| *Plataforma independiente: El sistema se puede instalar en diferentes tipos de plataforma.* | | | | | |
| *Adecuación de la arquitectura técnica: La estructura de la arquitectura técnica del sistema está de acuerdo con la plataforma actual de la empresa* | | | | | |
| *Idiomas y herramientas de desarrollo: Los lenguajes y herramientas de desarrollo del sistema están alineados con la política de TI de la empresa* | | | | | |
| *Servicio de Internet: El sistema hace uso de las facilidades del internet y así mismo es estable ante posibles fallas del servicio* | | | | | |
| *Documentación para el usuario: Existe documentación sobre el uso del sistema y esta es de fácil comprensión por parte del usuario* | | | | | |
| *Documentación técnica: Existe documentación técnica sobre el ERP, esta es de fácil comprensión para el personal implicado y los usuarios* | | | | | |
| *Solidez financiera: Existe una solidez financiera por parte del proveedor del sistema y la estabilidad para garantizar la continuidad del producto* | | | | | |
| *Credenciales de proveedor: Evaluación de los clientes en relación con los servicios prestados por el proveedor y la existencia de clientes representativos.* | | | | | |
| *Sostenibilidad y responsabilidad social: El proveedor del sistema está comprometido con la sostenibilidad y la responsabilidad social en su empresa* | | | | | |
| *Disponibilidad de recursos: El proveedor tiene disponibilidad de recursos adecuados y calificados para realizar los servicios contratados por el cliente, así como tiene facilidad de formar consultores* | | | | | |
| *R&D: El proveedor del sistema invierte en entrenamiento, investigación y desarrollo (I & D), demostrando habilidad y experiencia en I & D.* | | | | | |
| *Experiencia del proveedor: El proveedor tiene experiencia en la implementación del sistema ERP en otras empresas del mismo sector.* | | | | | |
| *Servicio de soporte: Proporciona servicios de asesoría, consultoría, mantenimiento, desarrollo, infraestructura, y proporciona apoyo a varios países (alcance geográfico).* | | | | | |
| *Relación entre clientes y proveedores: Existe una buena relación y comunicación entre el proveedor del sistema y los usuarios de la empresa adoptiva.* | | | | | |
| *Tiempo de servicio: El proveedor del sistema tiene la capacidad de responder rápidamente a las solicitudes de servicio de los usuarios.* | | | | | |

El segundo objetivo busca conocer cuáles son las necesidades del sector de la construcción que debería cubrir un ERP para ser seleccionado. Para dar cumplimiento a este objetivo se plantean dos preguntas abiertas. Las preguntas abiertas permiten a los encuestados responder con sus propias palabras, también le permiten al investigador explorar ideas que de otra manera no serían transmitidas y son útiles cuando se buscan ideas adicionales (Priscilla, 2005). Los datos de texto cualitativos en forma de respuestas breves y abiertas de una encuesta a menudo se obtienen en la investigación organizacional para recopilar nueva información sobre una experiencia o un tema, para explicar o aclarar hallazgos cuantitativos y para explorar diferentes dimensiones de las experiencias de los encuestados (Jackson & Trochim, 2002):

- *Según su conocimiento y experiencia mencione procesos de negocio específicos del sector de la construcción que le gustaría encontrar en un sistema de información. (Ejemplo: Proceso de subcontratos, Proceso de licitaciones, Presupuestos, Compra de material. etc.)*
- *3. ¿Cuáles son las funcionalidades básicas que debe tener un ERP para una empresa de construcción? (Ejemplo: pago automático a proveedores, contabilización de consumo de material, facturación de avance de obra, que se pueda usar en dispositivos móviles, que sea compatible con otros programas como Project, BIM, etc.)*

- Estructura del cuestionario:

El instrumento diseñado se compone de 9 páginas distribuidas de la siguiente manera:
Página 1: Propósito de la investigación y recopilación de los datos del respondiente
Pagina 2: Definición de ERP
Páginas 3-7: Pregunta tipo Likert con el listado de los 48 factores agrupados por categorías para facilitar el contexto y lectura a los respondientes
Página 8: Dos preguntas abiertas para identificar las necesidades del sector en materia de sistemas de información
Página 9: Agradecimiento por la participación

- Herramienta para elaboración del cuestionario:

Survey Monkey es un programa de Internet y un sitio de alojamiento que le permite a una persona desarrollar una encuesta para usar en Internet (Waclawski, 2012). En el pasado,

las encuestas normalmente se imprimían y se remitían en papel a las personas para completar las respuestas. Con la introducción de las encuestas en línea, la recopilación de comentarios se hizo muy fácil, ya que se eliminó el elemento manual del proceso de recopilación.

Las preguntas que permite añadir a la encuesta abarcan tres categorías: cerradas, abiertas y descriptivas. Cuenta también con varios tipos de respuesta: respuesta única, opción múltiple con respuestas múltiples, escala de calificación y 3 preguntas de tipo matriz en la categoría cerrada. Entre las preguntas abiertas se pueden elegir: un solo cuadro de texto, varios cuadros de texto, cuadro de ensayo, cuadros de texto numérico, detalles demográficos y cuadro de fecha / hora (SurveyMonkey, 2019).

La herramienta también cuenta con personalización de la encuesta añadiendo: selección aleatoria de opciones de respuesta, presentar una barra de finalización de la encuesta, agregar páginas numeradas automáticamente, brindar opciones para que las preguntas requieran respuestas y controlar la entrada de datos mediante validación (ejemplo en la pregunta tipo Likert debe haber una respuesta por fila) (Symonds, 2011). El uso de esta herramienta es pertinente para la investigación de acuerdo con las características de la metodología usada puesto que el cuestionario se puede administrar / enviar a los usuarios a través de varias formas: correo electrónico, enlace web, Facebook, enlace de inserción en la página web, enlace a través de Twitter y ventanas emergentes de sitios web. El cuestionario aplicado en la ronda 1 se presenta en el Anexo A.

### 5.3.2 Resultados de la Ronda 1

- Análisis de la importancia de los 48 factores identificados en la literatura científica

En el Anexo B se presenta la recopilación de los datos de la pregunta tipo Likert en la que se le solicitó a los expertos calificar la importancia de cada uno de los 48 factores. La siguiente tabla muestra la frecuencia absoluta de las respuestas a cada factor:

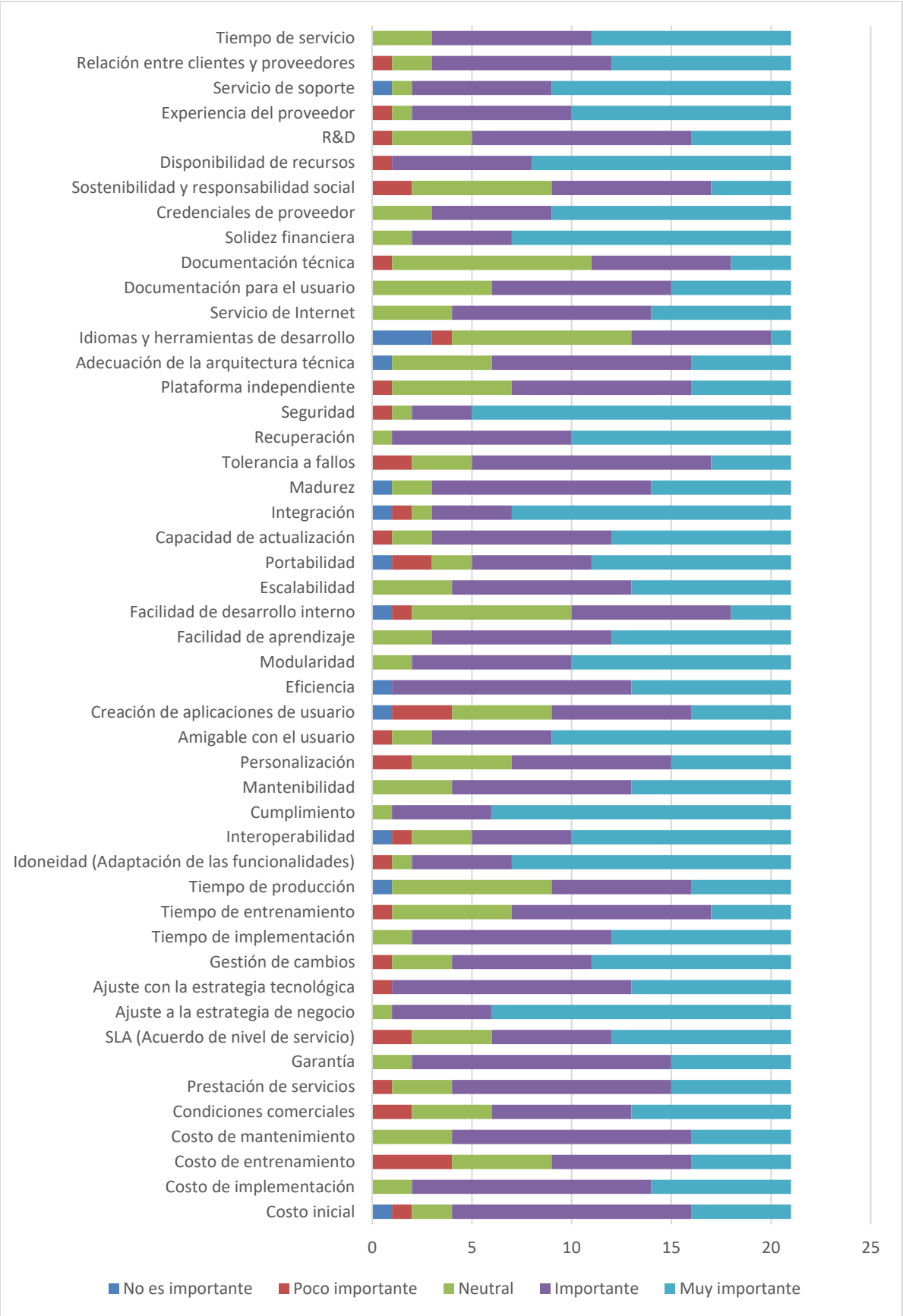
**Tabla 15.** Tabla de frecuencias de las respuestas de la pregunta tipo Likert. Elaboración propia.

| Factor | No es importante | Poco importante | Neutral | Importante | Muy importante | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Costo inicial | 1 | 1 | 2 | 12 | 5 | 21 |
| Costo de implementación | 0 | 0 | 2 | 12 | 7 | 21 |
| Costo de entrenamiento | 0 | 4 | 5 | 7 | 5 | 21 |
| Costo de mantenimiento | 0 | 0 | 4 | 12 | 5 | 21 |
| Condiciones comerciales | 0 | 2 | 4 | 7 | 8 | 21 |
| Prestación de servicios | 0 | 1 | 3 | 11 | 6 | 21 |
| Garantía | 0 | 0 | 2 | 13 | 6 | 21 |
| SLA (Acuerdo de nivel de servicio) | 0 | 2 | 4 | 6 | 9 | 21 |
| Ajuste a la estrategia de negocio | 0 | 0 | 1 | 5 | 15 | 21 |
| Ajuste con la estrategia tecnológica | 0 | 1 | 0 | 12 | 8 | 21 |
| Gestión de cambios | 0 | 1 | 3 | 7 | 10 | 21 |
| Tiempo de implementación | 0 | 0 | 2 | 10 | 9 | 21 |
| Tiempo de entrenamiento | 0 | 1 | 6 | 10 | 4 | 21 |
| Tiempo de producción | 1 | 0 | 8 | 7 | 5 | 21 |
| Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades) | 0 | 1 | 1 | 5 | 14 | 21 |
| Interoperabilidad | 1 | 1 | 3 | 5 | 11 | 21 |
| Cumplimiento | 0 | 0 | 1 | 5 | 15 | 21 |
| Mantenibilidad | 0 | 0 | 4 | 9 | 8 | 21 |
| Personalización | 0 | 2 | 5 | 8 | 6 | 21 |
| Amigable con el usuario | 0 | 1 | 2 | 6 | 12 | 21 |
| Creación de aplicaciones de usuario | 1 | 3 | 5 | 7 | 5 | 21 |
| Eficiencia | 1 | 0 | 0 | 12 | 8 | 21 |
| Modularidad | 0 | 0 | 2 | 8 | 11 | 21 |
| Facilidad de aprendizaje | 0 | 0 | 3 | 9 | 9 | 21 |
| Facilidad de desarrollo interno | 1 | 1 | 8 | 8 | 3 | 21 |
| Escalabilidad | 0 | 0 | 4 | 9 | 8 | 21 |
| Portabilidad | 1 | 2 | 2 | 6 | 10 | 21 |
| Capacidad de actualización | 0 | 1 | 2 | 9 | 9 | 21 |
| Integración | 1 | 1 | 1 | 4 | 14 | 21 |
| Madurez | 1 | 0 | 2 | 11 | 7 | 21 |
| Tolerancia a fallos | 0 | 2 | 3 | 12 | 4 | 21 |
| Recuperación | 0 | 0 | 1 | 9 | 11 | 21 |
| Seguridad | 0 | 1 | 1 | 3 | 16 | 21 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Plataforma independiente | 0 | 1 | 6 | 9 | 5 | 21 |
| Adecuación de la arquitectura técnica | 1 | 0 | 5 | 10 | 5 | 21 |
| Idiomas y herramientas de desarrollo | 3 | 1 | 9 | 7 | 1 | 21 |
| Servicio de Internet | 0 | 0 | 4 | 10 | 7 | 21 |
| Documentación para el usuario | 0 | 0 | 6 | 9 | 6 | 21 |
| Documentación técnica | 0 | 1 | 10 | 7 | 3 | 21 |
| Solidez financiera | 0 | 0 | 2 | 5 | 14 | 21 |
| Credenciales de proveedor | 0 | 0 | 3 | 6 | 12 | 21 |
| Sostenibilidad y responsabilidad social | 0 | 2 | 7 | 8 | 4 | 21 |
| Disponibilidad de recursos | 0 | 1 | 0 | 7 | 13 | 21 |
| R&D | 0 | 1 | 4 | 11 | 5 | 21 |
| Experiencia del proveedor | 0 | 1 | 1 | 8 | 11 | 21 |
| Servicio de soporte | 1 | 0 | 1 | 7 | 12 | 21 |
| Relación entre clientes y proveedores | 0 | 1 | 2 | 9 | 9 | 21 |
| Tiempo de servicio | 0 | 0 | 3 | 8 | 10 | 21 |

Como apoyo visual se construye el grafico de barras apiladas que se presenta a continuación ya que un histograma no permite apreciar el resultado global. Este grafico muestra que existe un consenso por parte de los expertos al calificar la mayoría de los factores como importantes o muy importantes.

**Ilustración 21.** Gráfico de barras apiladas: Importancia de los factores según los expertos. Elaboración propia.


Tiempo de servicio
Relación entre clientes y proveedores
Servicio de soporte
Experiencia del proveedor
R&D
Disponibilidad de recursos
Sostenibilidad y responsabilidad social
Credenciales de proveedor
Solidez financiera
Documentación técnica
Documentación para el usuario
Servicio de Internet
Idiomas y herramientas de desarrollo
Adecuación de la arquitectura técnica
Plataforma independiente
Seguridad
Recuperación
Tolerancia a fallos
Madurez
Integración
Capacidad de actualización
Portabilidad
Escalabilidad
Facilidad de desarrollo interno
Facilidad de aprendizaje
Modularidad
Eficiencia
Creación de aplicaciones de usuario
Amigable con el usuario
Personalización
Mantenibilidad
Cumplimiento
Interoperabilidad
Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades)
Tiempo de producción
Tiempo de entrenamiento
Tiempo de implementación
Gestión de cambios
Ajuste con la estrategia tecnológica
Ajuste a la estrategia de negocio
SLA (Acuerdo de nivel de servicio)
Garantía
Prestación de servicios
Condiciones comerciales
Costo de mantenimiento
Costo de entrenamiento
Costo de implementación
Costo inicial
0
5
10
15
20
25
No es importante
Poco importante
Neutral
Importante
Muy importante

De los 48 factores el 96% ha sido calificado por la mayoría de los expertos como importantes o muy importantes y solo dos de ellos con una importancia neutral, ninguno de los factores ha sido descartado como poco importante o nada importante por el grupo de expertos, la tabla que se presenta a continuación se construyó a partir de la moda de cada factor:

**Tabla 16.** Importancia Global del listado de factores. Elaboración propia.

| | | |
|---|---|---|
| Total Factores | 48 | 100% |
| Muy Importantes | 17 | 35% |
| Importantes | 29 | 60% |
| Neutrales | 2 | 4% |

Este resultado permite confirmar que de los 48 factores identificados en la literatura científica para el caso del sector de la construcción en Colombia 46 factores son determinantes para la selección del ERP. Estos factores son:

Costo inicial, Costo de implementación, Costo de entrenamiento, Costo de mantenimiento, Condiciones comerciales, Prestación de servicios, Garantía, SLA (Acuerdo de nivel de servicio), Ajuste a la estrategia de negocio, Ajuste con la estrategia tecnológica, Gestión de cambios, Tiempo de implementación, Tiempo de entrenamiento, Tiempo de producción, Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades), Interoperabilidad, Cumplimiento, Mantenibilidad, Personalización, Amigable con el usuario, Creación de aplicaciones de usuario, Eficiencia, Modularidad, Facilidad de aprendizaje, Escalabilidad, Portabilidad, Capacidad de actualización, Integración, Madurez, Tolerancia a fallos, Recuperación, Seguridad, Plataforma independiente, Adecuación de la arquitectura técnica, Idiomas y herramientas de desarrollo, Servicio de Internet, Documentación para el usuario, Solidez financiera, Credenciales de proveedor, Sostenibilidad y responsabilidad social, Disponibilidad de recursos, R&D, Experiencia del proveedor, Servicio de soporte, Relación entre clientes y proveedores, Tiempo de servicio.

Los dos factores que no son determinantes según el consenso de los expertos son: Creación de aplicaciones de usuario y Documentación técnica.

Al usar escalas tipo Likert, es imperativo calcular e informar el alfa de Cronbach, Coeficiente de confiabilidad de consistencia interna para cualquier escala o subescalas que se pueda estar usando. El análisis de los datos debe utilizar estas escalas o subescalas sumadas y no elementos individuales (Gliem & Gliem, 2003).

**Tabla 17.** Cálculo del Alfa de Cronbach. Elaboración propia.

| Factor | E21 | E20 | E19 | E18 | E17 | E16 | E15 | E14 | E13 | E12 | E11 | E10 | E9 | E8 | E7 | E6 | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 | Varianza |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 1 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1.0 |
| 2 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 0.4 |
| 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 1.1 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 0.4 |
| 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 | 1.0 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 0.6 |
| 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 0.4 |
| 8 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 1.0 |
| 9 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0.3 |
| 10 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 0.5 |
| 11 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 0.8 |
| 12 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0.4 |
| 13 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 0.7 |
| 14 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 1 | 4 | 1.0 |
| 15 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 0.7 |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1.3 |
| 17 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 0.3 |
| 18 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 0.6 |
| 19 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 0.9 |
| 20 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 0.7 |
| 21 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1.4 |
| 22 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 0.8 |
| 23 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0.5 |
| 24 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 0.5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 | 1.0 |
| 26 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 0.6 |
| 27 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 2 | 5 | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 1 | 4 | 1.4 |
| 28 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 0.7 |
| 29 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 1 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 1.2 |
| 30 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0.9 |
| 31 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 0.7 |
| 32 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 0.4 |
| 33 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0.6 |
| 34 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 2 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 0.7 |
| 35 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 0.9 |
| 36 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1.2 |
| 37 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 0.5 |
| 38 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 0.6 |
| 39 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 2 | 3 | 0.7 |
| 40 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 0.5 |
| 41 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 0.6 |
| 42 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 0.8 |
| 43 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 0.6 |
| 44 | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 0.6 |
| 45 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 0.6 |
| 46 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 0.9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 47 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 0.7 |
| 48 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 0.5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | σ2x=35.5 |
| SUM | 200 | 189 | 179 | 212 | 213 | 172 | 207 | 216 | 193 | 201 | 201 | 205 | 154 | 200 | 194 | 196 | 239 | 199 | 209 | 171 | 205 | Σσ2y=329.0 |

Realizando el cálculo del alfa de Cronbach según la fórmula:

$$\alpha = \frac{N}{N-1}\left(\frac{\sigma_x^2 - \sum_{i=1}^{N}\sigma_{yi}^2}{\sigma_x^2}\right) = \frac{48}{47}\left(\frac{329.0 - 35.5}{329.0}\right) = 0.91$$

Dado que el Alfa de Cronbach es mayor a 0.7, este es criterio suficiente para garantizar la fiabilidad del instrumento (Triana, 2017), es posible decir que a pregunta tipo Likert de la ronda 1 es fiable.

- Análisis de las preguntas abiertas

Un análisis de contenido sistemático enfocado en identificar patrones y temas subyacentes en los datos se aplicó como el método de análisis cualitativo general para estas dos preguntas (Høyland, Holte, Gressgård, Hansen, & Solberg, 2019).

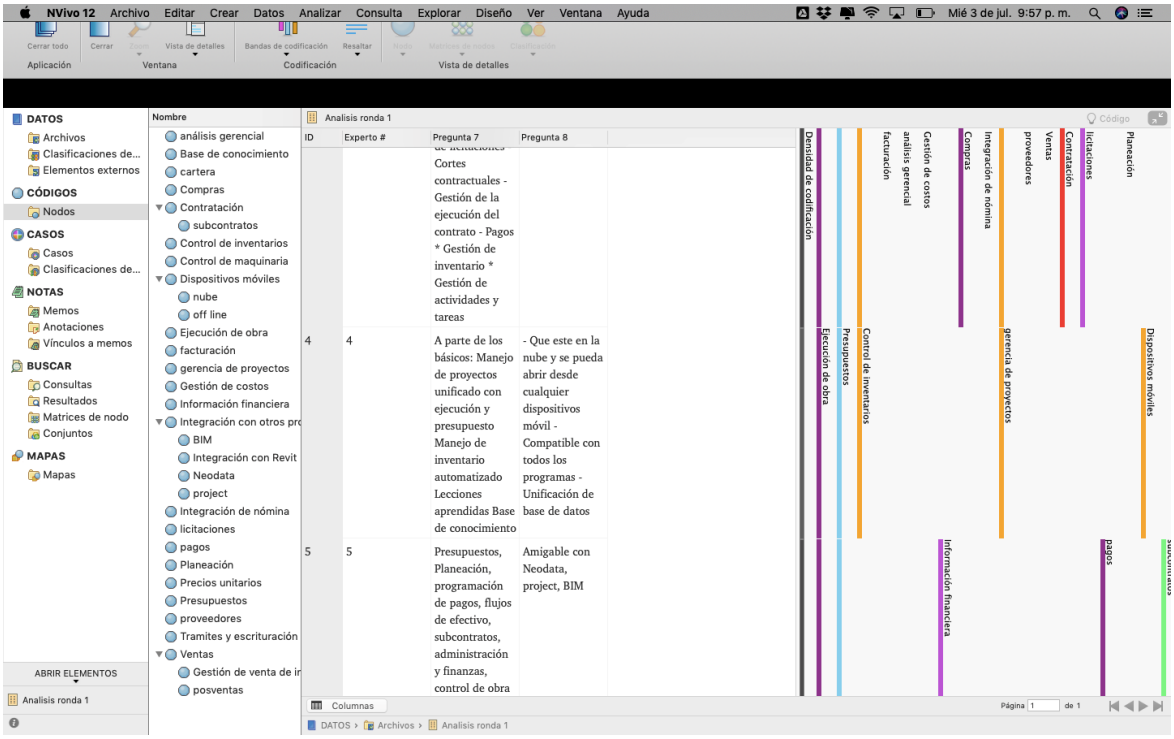
Se empleo un programa CAQDAS (Computer- Assisted Qualitative Data Analysis Software) llamado NVivo 12, los programas CAQDAS utilizan códigos para asignar datos a categorías de análisis. Típicamente, estos códigos consisten en temas, conceptos, procesos o contextos clave basados en teorías de la tradición académica del investigador y el propósito del análisis (Franzosi, Doyle, McClelland, Putnam Rankin, & Vicari, 2013).

El análisis de contenido significa analizar los contenidos de las entrevistas para identificar los temas principales que surgen de las respuestas de los encuestados. Este proceso implica una serie de pasos (R. Kumar, 2011):

- Identificar los temas principales.
- Asignar códigos a los temas principales.
- Clasificar las respuestas bajo los temas principales.
- Integrar temas y respuestas en el texto del informe.

Siguiendo estos pasos los textos de las respuestas a las preguntas 7 y 8 de la primera ronda (listados por número de experto en el Anexo C se codificaron como se muestra a continuación con los nodos:

**Ilustración 22.** Codificación de las preguntas de tipo cualitativo en NVIVO.



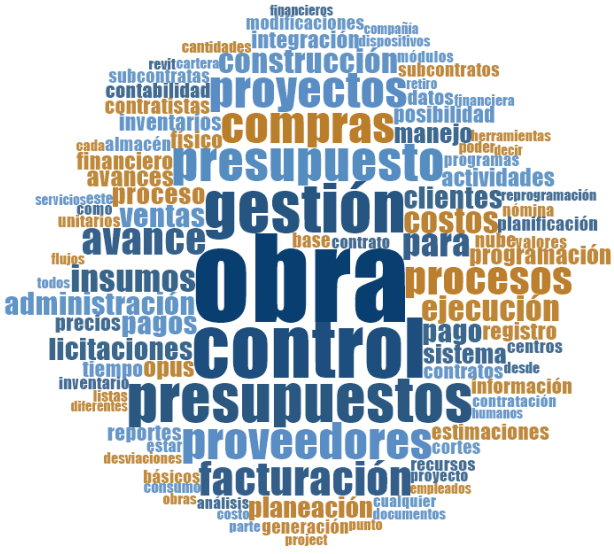

El enfoque que se utilizó para codificar el texto no tiene una plantilla de codificación inicial a priori, esto es apropiado para este estudio porque ninguna investigación anterior había descrito el fenómeno. El documento con la compilación de las respuestas se importó a QSR NVivo 12. El segundo paso del análisis fue la codificación inicial, este paso incluyó la búsqueda de características interesantes en los datos utilizando la herramienta de resaltado para marcar el texto. Se implementó un proceso iterativo para confirmar que no había más temas y subtemas potenciales. Esto significó que el proceso alcanzó la saturación teórica. Finalmente, la lista de nodos quedo consolidada (Wipulanusat, Panuwatwanich, Stewart, & Sunkpho, 2019).

El treemap es la visualización de los resultados de las consultas de frecuencia de palabras (Guo, 2019). En la siguiente imagen se muestra la relación entre los nodos del contenido de las preguntas 7 y 8 de la ronda 1. De manera generalizada los expertos expresan que la ejecución de obra, los presupuestos y las contrataciones son temáticas cruciales y las más nombradas a través de sus discursos, en menor medida el control de inventarios, la integración con otras herramientas de software como BIN, Project y Neodata así como la información financiera y análisis gerencial.

**Ilustración 23**. Treemap de los nodos para las preguntas relativas a las necesidades funcionales de un ERP para construcción. Extraído de Nvivo, Elaboración propia.

A continuación se muestra la nube de palabras construida a partir del análisis de frecuencia de palabras que se aplica al análisis de contenido, la nube de palabras en NVivo es una técnica para evaluar la relevancia de los datos obtenidos o recopilados para el tema de investigación (Dakhil, Underwood, & Al Shawi, 2019), estos fueron los términos más recurrentes en las opiniones de los expertos:

**Ilustración 24.** Nube de palabras de las necesidades del sector de la construcción para la selección de un ERP. Fuente: Nvivo



De manera generalizada los expertos expresaron que un ERP para el sector de la construcción en Colombia debe tener en cuenta como eje central todo el ciclo de gestión de obra, esto implica la articulación de los módulos tradicionales de un ERP como lo son compras, ventas y administración financiera junto con la parte seminal del control de la ejecución de las obras, esto es desde la concepción del presupuesto seguimiento de las desviaciones del mismo, pasando por las compras de insumos (integrando las respectivas listas de precios), la subcontratación de servicios, el consumo de materiales llevando el control del inventario, así como la asignación de costos a la obra, los pagos a proveedores y la facturación de la ejecución de obra destacando en este aspecto el avance físico y financiero para la facturación a los clientes, todo ello vinculado a la analítica financiera y de gestión de proyectos que permita analizar la rentabilidad y otros indicadores del rendimiento del negocio.

## 5.3.3 Ronda 2

- Diseño del cuestionario 2

#### **5.3.3.1.1** Objetivos del cuestionario

En el segundo cuestionario se incluye el termino: «Coeficiente de competencia experta» o «Coeficiente K», que se obtiene a partir de la autovaloración realizada por la persona para determinar su competencia experta en la materia objeto de la investigación; se obtiene mediante la fórmula K = ½ (Kc + Ka), donde Kc es el «Coeficiente de conocimiento» o información que tiene el experto acerca del tema o problema planteado; y Ka es el denominado «Coeficiente de argumentación» o fundamentación de los criterios de los expertos (Cabero Almenara & Barroso Osuna, 2013).

Con respecto a la primera ronda dado que hubo consenso en la calificación de la importancia de los factores para la selección de un ERP para construcción, el interés en esta segunda ronda es establecer la prioridad de estos según el juicio de los expertos.

El análisis cuantitativo de la ronda 1 dio como resultado una lista de necesidades/ funcionalidades que los expertos mencionaron son imperativas que un ERP supla, en este segundo cuestionario se busca acotar dichas funcionalidades a las más relevantes según la valoración del grupo de expertos.

#### **5.3.3.1.2** Naturaleza de las preguntas

En concordancia con los objetivos de la Ronda 2 se plantean 5 preguntas:

*Nombre y correo electrónico del experto*, esto con el fin de identificar las respuestas y vincularlas a las respuestas de la ronda 1.

Las preguntas 2 (Ka) y 3 (Kc) son relativas al perfil del experto, las respuestas contribuyen al cálculo de K:

*Auto valore el grado de influencia que cada una de las fuentes que se le presentan a continuación ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el tema de investigación "Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción"*

Las fuentes de argumentación se valoran en una escala de tres niveles (Bajo Medio Alto) y el listado a evaluar es:

- Análisis teórico realizado por usted
- Su experiencia obtenida de su actividad práctica
- Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos
- Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros
- Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el país o extranjero
- Su intuición sobre el tema abordado

*Marque en la casilla que corresponde el grado de conocimiento que usted posee acerca de temáticas como las siguientes: ERP, Selección de sistema de información, procesos de negocio del sector de la construcción. Valorándose en una escala de 0 a 10 (0 no tiene ningún conocimiento 10 pleno conocimiento)*

La pregunta 4 obedece al interés de organizar por prioridad los factores que ya han sido considerados como determinantes para la selección de un ERP

*Establezca la prioridad de los siguientes grupos de factores:*

*_Factores financieros*

*_Factores de negocio*

*_Factores de software*

*_Factores de proveedor*

*_Factores tecnológicos*

La siguiente pregunta se construyó a partir de los nodos identificados con NVivo en el análisis de la ronda 1.

*Seleccione del siguiente listado aquellas funcionalidades/características que considera indispensable sen un ERP para el sector de la construcción:* (ver lista completa en el Anexo D)

- Estructura del cuestionario

Página 1. Agradecimiento por participar en la ronda 1 y explicación del cuestionario de la ronda 2
Página 2. Perfil del experto (identificación con nombre y correo electrónico, pregunta para establecer Ka y pregunta para establecer Kc)
Página 3. Priorización de los grupos de factores
Página 4.

- Herramienta para elaboración del cuestionario:

El cuestionario de la Ronda dos se elaboró en SurveyMonkey y la distribución se hizo a través del link: https://es.surveymonkey.com/r/Q3CYC5Y
El cuestionario completo puede consultarse en el Anexo D

## 5.3.4 Resultados de la Ronda 2

- Cálculo del coeficiente de competencia experta:

La pregunta 2 busca establecer Ka para cada experto, se usa la tabla de Valoración de las fuentes de argumentación para la obtención del «Coeficiente de Argumentación» (Ka) según lo plantea (Cabero Almenara & Barroso Osuna, 2013):

**Tabla 18.** Valoración de las fuentes de argumentación para la obtención de «Coeficiente de Argumentación» (Ka). Elaboración propia basada en:(Cabero Almenara & Barroso Osuna, 2013)

| Fuente de argumentación | Grado de Influencia de cada una de las fuentes en sus criterios | | |
|---|---|---|---|
| | Alto | Medio | Bajo |
| Análisis teórico realizado por usted | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| Su experiencia obtenida de su actividad práctica | 0,5 | 0,4 | 0,2 |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el país o extranjero | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Su intuición sobre el tema abordado | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

A partir de la tabla anterior y según las respuestas de los expertos que se pueden consultar en el Anexo E los coeficientes de argumentación por experto se presentan a continuación:

**Tabla 19.** Cálculo de los coeficientes de argumentación. Elaboración propia

| Fuente de argumentación | E21 | E20 | E19 | E18 | E17 | E16 | E15 | E14 | E13 | E12 | E11 | E10 | E9 | E8 | E7 | E6 | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Análisis teórico realizado por usted | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| Su experiencia obtenida de su actividad práctica | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores colombianos | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el país o extranjero | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Su intuición sobre el tema abordado | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Ka | 1 | 0.8 | 1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0.9 | 0.8 | 1 | 1 | 0.6 | 0.8 | 1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |

De acuerdo con la tabla anterior y la respuesta a la pregunta 3 de la Ronda 2 (con la que se busca establecer Kc, Grado de conocimiento, las respuestas de los expertos se pueden consultar en el Anexo F) se presenta a continuación el coeficiente de Competencia experta calculado según la fórmula K = ½ (Kc + Ka):

**Tabla 20.** Coeficiente de competencia experta. Elaboración propia

| Experto | Ka | Kc | K |
|---|---|---|---|
| E21 | 1 | 1 | 1 |
| E20 | 0.8 | 0.7 | 0.75 |
| E19 | 1 | 0.9 | 1 |
| E18 | 0.9 | 0.8 | 0.85 |
| E17 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| E16 | 0.9 | 0.6 | 0.75 |
| E15 | 1 | 1 | 1 |
| E14 | 0.8 | 0.7 | 0.75 |
| E13 | 0.8 | 1 | 0.9 |
| E12 | 1 | 1 | 1 |
| E11 | 0.9 | 0.8 | 0.85 |
| E10 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| E9 | 1 | 0.9 | 0.95 |
| E8 | 1 | 0.7 | 0.85 |
| E7 | 0.6 | 0.8 | 0.7 |
| E6 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| E5 | 1 | 0.8 | 0.9 |
| E4 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| E3 | 0.9 | 1 | 0.95 |
| E2 | 0.9 | 0.7 | 0.8 |
| E1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |

Con los valores finales obtenidos se clasifican los expertos en tres grupos (Cabero Almenara & Barroso Osuna, 2013):

- Si K es mayor a 0,8, mayor o menor o igual a 1: entonces hay influencia alta de todas las fuentes.
- Si K es mayor o igual que 0,7, mayor o menor o igual a 0,8: entonces hay influencia media de todas las fuentes
- Si K es mayor o igual a 0,5, mayor o menor o igual a 0,7 entonces hay influencia baja de todas las fuentes.

Aquellos expertos analizados que hubieran obtenido valores inferiores a 0,8 no son contemplados en el estudio, por lo que para el análisis de las siguientes dos preguntas se tienen en cuenta las respuestas de los expertos con K≥0,8.

- Priorización de factores

En la segunda ronda el interés por establecer un orden de prioridad en los grupos de factores dio como resultado la pregunta 4, de la que la tabulación de resultados se presenta a continuación (las respuestas por experto se pueden consultar en el Anexo G):

**Tabla 21.** Consolidado Ranking de grupos de factores. Elaboración propia

| Grupo de factores | Rank 1 | Rank 2 | Rank 3 | Rank 4 | Rank 5 | Total respuestas | Total Puntaje | Rank |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Factores financieros | 1 | 5 | 5 | 3 | 3 | 17 | 49 | 3 |
| Factores de negocio | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 17 | 53 | 2 |
| Factores de Software | 12 | 1 | 3 | 1 | 0 | 17 | 75 | 1 |
| Factores de Proveedor | 0 | 2 | 2 | 3 | 10 | 17 | 30 | 5 |
| Factores tecnológicos | 0 | 6 | 4 | 5 | 2 | 17 | 48 | 4 |
| Total | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | | |

Con respecto a la prioridad que los expertos dan a los grupos de factores señalados se puede apreciar que para el grupo prevalecen los factores de software (Tiempo, Funcionalidad, Usabilidad, Flexibilidad, Fiabilidad), seguidos por los factores de negocio (asociados a la estrategia tanto empresarial como tecnológica), en tercer lugar los factores financieros (cuyos pilares son el Costo total y las Condiciones contractuales), los factores

tecnológicos (Plataforma técnica y Servicios) los ´posicionaron en cuarto lugar y finalmente los expertos consideran que grupo de factores que se sitúa en el quinto lugar son los factores asociados al proveedor como lo son: Perfil de proveedor, Capacidad técnica y Soporte.

- Identificación de necesidades de sistemas de información gerencial para construcción

Según los nodos identificados con NVivo se extrajo el listado de características y funcionalidades deseables en un ERP para construcción con el fin de someterlo al juicio de los expertos en la segunda ronda, con respecto a esta pregunta se obtuvo la siguiente tabla de frecuencias:

**Tabla 22.** Funcionalidades destacadas por el grupo de expertos como indispensables en un ERP para construcción. Elaboración propia

| Funcionalidad | Frecuencia |
|---|---|
| Generación masiva de pagos | 10 |
| Registro automático de compras y servicios | 5 |
| Control presupuestal | 13 |
| Gestión de nómina | 12 |
| Facturación a clientes | 14 |
| Informes gerenciales móviles | 7 |
| Que este en la nube y se pueda abrir desde cualquier dispositivos móvil | 9 |
| Amigable con Neodata, project, BIM | 8 |
| Ingreso y control de Planeación | 7 |
| Manejo línea base por proyecto | 8 |
| Gestión de actividades | 5 |
| Registro avance de obra | 11 |
| Control avance financiero | 7 |
| Consumo de materiales/insumos/productos/recursos | 8 |
| Gestión de costos de los proyectos | 7 |
| Recursos humanos con lista de raya y conexión a entornos de gobierno para pago de empleados específicos de la construcción. | 6 |
| La posibilidad de trabajar off line. | 7 |
| Control de presupuesto, sobre todo en el manejo del anticipo | 8 |
| Control de Tiempos y Movimientos | 0 |
| Control de Subcontratos | 7 |
| Control de afiliación y retiro de los trabajadores del sistema de seguridad social | 6 |

| | |
|---|---|
| Licitaciones | 8 |
| Listas de precios de insumos presupuestos | 5 |
| Subcontratas | 3 |
| Programación de obra y reprogramación | 6 |
| Modificaciones al presupuesto | 5 |
| Almacén compras de insumos | 7 |
| Registro de avance físico | 2 |
| Facturación a proveedores | 4 |
| Pago a proveedores | 8 |
| Pago a clientes | 2 |
| Reportes básicos de costos de obra | 5 |
| Desviaciones en presupuesto | 8 |
| Avance físico y financiero | 7 |

De las opiniones de los expertos se puede resaltar que más del 50 % considera que las funcionalidades indiscutibles en un ERP son: Facturación a clientes, Control presupuestal, Gestión de nómina, Generación masiva de pagos, Registro avance de obra, Consumo de materiales/insumos/productos/recursos, Licitaciones, Pago a proveedores, Desviaciones en presupuesto, Que este en la nube y se pueda abrir desde cualquier dispositivos móvil, Amigable con Neodata, project, BIM, Avance físico y financiero de las obras.

### 5.3.5 Determinar la finalización de las rondas

Si bien el objetivo es ciertamente lograr un fuerte consenso, la terminación de un panel puede ocurrir debido a una variedad de razones. El escenario ideal para la terminación es cuando un panel se cierra porque se ha alcanzado un consenso. Un panel también puede terminar porque ha alcanzado un número preestablecido de iteraciones y la continuación resultaría en fatiga del panelista. Por último, un panel puede terminar si las rondas de clasificación subsiguientes no resultan en una diferencia estadísticamente significativa en el consenso (Worrell, Di Gangi, & Bush, 2013).

En la ronda 1 el enfoque consistió en contrastar la lista de factores depurada de la revisión de la literatura con la realidad del sector de la construcción en Colombia, los expertos calificaron en su mayoría como importantes los factores presentados, debido a que la lista es extensa se analizó si continuar con la misma pregunta en la ronda 2 puesto que esto podía causar fatiga en el panel y deserción de algunos expertos por lo que se tomó en

cuenta el coeficiente de variación para determinar la dispersión de los datos con respecto a esta pregunta.

**Tabla 23.** Cálculos estadísticos para la calificación de la importancia de factores en la ronda 1. Elaboración propia.

| Factor | Moda | Mediana | Promedio | Desv estándar | Coeficiente de variación | RIQ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Costo inicial | 4 | 4 | 3.9 | 1.0 | 0.3 | 0.5 |
| Costo de implementación | 4 | 4 | 4.2 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| Costo de entrenamiento | 4 | 4 | 3.6 | 1.1 | 0.3 | 1.5 |
| Costo de mantenimiento | 4 | 4 | 4.0 | 0.7 | 0.2 | 0.5 |
| Condiciones comerciales | 5 | 4 | 4.0 | 1.0 | 0.3 | 2.0 |
| Prestación de servicios | 4 | 4 | 4.0 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Garantía | 4 | 4 | 4.2 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| SLA (Acuerdo de nivel de servicio) | 4 | 4 | 4.0 | 1.0 | 0.3 | 2.0 |
| Ajuste a la estrategia de negocio | 5 | 5 | 4.7 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| Ajuste con la estrategia tecnológica | 4 | 4 | 4.3 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Gestión de cambios | 5 | 4 | 4.2 | 0.9 | 0.2 | 1.0 |
| Tiempo de implementación | 5 | 5 | 4.3 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Tiempo de entrenamiento | 4 | 4 | 3.8 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Tiempo de producción | 4 | 4 | 3.7 | 1.0 | 0.3 | 1.5 |
| Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades) | 5 | 5 | 4.5 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Interoperabilidad | 5 | 4 | 4.1 | 1.2 | 0.3 | 1.5 |
| Cumplimiento | 5 | 5 | 4.7 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| Mantenibilidad | 4 | 4 | 4.2 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Personalización | 4 | 4 | 3.9 | 1.0 | 0.2 | 2.0 |
| Amigable con el usuario | 5 | 5 | 4.4 | 0.9 | 0.2 | 1.0 |
| Creación de aplicaciones de usuario | 3 | 3 | 3.6 | 1.2 | 0.3 | 1.5 |
| Eficiencia | 4 | 4 | 4.2 | 0.9 | 0.2 | 1.0 |
| Modularidad | 4 | 4 | 4.4 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Facilidad de aprendizaje | 4 | 4 | 4.3 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Facilidad de desarrollo interno | 4 | 4 | 3.5 | 1.0 | 0.3 | 1.0 |
| Escalabilidad | 4 | 4 | 4.2 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Portabilidad | 5 | 4 | 4.0 | 1.2 | 0.3 | 1.5 |
| Capacidad de actualización | 4 | 4 | 4.2 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Integración | 5 | 5 | 4.4 | 1.1 | 0.3 | 1.0 |
| Madurez | 5 | 4 | 4.1 | 0.9 | 0.2 | 1.0 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tolerancia a fallos | 4 | 4 | 3.9 | 0.9 | 0.2 | 0.5 |
| Recuperación | 4 | 4 | 4.5 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| Seguridad | 5 | 5 | 4.6 | 0.8 | 0.2 | 0.5 |
| Plataforma independiente | 4 | 4 | 3.9 | 0.9 | 0.2 | 1.5 |
| Adecuación de la arquitectura técnica | 4 | 4 | 3.9 | 1.0 | 0.2 | 1.5 |
| Idiomas y herramientas de desarrollo | 4 | 3 | 3.1 | 1.1 | 0.4 | 1.0 |
| Servicio de Internet | 4 | 4 | 4.1 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Documentación para el usuario | 4 | 4 | 4.0 | 0.8 | 0.2 | 2.0 |
| Documentación técnica | 3 | 3 | 3.6 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Solidez financiera | 5 | 5 | 4.6 | 0.7 | 0.1 | 1.0 |
| Credenciales de proveedor | 5 | 5 | 4.4 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| Sostenibilidad y responsabilidad social | 4 | 4 | 3.7 | 0.9 | 0.2 | 1.0 |
| Disponibilidad de recursos | 5 | 5 | 4.5 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |
| R&D | 4 | 4 | 4.0 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Experiencia del proveedor | 4 | 4 | 4.4 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Servicio de soporte | 5 | 5 | 4.4 | 1.0 | 0.2 | 1.0 |
| Relación entre clientes y proveedores | 4 | 4 | 4.2 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| Tiempo de servicio | 5 | 4 | 4.3 | 0.7 | 0.2 | 1.0 |

El coeficiente de variación (CV) es la relación de desviación estándar de las respuestas del panel de expertos sobre un ítem específico a su media correspondiente. Un gran valor del coeficiente de variación (CV) para un ítem en la encuesta Delphi (mayor que 1) indica que las respuestas de los expertos están dispersas en comparación con la media de las respuestas para el ítem. En otras palabras, el monto de la variación entre las opiniones (respuestas) de los panelistas expertos en comparación con la media (promedio) del elemento es grande.

En contraste, un pequeño valor de CV indica que la cantidad de variación entre las respuestas de los panelistas expertos es pequeña en comparación con la media de las respuestas al ítem (Kalaian & Kasim, 2012). De acuerdo con el criterio del coeficiente de variación es posible apreciar que en la mayoría de los ítems este valor es menor y por tanto la dispersión lo es también de manera que esta interpretación del resultado permite concluir que el grupo de expertos ha llegado en cierta medida a un consenso con respecto a la calificación de la importancia de los factores extraídos de la literatura.

Para la segunda ronda el interés es mas allá de calificar la importancia de los factores individuales consistió en solicitar a los expertos que priorizaran los grupos de factores, con el propósito de establecer cuáles de ellos prevalecían frente a los otros aún si todos tenían una calificación de alta importancia.

El problema de la clasificación por consenso ha recibido mucha atención en la literatura estadística. Dados los rankings de n objetos, el objetivo es determinar un ranking de consenso (Qian & Wang, 2002). Propuesto por Maurice G. Kendall y Bernard Babington Smith, el coeficiente de concordancia (W) de Kendall es una medida del acuerdo entre varias (m) variables cuantitativas o semicuantitativas que evalúan un conjunto de n objetos de interés (Herrmann & Bucksch, 2015).

**Tabla 24.** Cálculo del Coeficiente de concordancia. Elaboración propia

| Experto | Grupo de factores | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Factores financieros | Factores de negocio | Factores de Software | Factores de Proveedor | Factores tecnológicos |
| E21 | 3 | 2 | 1 | 5 | 4 |
| E19 | 3 | 5 | 1 | 4 | 2 |
| E18 | 2 | 4 | 1 | 5 | 3 |
| E17 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 |
| E15 | 3 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| E13 | 4 | 5 | 1 | 3 | 2 |
| E12 | 4 | 3 | 1 | 5 | 2 |
| E11 | 5 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| E10 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 |
| E9 | 3 | 1 | 4 | 5 | 2 |
| E8 | 5 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| E6 | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 |
| E5 | 2 | 3 | 1 | 5 | 4 |
| E4 | 2 | 1 | 3 | 5 | 4 |
| E3 | 2 | 3 | 1 | 5 | 4 |
| E2 | 4 | 2 | 1 | 5 | 3 |
| E1 | 5 | 4 | 1 | 3 | 2 |
| Suma | 53 | 49 | 27 | 72 | 54 |
| (Ri-R)2 | 4 | 4 | 576 | 441 | 9 |
| S | 1034 | | | | |

La fórmula para el cálculo de W se muestra a continuación:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - mT}$$

Para este conjunto de datos T=0, ya que no hay valores vinculados por lo que:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 * 1034}{17^2(5^3 - 5)} = 0{,}4$$

La W de Kendall es una estimación de la varianza de las sumas de filas de rangos Ri dividido por el valor máximo posible que la varianza puede tomar; esto ocurre cuando todas las variables están en total acuerdo. Por lo tanto, 0≤W≤1, 1 representa la concordancia perfecta (Herrmann & Bucksch, 2015). Este resultado representa una concordancia aceptable entre las priorizaciones de los expertos con respecto a los grupos de factores estableciendo la que se describió en los resultados de la ronda 2 como fiable.

**Tabla 25.** Cálculo de significancia de W. Elaboración propia

| | |
|---|---|
| W | 0.4 |
| chi 2 | 24.3 |
| GL (Grados de libertad) | 4 |
| p value | 0.000068604 |

La tabla muestra el estadístico aproximado de chi-cuadrada que se utiliza para determinar el valor p en una prueba de chi-cuadrada. Los grados de libertad (GL) se utilizan junto con el valor de chi-cuadrada para determinar el valor p. GL = N–1. El valor p es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Los valores p más bajos proporcionan fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula. Se usa el valor p del coeficiente de concordancia de Kendall para determinar si debe rechazar o no puede rechazar la hipótesis nula.

- H0: La concordancia del evaluador se debe a las probabilidades.
- H1: La concordancia del evaluador no se debe a las probabilidades.

Contrastando p contra α (nivel de significancia de 0.05 indica que el riesgo de concluir que las clasificaciones están asociadas, cuando en realidad no es así, es de 5%). En este caso $p<0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las clasificaciones del evaluador están asociadas entre sí.

A través de la combinación de las estadísticas descriptivas simples que se presentan aquí se buscó reducir la subjetividad y asegurar la máxima validez de los resultados en la metodología Delphi para mejorar las pruebas de toma de decisiones consensuadas. Las tendencias observadas en este estudio exploratorio sugieren que se justifica un estudio más amplio, siguiendo el mismo enfoque. Con base en los criterios estadísticos no se requieren rondas adicionales para establecer un consenso sobre el objeto de esta investigación.

# 6. Análisis de resultados

El empleo del método Delphi en esta investigación ha sido fundamental para contrastar lo hallado en la literatura con la realidad del contexto sectorial y nacional. En la fase preliminar se extrajo una lista de 48 factores que han sido considerados en diferentes estudios de selección de ERP, estos estudios se han realizado en distintos puntos geográficos así como en distintos sectores económicos, por lo que en esta investigación se considera que de manera general los 48 factores elegidos son los determinantes en la selección de un ERP.

A través del juicio de 21 expertos cuyos perfiles (usuarios de sistemas de información en el sector de la construcción, directores de tecnología de compañías de construcción, consultores de ERP que han implementado en empresas de construcción) se eligieron con el propósito de explorar a través de su experiencia y conocimiento del sector de la construcción en Colombia si la lista general de los 48 factores identificados previamente aplicaba a la realidad del terreno de estudio.

Al consultar con los expertos su opinión sobre la importancia de cada uno de los factores se encontró que 46 de los factores eran considerados importantes o muy importantes en la selección de un ERP para construcción, es decir el 96% de los factores hallados en la literatura científica son considerados por los expertos como influyentes en la selección. En promedio el 79% de los expertos calificó como importantes o muy importantes los factores, es decir la mayoría de los expertos considera que el 96% de los factores listados son determinantes para la selección en el contexto de la construcción en Colombia.

En comparación con (Reuther & Chattopadhyay, 2004) quienes realizaron un estudio por medio de encuesta a usuarios para un grupo objetivo de empresas pyme de manufactura en Brisbane, Australia, los factores críticos para la selección de un ERP son: los requerimientos funcionales del sistema, los factores de negocio, los costos, escalabilidad, flexibilidad , para el sector de la construcción en Colombia estos factores fueron calificados como:

**Tabla 26.** Valoración según el contexto de la construcción en Colombia de los factores expuestos por:(Reuther & Chattopadhyay, 2004) Elaboración propia.

| Factor | Valoración promedio | Importancia |
|---|---|---|
| Funcionalidad | 5 | Muy importante |
| Estrategia | 5 | Muy importante |
| Costo total | 4 | Importante |
| Flexibilidad | 5 | Muy importante |
| Escalabilidad | 4 | Importante |

En este caso es posible apreciar que lo propuesto por estos autores concuerda con el sector de la construcción en Colombia sin observar variaciones importantes debido a las características propias del país o sector.

Por su parte (Kaewkamol, 2015) a través de una revisión de literatura propone un marco conceptual con tres categorías de factores críticos para la selección de un ERP en el sector de manufactura estas categorías son: factores organizacionales, factores de sistema y factores del proveedor. Según los resultados del método Delphi aplicado al sector de la construcción en Colombia lo descrito por este autor concuerda con la realidad nacional y sectorial ya que los expertos destacaron que estos 3 grupos de factores son importantes para la selección de un ERP. Por otro lado se solicitó a los expertos que establecieran la prioridad con la que ellos destacaban los grupos de factores para la selección de un ERP y en contraposición a lo establecido por Kaewkamol, los expertos del sector de la construcción en Colombia no privilegian los factores de proveedor como si lo hacen con los de software y negocio respectivamente, por lo tanto los determinantes son los factores de software, los financieros y los de negocio:

**Tabla 27.** Valoración de los grupos de factores y su prioridad en comparación con el marco conceptual de: (Kaewkamol, 2015) Elaboración propia.

| Grupo de Factores | Calificación de los expertos | Prioridad |
|---|---|---|
| Negocio (organizacionales) | Importante | 2,3 |
| Software (sistema) | Importante | 1 |
| Proveedor | Importante | 5 |

El ajuste del ERP con la organización es un criterio primordial en el proceso de selección, el ajuste es el grado (o proceso) de hacer coincidir las capacidades y funcionalidades de

una determinada tecnología con las demandas y los requisitos de una tarea o proceso en particular (Goodhue & Thompson, 1995).

Por lo tanto, la identificación de las capacidades del sistema ERP potencial para acomodar los procesos de negocios críticos de las organizaciones es el primer paso para asegurar una selección de ERP exitosa. La investigación existente ha proporcionado casos de retiro anticipado de ERP y terminación de proyectos, debido a una selección incorrecta por la brecha entre el sistema y los procesos de negocios únicos y los requisitos organizativos. Además, se ha establecido la importancia del mapeo de los requisitos del proceso de negocios con las capacidades técnicas del sistema potencial, antes de la decisión de adquisición. (Moutaz Haddara & Elragal, 2013)

La aplicación del Método Delphi también fue definitiva para ayudar a explorar los requisitos del proceso de negocios en el sector de la construcción en Colombia. Durante la primera ronda se les solicito a los expertos que listaran lo que ellos consideraban era necesario que un ERP cubriera para hacer una selección acertada del sistema. En respuesta a ello los expertos indicaron un listado de requerimientos funcionales que se categorizan en: relacionados con la gestión de obra, relacionados con la gestión presupuestal, relacionados con las contrataciones, relacionados con las licitaciones y gestión de proyectos, estas categorías son propias de la actividad constructora, los expertos incluyeron otras funcionalidades estándar que normalmente tienen los ERP como gestión de compras, ventas e inventarios.

El porcentaje de cubrimiento de las necesidades funcionales de un ERP se ha establecido anteriormente como uno de los factores determinantes para la selección, (El-Mashaleh, Hyari, Bdour, & Rababeh, 2016) proponen un modelo multi atributo para la selección de un ERP para un firma de construcción en Jordania, a través de DEA (Data Envelopment Analysis) establecen que uno de los atributos más importantes del modelo el porcentaje de cobertura de las necesidades funcionales de los ERP candidatos a los modelos de negocio de la compañía bajo estudio, en el caso de la construcción en Colombia de los ERP que se encontraron en el mercado se contrastaron con las necesidades funcionales expresadas por los expertos en las rondas Delphi. En la siguiente tabla de expresa la medida porcentual en la que los ERP actuales cubren los tópicos más importantes según los expertos:

**Tabla 28.** Cálculo del porcentaje de cobertura de los ERP en el mercado con respecto a las necesidades funcionales expuestas por los expertos. Elaboración propia.

| ERP | Gestión de obra | Gestión presupuestal | Contrataciones | Licitaciones | Gestión de proyectos | Compras | Ventas | Inventarios | Integración (project, bim, | % de cobertura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Slyg block | | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 67% |
| Copres | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ | | 33% |
| Sinco Adpro Web | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 100% |
| Opus Enterprise | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | 67% |
| Cio milenio | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | 67% |
| Construplan<br>Construcontrol<br>Construanalisis | | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | ✓ | 44% |
| Suite Licita | | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | ✓ | 44% |

En resumen los factores influyentes en la adquisición de un ERP en las organizaciones del sector de la construcción en Colombia son aquellos categorizados como importantes por parte de los expertos mediante la aplicación del método Delphi: Costo inicial, Costo de implementación, Costo de entrenamiento, Costo de mantenimiento, Condiciones comerciales, Prestación de servicios, Garantía, SLA (Acuerdo de nivel de servicio), Ajuste a la estrategia de negocio, Ajuste con la estrategia tecnológica, Gestión de cambios, Tiempo de implementación, Tiempo de entrenamiento, Tiempo de producción, Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades), Interoperabilidad, Cumplimiento, Mantenibilidad, Personalización, Amigable con el usuario, Creación de aplicaciones de usuario, Eficiencia, Modularidad, Facilidad de aprendizaje, Facilidad de desarrollo interno, Escalabilidad, Portabilidad, Capacidad de actualización, Integración, Madurez, Tolerancia a fallos, Recuperación, Seguridad, Plataforma independiente, Adecuación de la arquitectura técnica, Idiomas y herramientas de desarrollo, Servicio de Internet, Documentación para el usuario, Documentación técnica, Solidez financiera, Credenciales de proveedor, Sostenibilidad y responsabilidad social, Disponibilidad de recursos, R&D, Experiencia del proveedor, Servicio de soporte, Relación entre clientes y proveedores y Tiempo de servicio.

No se observa rasgo particular del sector o el contexto colombiano que aísle la elección de los factores de otros estudios realizados en otro tipo de industrias como la de manufactura o de otro contexto geográfico y económico.

Los factores determinantes para la selección de un ERP son aquellos que fueron calificados como Importantes y tienen la prioridad en la selección, estos son los factores de software, los cuales hacen referencia a las funciones que cubran todos los procesos empresariales centrales y la integración entre módulos. Esto es esencial ya que es probable que todas las operaciones transaccionales se ejecuten a través del sistema. Si no puede soportar todos los procesos clave, puede haber un error en las operaciones, especialmente en los procesos multifuncionales, que pueden causar problemas críticos a la organización posteriormente. El sistema ERP también debería funcionar de manera compatible con la estructura organizativa, los sistemas padre y / o aliados, y los sistemas asociados. La razón es que el sistema ERP debe poder administrar el flujo físico, de procesos y de información en todas las actividades comerciales que involucran información de otros sistemas relacionados. La escalabilidad y la flexibilidad son otros factores que deben incluirse en la selección. Los fabricantes, y casi todos los negocios, tienen que desarrollar e incrementar su rendimiento operativo durante un período de tiempo. Esto contribuye a la necesidad de un sistema escalable y flexible que una organización pueda mejorar y actualizar junto con el crecimiento de su negocio.

El tema de la tecnología incluye aspectos de las tendencias de software y hardware. La tecnología puede no ser esencial para considerar. Sin embargo, la tecnología utilizada para desarrollar y ejecutar un sistema ERP debe ser, al menos, capaz de soportar la arquitectura tecnológica actual de una organización y sus socios. Aparte de lo anterior, la facilidad de personalización es otro factor que no debe ser pasado por alto. Aunque los fabricantes están en la misma industria, es más probable que los procesos de negocios de ellos sean diferentes en detalles. Por lo tanto, los fabricantes deben adoptar la función de personalización del sistema como uno de los factores de selección para adaptar el sistema a sus necesidades comerciales.

# 7. Conclusiones

*Importancia del sector de la construcción para la economía nacional*

El sector de la construcción es uno de los que promueve el dinamismo de la economía colombiana, con crecimientos del PIB aproximadamente 7% anual es uno de los sectores que tiene gran relevancia en el valor agregado, efectos multiplicadores en demandas de insumos y servicios, contribuye en gran medida a la generación de empleo y está estrechamente vinculado al desarrollo social gracias a la construcción de vivienda formal y su implicación directa en la reducción de la pobreza así como la sostenibilidad fiscal municipal debido a las nuevas obras de edificaciones e infraestructura.

*Promoción de las Tecnologías de la información*

La apertura global y la constante evolución tecnológica son factores que contribuyen a la necesidad de fomentar la adopción de las tecnologías de la información en países en vías de desarrollo como Colombia. Esfuerzos gubernamentales se están llevando a cabo para promover la adopción de nuevas tecnologías en los procesos productivos, vinculando los diferentes sectores de la economía al uso de TI.

Sin embargo, el sector de la construcción es uno de los más rezagados presentando el segundo índice más bajo de gestión de tecnologías maduras. Por su parte las entidades reguladoras del sector de la construcción enfocan sus políticas actuales en el fomento de la innovación para el aumento de la productividad, así como la adopción tecnológica como oportunidad de mejora para la competitividad.

*Revisión de literatura de estudios en ERP*

La exploración académica en el área de sistemas de información gerenciales ha abarcado ampliamente los ERP como eje central de los procesos operacionales medulares en las compañías. La investigación en ERP se ha abordado desde diferentes perspectivas, pero las más recurrentes son los beneficios de la adopción de un ERP así como los factores de éxito en la implementación de un ERP.

Los beneficios de la adopción de un ERP se han descrito desde los niveles estratégicos (mejora de la capacidad de toma de decisiones, construcción de ventaja competitiva y una mejor organización de los recursos internos) como tácticos y operacionales (disminución de costos, reducción de inventarios, incremento en la productividad, mejor gestión del flujo de efectivo y reducción de los costos directos de operación, mejora en la interacción con proveedores, entre otros).

Por su parte la implementación de los ERP ha sido ampliamente explorada en búsqueda de los factores críticos de éxito en las implementaciones de estos sistemas, sin embargo, otras fases del ciclo de vida de un ERP como la decisión de adopción y adquisición han sido relegadas en la literatura científica, aunque son reconocidas como grandes influenciadores del éxito en la implementación y pos-implementación.

*Revisión de literatura de modelos de selección de un ERP*

Modelos de ciclos de vida de un ERP se han planteado en la literatura académica, uno de los primeros fue el de Esteves & Pastor con seis fases claramente identificadas como: decisión de adopción, adquisición, implementación, uso y mantenimiento, evolución y retiro. De manera simplificada estas fases se pueden resumir en tres grandes etapas: selección, implementación y uso. La selección incluye la decisión de la adopción de un nuevo ERP y la adquisición. Dentro de las actividades relevantes de la selección de un ERP se encuentran: la especificación del problema y requerimientos, así como las opciones a evaluar y la selección del sistema.

Se consultaron también modelos específicos de selección de sistemas de información gerencial en los que los factores influyentes se destacan a continuación: Tamaño y tipo de industria, Factores organizacionales y factores externos, limitación de recursos y beneficios, prioridades corporativas, riesgos, costos y disponibilidad de recursos. Otros modelos incluyen la teoría del aprendizaje social y la reingeniería de procesos como pilares fundamentales en la selección de un ERP.

Disciplinas de las ciencias sociales han propuesto modelos de comportamiento en las compras organizacionales que se centran en las características psicológicas de los individuos involucrados en la selección, elementos de decisión conjunta y resolución de conflictos. Estos modelos se extrapolaron a la selección de TI y surge el modelo MERAP (modelo del proceso de adquisición de un ERP) que cuenta con seis procesos: Planeación, búsqueda de información, selección, evaluación, elección y negociación. Este último modelo está fuertemente vinculado a las teorías de tomas de decisiones.

Al realizar la revisión de literatura se encontraron numerosos estudios que se centraban en métricas, métodos, procesos, técnicas de evaluación de factores para la selección de un ERP para diferentes industrias en diferentes disposiciones geográficas. La compilación de estos trabajos académicos dio como resultado un listado de 48 factores afectando la selección de un ERP de manera genérica:

Costo inicial, Costo de implementación, Costo de entrenamiento, Costo de mantenimiento, Condiciones comerciales, Prestación de servicios, Garantía, SLA (Acuerdo de nivel de servicio), Ajuste a la estrategia de negocio, Ajuste con la estrategia tecnológica, Gestión de cambios, Tiempo de implementación, Tiempo de entrenamiento, Tiempo de producción, Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades), Interoperabilidad, Cumplimiento, Mantenibilidad, Personalización, Amigable con el usuario, Creación de aplicaciones de usuario, Eficiencia, Modularidad, Facilidad de aprendizaje, Facilidad de desarrollo interno, Escalabilidad, Portabilidad, Capacidad de actualización, Integración, Madurez, Tolerancia a fallos, Recuperación, Seguridad, Plataforma independiente, Adecuación de la arquitectura técnica, Idiomas y herramientas de desarrollo, Servicio de Internet, Documentación para el usuario, Documentación técnica, Solidez financiera, Credenciales de proveedor, Sostenibilidad y responsabilidad social, Disponibilidad de recursos, R&D, Experiencia del proveedor, Servicio de soporte, Relación entre clientes y proveedores y Tiempo de servicio.

*Método Delphi como herramienta para establecer los factores influyentes en el contexto colombiano*

Una vez identificados los factores genéricos en la literatura científica se buscó validar dicho listado y obtener una visión cercana al contexto de la construcción en Colombia por lo que se empleó el Método Delphi, una técnica que busca hacer un uso efectivo del juicio intuitivo informado de expertos tanto del sector de la construcción como del sector de tecnología con respecto a los factores hallados. Los perfiles de los expertos seleccionados para el estudio son profesionales con más de 5 años de experiencia que conocen de ERP, que conocen los procesos operacionales de las empresas de construcción, que han participado en procesos de selección de tecnología o están en los departamentos de tecnología de constructoras, así como consultores de implementación de ERP que han trabajado para el sector de la construcción.

De la aplicación del método Delphi se concluye que de los 48 factores identificados en la literatura científica 46 de ellos son influyentes en la selección de un ERP en el sector de la construcción para el contexto colombiano. Los expertos determinaron que los factores que

no influyen en la decisión de adquisición son: Creación de aplicaciones de usuario y Documentación técnica. Así mismo establecieron que los factores de software (Tiempo, Funcionalidad, Usabilidad, Flexibilidad, Fiabilidad) son prioritarios, seguidos por los factores de negocio (asociados a la estrategia tanto empresarial como tecnológica), en tercer lugar los factores financieros (cuyos pilares son el Costo total y las Condiciones contractuales), los factores tecnológicos (Plataforma técnica y Servicios) los ´posicionaron en cuarto lugar y finalmente los expertos consideran que grupo de factores que se sitúa en el quinto lugar son los factores asociados al proveedor como el Perfil de proveedor, Capacidad técnica y Soporte.

*Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción en Colombia*

Los expertos ratificaron que los factores que influencian la selección de un ERP no difieren de una industria a otra, así como tampoco se destacaron diferencias entre la selección de un ERP en distintas partes del mundo. Se concluye que los factores identificados en la literatura científica son completamente aplicables a la industria de la construcción en Colombia.

La prioridad para seleccionar un ERP para construcción en Colombia está relacionada con los factores de software que se destacan como importantes y adicionalmente se anteponen a otros grupos de factores según los expertos. La cobertura de los procesos de negocio es vital para seleccionar determinado ERP en el sector de la construcción, los procesos más importantes son: gestión de obra, gestión de presupuestos, contrataciones, licitaciones e integración con otros programas del rubro como (BIM, Neodata y Project).

## 7.1 Recomendaciones y propuestas

Las recomendaciones que se presentan en esta sección se basan en los resultados del estudio de campo realizado en esta investigación con los diferentes actores involucrados en la selección de un ERP para el sector de la construcción.

*Para las empresas del sector de la construcción:*

Aplicar el modelo MERPAP para la selección de un ERP puesto que es un modelo estructurado que permite contemplar de manera retroalimentada distintos procesos que fundamentan una buena selección.

Estar abiertos a aplicar reingeniería de procesos cuando se toma la decisión de adoptar un nuevo ERP, explorar nuevas formas de realizar las operaciones del día a día contribuye en una mejora sustancial de la competitividad y facilita el proceso de adaptación a la nueva

tecnología, los ERP están diseñados con las mejores prácticas por lo que la reingeniería de procesos ahorra recursos y esfuerzos en la selección, implementación y adaptación al mismo.

Elegir proveedores que tengan experiencia en el contexto colombiano con importante número de clientes en productivo garantiza que: el ERP cumple con las necesidades funcionales, está adaptado a la legislación colombiana y el soporte será más efectivo.

*Para los proveedores de ERP:*

Del estudio se concluye que para los expertos los factores de software son los más importantes por lo que a este respecto la principal recomendación es centrar el desarrollo del ERP en las necesidades funcionales propias del sector de la construcción, específicamente la gestión de obra (avance físico y financiero), control de presupuesto (desde la concepción hasta el cálculo de desviaciones) y contrataciones (nómina y subcontratistas).

Adicionalmente los factores tecnológicos son particulares en el sector debido a las condiciones de los sitios en los que opera el ERP, es de remarcar que el sistema debe contar con portabilidad (uso en dispositivos móviles), contemplar la posibilidad de trabajar off line puesto que en zonas apartadas y sin conectividad e infraestructura puede ser difícil trabajar. El uso de computación en la nube fue un tema recurrente en las respuestas de los expertos, el uso de SaaS es contemplado como una solución que permite a las compañías ocuparse menos de la gestión de la tecnología y ocuparse más de la operación de sus competencia medular en el rubro de la construcción y por tanto mejorar su saber-hacer.

## 7.2 Futuras líneas de investigación

Este estudio fue un trabajo exploratorio que pretendía dar cuenta del estado del arte en la selección de ERP para construcción en Colombia. Se trataron aspectos tales como la realidad del sector y su importancia, el estado del arte a nivel global en selección de ERP y de manera puntual se establecieron las necesidades de un ERP para el sector de la construcción. Se recomienda aplicar un estudio complementario que involucre otro método de recolección de datos para pasar de la exploración a la confirmación y poder generalizar los resultados de esta investigación a las cerca de 1700 empresas de construcción en Colombia.

# A. Anexo: Cuestionario Ronda 1 Método Delphi

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

¡Bienvenido!

De antemano **gracias por tu aporte a esta investigación**, el cuestionario te tomará aproximadamente 10 minutos y los resultados de este estudio se analizarán con **fines académicos**.

El propósito de este cuestionario es conocer la opinión de expertos para:
Establecer cuáles son los factores que determinan la selección de un ERP para el sector de la construcción, así como determinar cuáles son las necesidades del sector de la construcción en materia de sistemas de información gerenciales.

* 1. La metodología de estudio se caracteriza por el anonimato así que no se atribuirán ni publicarán tus respuestas a tu nombre, sin embargo nos interesa identificarte y enviarte la re-alimentación de la investigación, por esta razón te pedimos los siguientes datos:

Nombre

Dirección de correo electrónico

1 / 9 11%

Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

Política de privacidad y cookies

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

### Antes de comenzar...

Los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés, enterprise resource planning) son los sistemas de información gerenciales que integran y manejan los procesos de las compañías. Los sistemas ERP típicamente manejan la producción, logística, inventario, facturas y contabilidad de la compañía de forma modular.
Teniendo en cuenta esta información responda las preguntas que se plantean a continuación:

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

* 2. Por favor califique la importancia de los siguientes **factores financieros** que influyen en la selección de un ERP para el sector de la construcción

| | No es importante | Poco importante | Neutral | Importante | Muy importante |
|---|---|---|---|---|---|
| **Costo inicial:** Costo de adquisición, licencias, clientes instalados, redes, instalación de todo Hardware y software necesarios para la implementación del sistema | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Costo de implementación:** Costo de consultoría, costo de reingeniería de procesos, costo de las personalizaciones y adaptaciones del sistema | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Costo de entrenamiento:** Costo de entrenamiento de los usuarios en la utilización del sistema | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Costo de mantenimiento:** Costo del mantenimiento del sistema una vez implementado, así como el costo de las actualizaciones cuando hay nuevas versiones disponibles. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Condiciones comerciales:** Condiciones de pago del producto o servicio, con relación a la licencia, leasing, implementación, entrenamiento y derechos sobre el código fuente, sobre versiones y upgrades. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Prestación de servicios:** Suministro de los tipos de servicios: SaaS (Software como servicio), IaaS (Infraestructura), CaaS (Comunicación), PaaS (Plataforma). | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Garantía:** Términos de garantía de prestación de servicios y calidad del sistema | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **SLA (Acuerdo de nivel de servicio):** El nivel de la prestación de servicio se define formalmente y existen mecanismos de monitoreo de los indicadores. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

* 3. Por favor califique la importancia de los siguientes **factores de negocio** que influyen en la selección de un ERP para el sector de la construcción

| | No es importante | Poco importante | Neutral | Importante | Muy importante |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ajuste a la estrategia de negocio:** El sistema está alineado con la estrategia de negocio de la empresa | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Ajuste con la estrategia tecnológica:** El sistema está alineado con la estrategia de tecnología de la empresa | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Gestión de cambios:** Existen procedimientos de Gestión del cambio en el proyecto de implementación | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

4 / 9 44%

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey

Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

* 4. Por favor califique la importancia de los siguientes **factores de software** que influyen en la selección de un ERP para el sector de la construcción

| | No es importante | Poco importante | Neutral | Importante | Muy importante |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tiempo de implementación:** Tiempo gastado con cambios procedurales, consultoría, personalizaciones y adaptaciones del sistema. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Tiempo de entrenamiento:** Tiempo requerido para entrenar a todos los usuarios a aprender a utilizar el sistema en la operación del día a día. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Tiempo de producción:** Tiempo empleado en la operación del sistema (procedimientos de carga de información, copia de seguridad, recuperación, limpieza, etc.). | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades):** En qué medida el conjunto de funcionalidades es adecuado a las necesidades del usuario. Es deseable que el sistema tenga solución vertical para atender al sector de la construcción. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Interoperabilidad:** El sistema se puede integrar fácilmente con otros sistemas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Cumplimiento:** Hace que el sistema esté de acuerdo con las normas, convenciones o regulaciones previstas en leyes relacionadas con la aplicación. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Mantenibilidad:** La capacidad del sistema se modifica, incluyendo tanto las mejoras o extensiones de funcionalidad como las correcciones de defectos, así como las actualizaciones. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Personalización:** Facilidad de hacer personalizaciones en el sistema. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Amigable con el usuario:** Facilidad de uso del sistema por parte del usuario | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Creación de aplicaciones de usuario:** Facilidad del usuario para crear nuevas aplicaciones mediante la exploración y consolidación de datos y la generación de pantallas e informes para satisfacer sus necesidades específicas | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Eficiencia:** Nivel de rendimiento del sistema según la cantidad de recursos utilizados | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Modularidad:** El sistema se compone de varios módulos que pueden interconectarse para trabajar diferentes áreas del negocio. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Facilidad de aprendizaje:** El sistema es intuitivo y no requiere de técnicas especializadas para su aprendizaje | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Facilidad de desarrollo interno:** Facilidad de realizar desarrollo interno para mejoras del sistema | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Escalabilidad:** Capacidad del sistema para soportar un aumento de carga cuando se requiere. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Portabilidad:** La capacidad del sistema se transfiere de un entorno a otro. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Capacidad de actualización:** El sistema permite realizar actualizaciones constantes de mejora en funcionalidades, optimización de código fuente, servicios y conectividad que le permitan estar a la vanguardia. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Integración:** El ERP es fácilmente integrable con otros software requeridos para el funcionamiento del negocio como: facturación electrónica, sistemas de los proveedores, bancos etc.. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Madurez:** Representa la capacidad del sistema para evitar fallos derivados de defectos en el sistema, manteniendo un nivel estable de calidad | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Tolerancia a fallos:** Evidencia de la capacidad de mantener un nivel de rendimiento especificado en casos de fallas en el sistema o de corte en las interfaces especificadas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Recuperación:** Representa la capacidad de restablecer el nivel de rendimiento y recuperar los datos directamente afectados, en caso de fallo, en el tiempo y esfuerzo necesarios para ello. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Seguridad:** Representa la capacidad de evitar el acceso no autorizado, accidental o deliberado a programas y datos del sistema | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

5 / 9 56%

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

* 5. Por favor califique la importancia de los siguientes **factores tecnológicos** que influyen en la selección de un ERP para el sector de la construcción

| | No es importante | Poco importante | Neutral | Importante | Muy importante |
|---|---|---|---|---|---|
| **Plataforma independiente:** El sistema se puede instalar en diferentes tipos de plataforma. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Adecuación de la arquitectura técnica:** La estructura de la arquitectura técnica del sistema está de acuerdo con la plataforma actual de la empresa | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Idiomas y herramientas de desarrollo:** Los lenguajes y herramientas de desarrollo del sistema están alineados con la política de TI de la empresa | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Servicio de Internet:** El sistema hace uso de las facilidades del internet y así mismo es estable ante posibles fallas del servicio | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Documentación para el usuario:** Existe documentación sobre el uso del sistema y esta es de fácil comprensión por parte del usuario | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Documentación técnica:** Existe documentación técnica sobre el ERP, esta es de fácil comprensión para el personal implicado y los usuarios | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

6 / 9 67%

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

* 6. Por favor califique la importancia de los siguientes **factores del proveedor** que influyen en la selección de un ERP para el sector de la construcción

| | Nada importante | Poco importante | Neutral | Importante | Muy importante |
|---|---|---|---|---|---|
| **Solidez financiera:** Existe una solidez financiera por parte del proveedor del sistema y la estabilidad para garantizar la continuidad del producto | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Credenciales de proveedor:** Evaluación de los clientes en relación con los servicios prestados por el proveedor y la existencia de clientes representativos. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Sostenibilidad y responsabilidad social:** El proveedor del sistema está comprometido con la sostenibilidad y la responsabilidad social en su empresa | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Disponibilidad de recursos:** El proveedor tiene disponibilidad de recursos adecuados y calificados para realizar los servicios contratados por el cliente, así como tiene facilidad de formar consultores | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **I&D:** El proveedor del sistema invierte en entrenamiento, investigación y desarrollo (I & D), demostrando habilidad y experiencia en I & D. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Experiencia del proveedor:** El proveedor tiene experiencia en la implementación del sistema ERP en otras empresas del mismo sector. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Servicio de soporte:** Proporciona servicios de asesoría, consultoría, mantenimiento, desarrollo, infraestructura, y proporciona apoyo a varios países (alcance geográfico). | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Relación entre clientes y proveedores:** Existe una buena relación y comunicación entre el proveedor del sistema y los usuarios de la empresa adoptiva. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **Tiempo de servicio:** El proveedor del sistema tiene la capacidad de responder rápidamente a las solicitudes de servicio de los usuarios. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

7 / 9 78%

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

En esta sección siéntete libre de expresar todas tus ideas en relación a las preguntas que se presentan a continuación:

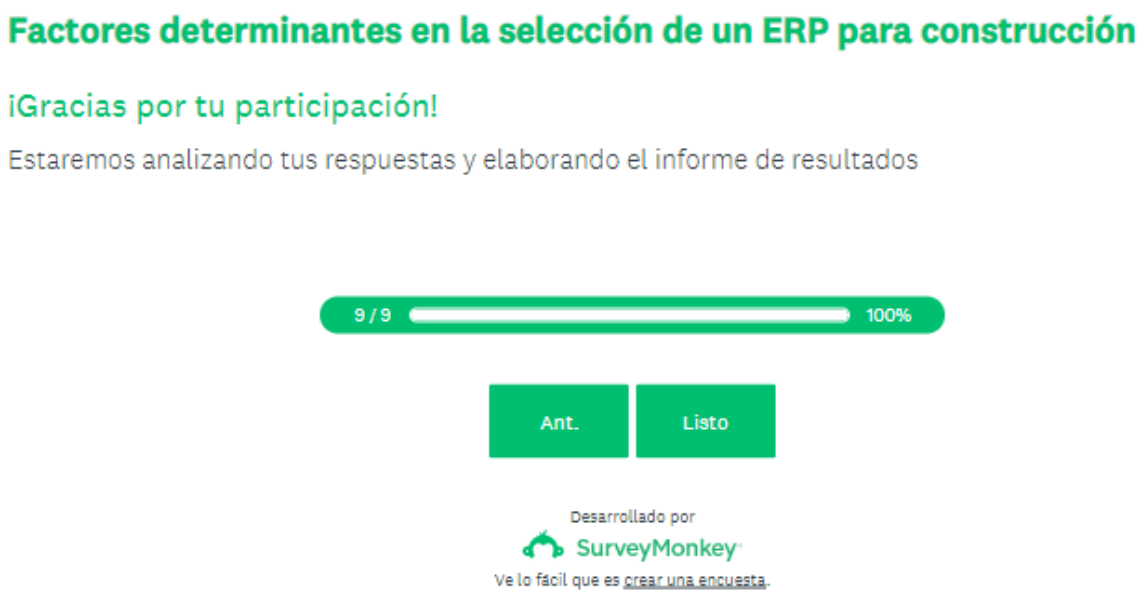
* 7. Según su conocimiento y experiencia mencione procesos de negocio específicos del sector de la construcción que le gustaría encontrar en un sistema de información
(Ejemplo: Proceso de subcontratos, Proceso de licitaciones, Presupuestos, Compra de material. etc.)

* 8. ¿Cuáles son las funcionalidades básicas que debe tener un ERP para una empresa de construcción? (Ejemplo: pago automático a proveedores, contabilización de consumo de material, facturación de avance de obra, que se pueda usar en dispositivos móviles, que sea compatible con otros programas como Project, BIM, etc.)

8 / 9 89%

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.




# B. Anexo: Respuesta de los expertos a la Ronda 1. Resultados de la calificación de la importancia de los 48 factores

| Factor | E21 | E20 | E19 | E18 | E17 | E16 | E15 | E14 | E13 | E12 | E11 | E10 | E9 | E8 | E7 | E6 | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Costo inicial | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 1 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Costo de implementación | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Costo de entrenamiento | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 |
| Costo de mantenimiento | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Condiciones comerciales | 5 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 |
| Prestación de servicios | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Garantía | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| SLA (Acuerdo de nivel de servicio) | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 |
| Ajuste a la estrategia de negocio | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Ajuste con la estrategia tecnológica | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 |
| Gestión de cambios | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 |
| Tiempo de implementación | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Tiempo de entrenamiento | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| Tiempo de producción | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 1 | 4 |
| Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades) | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Interoperabilidad | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| Cumplimiento | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Mantenibilidad | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| Personalización | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| Amigable con el usuario | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Creación de aplicaciones de usuario | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 1 | 4 |
| Eficiencia | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| Modularidad | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Facilidad de aprendizaje | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Facilidad de desarrollo interno | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| Escalabilidad | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| Portabilidad | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 2 | 5 | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 1 | 4 |
| Capacidad de actualización | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| Integración | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 1 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Madurez | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Tolerancia a fallos | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Recuperación | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| Seguridad | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plataforma independiente | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 2 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| Adecuación de la arquitectura técnica | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| Idiomas y herramientas de desarrollo | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| Servicio de Internet | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Documentación para el usuario | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| Documentación técnica | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| Solidez financiera | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Credenciales de proveedor | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Sostenibilidad y responsabilidad social | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| Disponibilidad de recursos | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| R&D | 4 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Experiencia del proveedor | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| Servicio de soporte | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Relación entre clientes y proveedores | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Tiempo de servicio | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |

# C. Anexo: Respuestas a las necesidades en relación con los sistemas de información para empresas de construcción

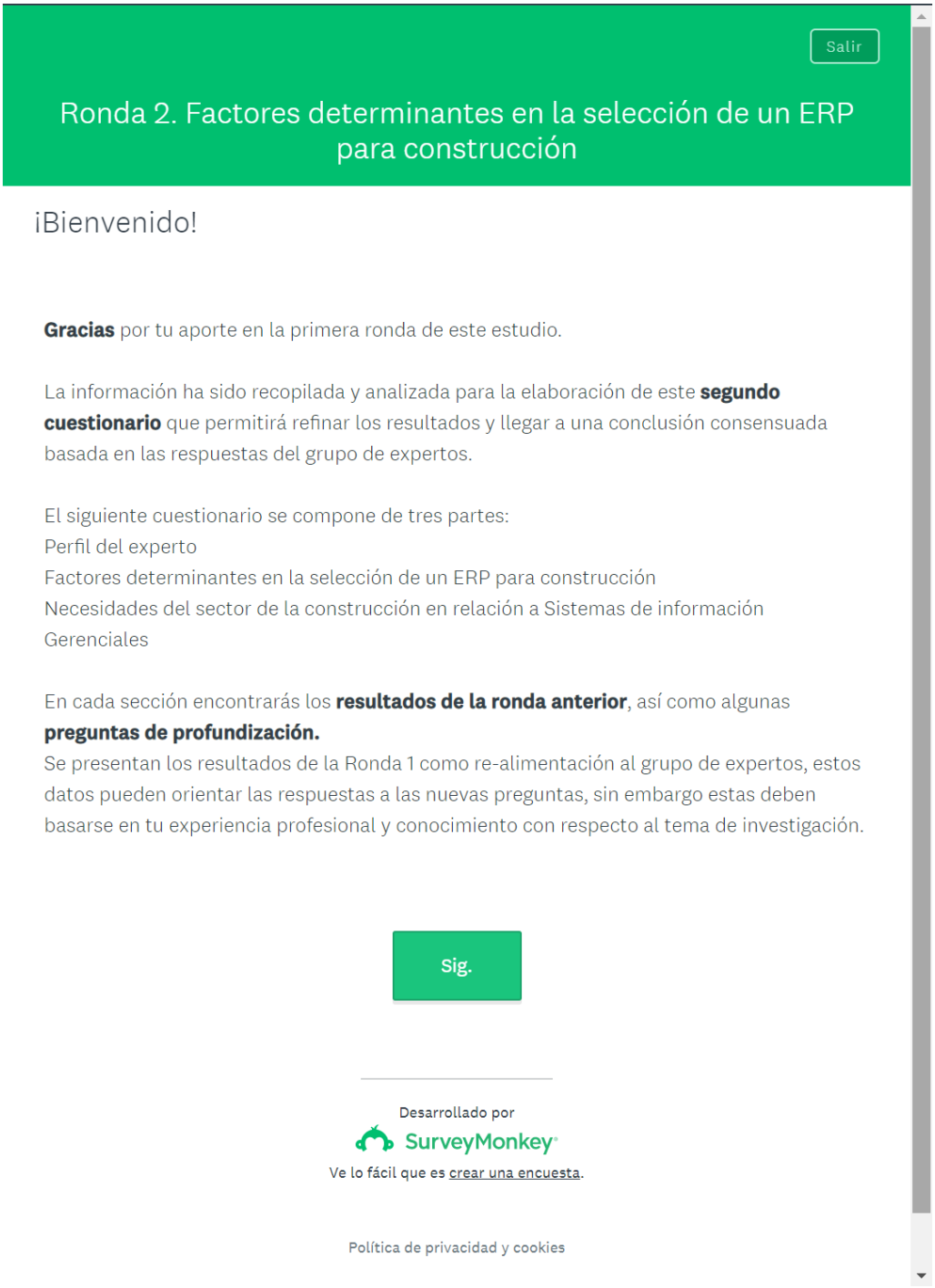
| E# | Pregunta 7 | Pregunta 8 |
|---|---|---|
| 1 | Compras Contratación Presupuestos Control de inventarios Ejecución de obra Control de maquinaria Gestión de venta de inmuebles Crm Tramites y escrituración Información financiera por proyectos o centros de costos Integración de nómina con el costeo de las obras Integración con Revit | Generación masiva de pagos Registro automático de compras y servicios Control presupuestal Gestión de nómina Notificaciones de pagos |
| 2 | Presupuestos, compras, almacén, administración de contratistas, facturación, cartera, contabilidad y tesorería, ventas, posventas, gerencia de proyectos, análisis gerencial | Notificación de pagos a proveedores y contratistas, facturación a clientes, informes gerenciales móviles |
| 3 | Además de los procesos o módulos normales de un ERP, a nivel de la construcción son importantes temas como: * Planificación y presupuesto de obras: * Planeación del abastecimiento (MRP) * Adquisición y almacenamiento de bienes * Gestión contractual y manejo de proveedores de obra. - Proceso de licitaciones - Cortes contractuales - Gestión de la ejecución del contrato - Pagos * Gestión de inventario * Gestión de actividades y tareas | Actividades asociadas a los módulos tradicionales y a los procesos descritos en el punto anterior. |
| 4 | A parte de los básicos: Manejo de proyectos unificado con ejecución y presupuesto Manejo de inventario automatizado Lecciones aprendidas Base de conocimiento | - Que este en la nube y se pueda abrir desde cualquier dispositivos móvil - Compatible con todos los programas - Unificación de base de datos |
| 5 | Presupuestos, Planeación, programación de pagos, flujos de efectivo, subcontratos, administración y finanzas, control de obra (avances), cierres administrativos. | Amigable con Neodata, project, BIM |
| 6 | Gestión de licitaciones, presupuestos, herramientas de planificación presupuestaria, reestimaciones de presupuesto, gestión de subcontratas, forecast de ventas, | Desplegable en cualquier dispositivo, integración con herramientas de planificación, cuadros de mando de control de obra. |
| 7 | Procesos: • Planeación • Presupuestos • Construcción • Control de obra • Gestión de costos • Compras • Ventas | Funcionalidades: • Acceso en diferentes dispositivos • Interacción de datos con los módulos del ERP • Ingreso y control de Planeación • Manejo línea base por proyecto • Gestión de actividades • Gestión de presupuestos • |

| | | |
|---|---|---|
| | | Registro avance de obra • Control avance financiero • Consumo de materiales/insumos/productos/recursos • Gestión de costos de los proyectos • Generación documentos de compras • Generación documentos de ventas • Reportes • Compatibilidad con Ms Project • Gráficas e indicadores • Importar/exportar datos con la ofimática |
| 8 | Presupuestos con valores mínimos de cada actividad de obra. Procesos de contratación. Procesos de cortes, programación y avances de obra. | Conteo y verificación de cantidades y valores de presupuestos de obra. Poder sacar medidas y relacionarlas a cortes y avances de obra. |
| 9 | Presupuestos, licitaciones, campana de gauss, control de gasto conforme a las modificaciones en obra... | Contabilización avance de la obra, facturación de avance de obra, proveedores... |
| 10 | Posibilidad de manejar la contabilidad completa de la compañía alimentada y enlazada con todos los insumos de las diferentes áreas: presupuesto, ventas, contratistas, ejecución de obra, etc. | Ojo: BIM no es un programa, es una metodología de trabajo. En general, que se integre con los diseños, el presupuesto, el control de obra y las ventas. |
| 11 | Costos unitarios Precios unitarios Paramétricas Contratos Subcontratos Requisiciones Almacenes Bodegas de centros de costo Proceso financiero-administrativo-Operativo Proceso de determinación de rentabilidad del proyecto | Opus presupuestación Opus control de obra Opus Cad pro Opus Revit Opus BIM Envío entre programas y proyectos a las apps de compras, facturación, inventarios, proyectos, gastos con contabilidad administrativa de centros de costo y contable con analíticas. Recursos humanos con lista de raya y conexión a entornos de gobierno para pago de empleados específicos de la construcción. |
| 12 | Planeación financiera Cartera Trámites | NA |
| 13 | Gestión de proyectos integrados con procesos de compras, costos, facturación (avances de obra o facturas puntuales por entregables), nómina y producción. | Los ERP por los general tienes siempre los procesos básicos, creo que seria un plus importante los siguientes ítems: - La posibilidad de acceder a la información de los proyectos o procesos del día a día, directamente en la nube, es decir sin necesidad de estar conectado a un terminal particular. - La posibilidad de trabajar off line. En algunas ocasiones los proyectos de construcción pueden estar situados geográficamente en sitios con poco conectividad, haciendo difícil la interacción con un sistema que no disponga de esta posibilidad. |
| 14 | Encontrar en el sistema ERP una ayuda que automàticamente me permita controlar el tiempo de ejecuciòn de cada una de las actividades respecto al tiempo presupuestado para su ejecución. Es decir que al momento de contratar la ejecución de una obra el tiempo durante el cual un constructor se compromete a entregarla sea el establecido en el contrato, y este sistema me genere alertas en el evento de no estar cronológicamente acorde con el contrato. | Dentro de las funciones básicas debería tener: 1) Control de presupuesto, sobre todo en el manejo del anticipo 2) Control de Tiempos y Movimientos (de acuerdo a punto 7) 3) Control de Subcontratos, 4) Control de afiliación y retiro de los trabajadores del sistema de seguridad social: En estas empresas la rotación de personal es altísima y normalmente se afilia un trabajador que sólo va a trabajar un dia, dos días, una semana, una catorcena, etc y al encargado de recursos humanos siempre se le pasa por alto la desvinculación de las administradoras lo que conlleva que al cabo del tiempo las dichas |

| | | |
|---|---|---|
| | | administradoras generen moras muy altas por los "presuntos empleados" que en la empresa siguen como trabajadores vigentes al no realizar el retiro. |
| 15 | Licitaciones listas de precios de insumos presupuestos subcontratas programación de obra y reprogramación modificaciones al presupuesto almacén compras de insumos registro de avance físico facturación a proveedores pago a proveedores facturación a clientes pago a clientes reportes básicos de costos de obra desviaciones en presupuesto, avance físico y financiero | Licitaciones listas de precios de insumos presupuestos subcontratas programación de obra y reprogramación modificaciones al presupuesto almacén compras de insumos registro de avance físico facturación a proveedores pago a proveedores facturación a clientes pago a clientes reportes básicos de costos de obra desviaciones en presupuesto, avance físico y financiero |
| 16 | Presupuestos, cantidades de Material a Usar, según las cantidades de obra. Proveedores e Inventarios. | Actualizado el sistema de inventario y proveedores |
| 17 | Licitaciones | Todos los expuestos. |
| 18 | Procesos de contratación, comparativos de cotizaciones y propuestas económicas. Interesante sería poder vincular los programas de diseño y el ERP y llevar la información a otro nivel. | Lo basico que debe tener es la información de seguimiento de pedidos, consumo de material, facturación de proveedores. Poder personalizar el programa a los procesos de la compañía. |
| 19 | Los modelos que el software que actualmente se encuentra en el mercado para construcción, tales como Opus, Neodata crean un modelo que resulta en el aislamiento del área de construcción de la empresa del área de Administración. La construcción es un proceso muy dinámico, exigente y sujeto a cambios en los planes del proceso constructivo, el sofware ERP tipico que se encuentra en el mercado, llámese Microsoft, SAP, Oracle, Intelisis, Enkontrol y demás software que presume tener verticales especializadas, no siguen este dinamismo y no tienen interfaces eficaces para seguir efectivamente el proceso constructivo. El proceso de ejecución de la obra, estimaciones, pago de las mismas, avances, programación en los pagos y justificación de los mismos, así como las estimaciones de los temas nómina y demás variables del proceso constructivo deben de ser continuas en la parte administrativa. Estos aplicativos que algunos más de 25 años en el mercado, no garantizan la continuidad del proceso constructivo, y de lograrse, se hace por empresas con convenios endebles y no alineados en su totalidad, esto para asegurar la continuidad y sustentabilidad de la operación uniforme de la constructora o empresa que contrata el servicio. | -Facturación a Gobierno -Inventarios en Obra -Inventarios Centralizados -Control de Estimaciones -Prespuestos Dinámicos -Tesoreria con Seguimiento en línea a obra -Analisis Valor Ganado -Integración de Módulo de Presupuestos y obra al Backoffice NATIVO (NO INTEGRACION CON TERCEROS) -Control de Precios Unitarios (APU) -Análisis de Imprevistos y Utilidades (AIU) -Equalizaciones de Insumos (Reportes de Diagnóstico de consumo de materiales) -Análisis de Valor ganado integrado a los procesos constructivos (no solo es un reporte) -Contratos de Obra, Insumos, Marco y de Valor Fijo -Administración de Estimaciones -Administración de Estimaciones y pagos Financieros a proveedores INTEGRADO AL ERP -Integración e importación de datos via Excel -Gantt y PERT de manera nativa -Cronogramas Adquisitivos -Cronogramas Financieros -Sin límite de proyectos -Administración de Presupuesto para el cliente (Planilla de Servicios) -Administración de Presupuesto Ejecutivo (Planilla de Actividades) -Liga entre Ambas planillas -Administración de contratos y estimaciones para cliente (Integrado a Cuentas por Cobrar) -Presupuestos en Revisiones para análisis de escenarios -Recepción de calculos externos via excel para FSR y Factor de Uso horario y Maquinaria -Graficación instantánea de valores para revisión y envio por correo electrónico -Compras integradas a contratos, avance de obra, parte del ERP. -Presupuestos |

| | | |
|---|---|---|
| | | FINANCIEROS parte del ERP e integrados a TOP. -ACTIVOS FIJOS -MANTENIMIENTO DE MAQUNARIA -Analiticos operativos desde TOP y BI Good Data especializado en Construcción y proyectos -BI en la nube 100% -TOP y ERP en la nube TOTALMENTE INTEGRADOS MULTITENANT (MULTICOMPAÑIAS) -Cuenta con un CONTROL DOCUMENTAL EN LA NUBE -GENERADOR DE PORTALES -ADMINISTRADOR DE CONTENIDOS -BUS ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS -BASADO EN JBOSS Opensource, JAVA, Javascript -PUNTO UNICO DE ACCESO (SINGLE SIGN ON) -ADMINISTRADOR Y GENERADOR DE PROCESOS DE NEGOCIO PERSONALIZABLE 100% -APLICACIÓN MOVIL SINCRONIZABLE -GENERADOR DE FORMULARIOS EN LINEA PARA MOVILES, DESKTOP Y WEB. -SOPORTE A CUALQUIER BASE DE DATOS Y AMBIENTES HETEROGENEOS NATIVO -Flujos para autorización de compras, FINANCIEROS, nativos en el Backoffice y via Web. -CONTROL Y CREACIÓN DE COMUNIDADES, CONTENIDOS Y PROCESOS DE NEGOCIO -PORTALES DE PROVEEDORES DE LA CONSTRUCCIÓN -PORTALES DE CLIENTES DE CONSTRUCCIÓN -GESTION DE PERSONAL -PERFILES Y PUESTOS -NOMINA TOTALMENTE ATERRIZADA A MEXICO -CLIENTE HTML Y JAVA |
| 20 | Flujos de caja de proyectos que estén amarrados a la contabilidad | Compatibilidad con otros programas |
| 21 | - Gestión de contratistas - Licitación y adjudicación de contratos - Sistema de información que "hable" con BIM - ERP con estado de indicadores de la compañía - A partir de lo anterior, posibilidad de hacer evaluación de desempeño. | Ir a lo fundamental: poder usar el ERP desde que se está haciendo la concepción del proyecto (desd la visita #1 al lote), hasta la gestión de las locativas y que acompañe el ciclo de vida del producto al menos hasta los primeros 10 años. |

# D. Anexo: Cuestionario Ronda 2 Método Delphi



Salir

Ronda 2. Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

¡Bienvenido!

**Gracias** por tu aporte en la primera ronda de este estudio.

La información ha sido recopilada y analizada para la elaboración de este **segundo cuestionario** que permitirá refinar los resultados y llegar a una conclusión consensuada basada en las respuestas del grupo de expertos.

El siguiente cuestionario se compone de tres partes:
Perfil del experto
Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción
Necesidades del sector de la construcción en relación a Sistemas de información Gerenciales

En cada sección encontrarás los **resultados de la ronda anterior**, así como algunas **preguntas de profundización.**
Se presentan los resultados de la Ronda 1 como re-alimentación al grupo de expertos, estos datos pueden orientar las respuestas a las nuevas preguntas, sin embargo estas deben basarse en tu experiencia profesional y conocimiento con respecto al tema de investigación.

Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

Política de privacidad y cookies

## Ronda 2. Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

Relativo al perfil del experto

1. La metodología de estudio se caracteriza por el anonimato así que no se atribuirán ni publicarán tus respuestas a tu nombre. Sin embargo, nos interesa identificarte para vincular tus respuestas a la Ronda 1.

Nombre

Dirección de correo electrónico

2. Autovalore el grado de influencia que cada una de las fuentes que se le presentan a continuación ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el tema de investigación "Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción"

| | Bajo | Medio | Alto |
|---|---|---|---|
| Análisis teórico realizado por usted | ○ | ○ | ○ |
| Su experiencia obtenida de su actividad práctica | ○ | ○ | ○ |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores Colombianos | ○ | ○ | ○ |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros | ○ | ○ | ○ |
| Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el país o extranjero | ○ | ○ | ○ |
| Su intuición sobre el tema abordado | ○ | ○ | ○ |

3. Marque en la casilla que corresponde el grado de conocimiento que usted posee acerca de temáticas como las siguientes: ERP, selección de sistema de información, procesos de negocio del sector de la construcción. Valorándose en una escala de 0 a 10 (considerando el 0 como no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 de pleno conocimiento del estado de la cuestión).

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Ronda 2. Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

### Factores determinantes en la selección de un ERP en el sector de la construcción

A continuación se presentan los resultados de la calificación de la importancia de los factores según la mayoría de los expertos:

**Factores Financieros**
Costo inicial: Importante
Costo de implementación: Importante
Costo de entrenamiento: Importante
Costo de mantenimiento: Importante
Condiciones comerciales: Muy importante
Prestación de servicios: Importante
Garantía: Importante
SLA (Acuerdo de nivel de servicio): Muy importante

**Factores de Negocio**
Ajuste a la estrategia de negocio: Muy importante
Ajuste con la estrategia tecnológica: Importante
Gestión de cambios: Muy importante

**Factores de Software**
Tiempo de implementación: Importante
Tiempo de entrenamiento: Importante
Tiempo de producción: Importante
Idoneidad (Adaptación de las funcionalidades): Muy importante
Interoperabilidad: Muy importante
Cumplimiento: Muy importante
Mantenibilidad: Importante
Personalización: Importante
Amigable con el usuario: Muy importante
Creación de aplicaciones de usuario: Importante
Eficiencia: Importante
Modularidad: Muy importante
Facilidad de aprendizaje: Muy importante
Facilidad de desarrollo interno: Neutral
Escalabilidad: Muy importante
Portabilidad: Muy importante
Capacidad de actualización: Muy importante
Integración: Muy importante
Madurez: Importante
Tolerancia a fallos: Importante
Recuperación: Muy importante
Seguridad: Muy importante

**Factores tecnológicos**
Plataforma independiente: Importante
Adecuación de la arquitectura técnica: Importante
Idiomas y herramientas de desarrollo: Importante
Servicio de Internet: Importante
Documentación para el usuario: Muy importante
Documentación técnica: Neutral
**Factores del proveedor**
Solidez financiera: Muy importante
Credenciales de proveedor: Muy importante
Sostenibilidad y responsabilidad social: Importante
Disponibilidad de recursos: Muy importante
R&D: Importante
Experiencia del proveedor: Muy importante
Servicio de soporte: Muy importante
Relación entre clientes y proveedores: Muy importante
Tiempo de servicio: Muy importante

## 4. Establezca la prioridad de los siguientes Grupos de Factores

- Factores financieros
- Factores de negocio
- Factores de Software
- Factores de Proveedor
- Factores tecnológicos

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

## Ronda 2. Factores determinantes en la selección de un ERP para construcción

Necesidades de sector de la construcción en relación a un Sistema de Información Gerencial

A continuación se presentan los términos más recurrentes empleados por el grupo de expertos para listar las funcionalidades deseables en un ERP para el sector de la construcción:

5. Según lo anterior, su conocimiento y experiencia seleccione del siguiente listado aquellas funcionalidades/características que considera indispensables en un ERP para el sector de la construcción:

- [ ] Generación masiva de pagos
- [ ] Registro automático de compras y servicios
- [ ] Control presupuestal
- [ ] Gestión de nómina
- [ ] Facturación a clientes
- [ ] Informes gerenciales móviles
- [ ] Que este en la nube y se pueda abrir desde cualquier dispositivos móvil
- [ ] Amigable con Neodata, project, BIM
- [ ] Ingreso y control de Planeación
- [ ] Manejo línea base por proyecto
- [ ] Gestión de actividades
- [ ] Registro avance de obra
- [ ] Control avance financiero
- [ ] Consumo de materiales/insumos/productos/recursos
- [ ] Gestión de costos de los proyectos

- [ ] Recursos humanos con lista de raya y conexión a entornos de gobierno para pago de empleados específicos de la construcción.
- [ ] La posibilidad de trabajar off line.
- [ ] Control de presupuesto, sobre todo en el manejo del anticipo
- [ ] Control de Tiempos y Movimientos (de acuerdo a punto 7)
- [ ] Control de Subcontratos
- [ ] Control de afiliación y retiro de los trabajadores del sistema de seguridad social
- [ ] Licitaciones
- [ ] Listas de precios de insumos presupuestos
- [ ] Subcontratas
- [ ] Programación de obra y reprogramación
- [ ] Modificaciones al presupuesto
- [ ] Almacén compras de insumos
- [ ] Registro de avance físico
- [ ] Facturación a proveedores
- [ ] Pago a proveedores
- [ ] Facturación a clientes
- [ ] Pago a clientes
- [ ] Reportes básicos de costos de obra
- [ ] Desviaciones en presupuesto
- [ ] Avance físico y financiero
- [ ] Otro (especifique)

Ant. Sig.

Desarrollado por SurveyMonkey
Ve lo fácil que es crear una encuesta.

# E. Anexo: Respuesta de los expertos a la Ronda 2. Coeficiente de argumentación

| Fuente de argumentación | E21 | E20 | E19 | E18 | E17 | E16 | E15 | E14 | E13 | E12 | E11 | E10 | E9 | E8 | E7 | E6 | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Análisis teórico realizado por usted | Alto | Bajo | Alto | Medio | Medio | Medio | Alto | Bajo | Bajo | Alto | Medio | Bajo | Alto | Alto | Medio | Medio | Alto | Alto | Alto | Medio | Medio |
| Su experiencia obtenida de su actividad práctica | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Bajo | Medio | Alto | Medio | Medio | Alto | Alto |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores Colombianos | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Medio | Medio | Medio | Medio | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Estudio de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el país o extranjero | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio | Alto | Medio | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio | Alto | Alto | Medio | Alto | Medio | Alto | Medio |
| Su intuición sobre el tema abordado | Alto | Medio | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio | Medio | Alto | Medio | Alto | Medio | Bajo | Medio | Alto | Bajo |

# F. Anexo: Respuesta de los expertos a la Ronda 2. Coeficiente de conocimiento

| | E21 | E20 | E19 | E18 | E17 | E16 | E15 | E14 | E13 | E12 | E11 | E10 | E9 | E8 | E7 | E6 | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| grado de conocimiento | 10 | 7 | 9 | 8 | 9 | 6 | 10 | 7 | 10 | 10 | 8 | 8 | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 7 | 9 |

# G. Anexo: Respuesta de los expertos a la Ronda 2. Priorización de los Grupos de Factores

| Grupo de factores | E21 | E20 | E19 | E18 | E17 | E16 | E15 | E14 | E13 | E12 | E11 | E10 | E9 | E8 | E7 | E6 | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Factores financieros | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| Factores de negocio | 2 | 2 | 5 | 4 | 1 | 3 | 4 | 2 | 5 | 3 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| Factores de Software | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 5 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Factores de Proveedor | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 2 | 4 | 5 | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| Factores tecnológicos | 4 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 2 | 5 | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 |

# Bibliografía


Akkermans, H. A., Bogerd, P., Yücesan, E., & van Wassenhove, L. N. (2003). The impact of ERP on supply chain management: Exploratory findings from a European Delphi study. *European Journal of Operational Research*, *146*(2), 284–301. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00550-7

Allwood, C. M., & Selart, M. (2013). *Decision making : social and creative dimensions*. Springer Neherlands.

ANDI. (2017). Colombia: Balance 2017 y Perspectivas 2018, 66. Retrieved from http://www.andi.com.co/Uploads/ANDIBalance2017Perspectivas 2018_636529234323436831.pdf

ANDI. (2019). *Colombia: Balance 2018 y Perspectivas 2019*. Retrieved from https://imgcdn.larepublica.co/cms/2018/12/28132344/ANDI-Balance-y-Perspectivas.pdf?w=auto

Anthony Kelly. (2003). *Decision Making Using Game Theory: An Introduction for Managers*. Cambridge University Press. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=42w-JkICqQUC&printsec=frontcover&dq=game+theory+decision+making&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiZkJGj7pviAhXqwFQKHedkCRkQ6AEIKDAA#v=onepage&q=game theory decision making&f=false

Antoniadis, I., Tsiakiris, T., & Tsopogloy, S. (2015). Business Intelligence During Times of Crisis: Adoption and Usage of ERP Systems by SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1204

Bajahzar, A., Alqahtani, A., & Baslem, A. (2012). Successful Implementation of Enterprise Resource Planning (ERP). In *2012 International Conference on*

*Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT)* (pp. 156–160). IEEE. https://doi.org/10.1109/ACSAT.2012.100

Beach, L. R., & Connolly, T. (2005). *The psychology of decision making : people in organizations*. Sage Publications.

Bhati, P. S., & Trivedi, M. C. (2016). Applicability and Impact of ERP: A Survey. *2016 Second International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT)*, 28–31. https://doi.org/10.1109/CICT.2016.15

Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). The Use of Expert Judgment for Assessing ICT: the Coefficient of Expert Competence. *Sociedad Española De Pedagogía*, *65 (2)*, 75–96. https://doi.org/10.13042/Bordon.2016.68402

Cakir, S. (2016). Selecting appropriate ERP software using integrated fuzzy linguistic preference relations fuzzy TOPSIS method. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, *9*(3), 433–449. https://doi.org/10.1080/18756891.2016.1175810

CAMACOL. (2016a). EXPOCAMACOL 2016, Plataforma hacia la nueva economía. Retrieved September 10, 2018, from https://camacol.co/prensa/noticias/expocamacol-2016-plataforma-hacia-la-nueva-economía

CAMACOL. (2016b). La construcción alrededor del mundo: ¿ Qué ha pasado y qué podemos esperar ?, (84), 1–13.

CAMACOL. (2018a). *Construyendo colombia 2018-2022*.

CAMACOL. (2018b). *Tendencias de la construcción. Economía y coyuntura sectorial*.

CAMACOL. (2019). *INFORME DE ACTIVIDAD EDIFICADORA*. Retrieved from https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/IAE abril.pdf

Chaturvedi, R. (2013). *Managing Organizations*. New Delhi: Vikas Publishing House. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=B19DDAAAQBAJ&pg=PA70&lpg=PA70&dq=McFarland+“A+decision+is+an+act+of+choice+where+in+an+executive+forms+a+conclusion+about+what+must+i»+done+in+a+given+situation.+A

+decision+represents+behavior+‘cho

Dakhil, A., Underwood, J., & Al Shawi, M. (2019). Critical Success Competencies for the Bim Implementation Process: Uk Construction Clients. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, *24*, 80–94. Retrieved from http://www.itcon.org/2019/5

DANE. (2018). Indicador de inversion en Obras Civiles. Retrieved April 13, 2019, from https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicador-de-inversion-en-obras-civiles

DANE. (2019a). Estadísticas de concreto premezclado. Retrieved April 13, 2019, from https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-concreto-premezclado

DANE. (2019b). Financiación de vivienda. Retrieved April 13, 2019, from https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/financiacion-de-vivienda

DANE. (2019c). Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV). Retrieved April 13, 2019, from https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-costos-de-la-construccion-de-vivienda-iccv

DANE. (2019d). Licencias de construcción. Retrieved April 13, 2019, from https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion

Davenport, T. H. (1998). Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, *76*(4).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2019). Boletín Técnico: Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC). *Boletín Técnico, Educación Formal 2014*, 1–44.

Diwan, P. (1998). *Management Principles and Practices*. (E. Books, Ed.) (Institute). New Delhi. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=cRL5kqgUBH4C&pg=PA252&lpg=PA252&dq=McFarland+“A+decision+is+an+act+of+choice+where+in+an+executive+forms+a+conclusion+about+what+must+i»+done+in+a+given+situation.+

A+decision+represents+behavior+‘c

Dos Santos, B. L. (1989). Selecting information systems projects: problems, solutions and challenges. *System Sciences, 1989. Vol. III: Decision Support and Knowledge Based Systems Track, Proceedings of the Twenty-Second Annual Hawaii International Conference On*, *3*, 131–140. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=49233

Eisenhardt, K. M., & Zbaracki, M. J. (1992). *Strategic Decision Making*. *Source: Strategic Management Journal* (Vol. 13). Winter. Retrieved from https://www-jstor-org.ezproxy.unal.edu.co/stable/pdf/2486364.pdf?ab_segments=0%252Fl2b-basic-1%252Frelevance_config_with_tbsub&refreqid=excelsior%3Ae650a39b132baa9e2629fd30a0f04915

El-Mashaleh, M. S., Hyari, K. H., Bdour, A. N., & Rababeh, S. M. (2016). A Multi-Attribute Decision-Making Model for Construction Enterprise Resource Planning System Selection. *International Journal of Construction Education and Research*. https://doi.org/10.1080/15578771.2015.1015755

Elragal, A., & Haddara, M. (2012). The Future of ERP Systems: look backward before moving forward. *Procedia Technology*, *5*, 21–30. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.09.003

Esteves, J., & Pastor, J. (2001). Enterprise Resource Planning Systems Research: An Annotated Bibliography. *Communications of the Association for Information Systems*, *7*(8), 1–51.

Ettlie, J. E., & Perotti, V. J. (2002). The adoption of Enterprise Resource Planning (ERP) systems. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 15, pp. 133–137). IFAC Secretariat. https://doi.org/10.3182/20020721-6-ES-1901.00025

Forslund, H. (2012). Selection , implementation and use of ERP systems for supply chain performance management. https://doi.org/10.1108/02635571011077816

Fotini, M., Anthi-maria, S., & Euripidis, L. (2008). ERP Systems Business Value : A

Critical Review of Empirical Literature, 186–190. https://doi.org/10.1109/PCI.2008.38

Franzosi, R., Doyle, S., McClelland, L. E., Putnam Rankin, C., & Vicari, S. (2013). Quantitative narrative analysis software options compared: PC-ACE and CAQDAS (ATLAS.ti, MAXqda, and NVivo). *Quality and Quantity*, *47*(6), 3219–3247. https://doi.org/10.1007/s11135-012-9714-3

Garg, V. K., & Venkitakrishnan, N. K. (2003). *ENTERPRISE RESOURCE PLANNING: CONCEPTS AND PRACTICE*. PHI Learning. Retrieved from https://books.google.co.in/books?id=5mNjGObvTaAC

Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales. In *2003 Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education* (pp. 82–88). Retrieved from https://scholarworks.iupui.edu/bitstream/handle/1805/344/Gliem %26 Gliem.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Goodhue, D., & Thompson, R. (1995). Task-technology fit and individual performance. *MIS Quarterly: Management Information Systemsly*.

Gordon, T. J. (1994). *THE DELPHI METHOD*. Retrieved from http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/delphi_method.pdf

Gore, W. J. (1959). A Bibliographical Essay on Decision Making, *4*(1), 97–121.

Guo, J. X. (2019). Measuring Information System Project Success through a Software-Assisted Qualitative Content Analysis. *Information Technology and Libraries*, *38*(1), 53–70. https://doi.org/10.6017/ital.v38i1.10603

Haddara, M, & Zach, O. (2011). ERP Systems in SMEs: A Literature Review. In *2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1–10). IEEE. https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.191

Haddara, Moutaz, & Elragal, A. (2013). Moutaz Haddara and Ahmed Elragal , ERP Lifecycle : A Retirement Case Study , ERP Lifecycle : A Retirement Case Study, *26*(January).

Handoko, B. L., Aryanto, R., & So, I. G. (2015). The Impact of Enterprise Resources System and Supply Chain Practices on Competitive Advantage

and Firm Performance: Case of Indonesian Companies. In *Procedia Computer Science*. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.112

Helmer, O. (1967). Analysis of the future: The Delphi Method. *Rivista Italiana Di Amministrazione Industriale*.

Hendricks, K. B., Singhal, V. R., & Stratman, J. K. (2007). The impact of enterprise systems on corporate performance: A study of ERP, SCM, and CRM system implementations. *Journal of Operations Management*, *25*(1), 65–82. https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.02.002

Herrmann, H., & Bucksch, H. (2015). Coefficient of Concordance. *Dictionary Geotechnical Engineering/Wörterbuch GeoTechnik*, 248–248. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_33001

Hill, R. W., & Hillier, T. J. (1977). *Organisational Buying Behavior: The Key to More Effective Selling to Industrial Markets*. Macmillan. Retrieved from https://books.google.com.co/books?id=lhcWSQAACAAJ

Hitt, L. M., Wu, D. J., & Zhou, X. (2002). Investment in enterprise resource planning: Business impact and productivity measures. *Journal of Management Information Systems*, *19*(1), 71–98. Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0036608181&partnerID=tZOtx3y1

Hodgkinson, G. P., & Starbuck, W. H. (2009). The Oxford Handbook of Organizational Decision Making. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199290468.003.0001

Høyland, S. A., Holte, K. A., Gressgård, L. J., Hansen, K., & Solberg, A. (2019). Exploring multiple working arrangements in Norwegian engineering, procurement, and construction industry from a middle manager and supervisor perspective: A sociotechnical system perspective. *Applied Ergonomics*, *76*(December 2018), 73–81. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.12.005

Hunton, J. E., Lippincott, B., & Reck, J. L. (2003). Enterprise resource planning systems: comparing firm performance of adopters and nonadopters. *International Journal of Accounting Information Systems*, *4*(3), 165–184.

https://doi.org/10.1016/S1467-0895(03)00008-3

Jackson, K. M., & Trochim, W. M. K. (2002). Concept Mapping as an Alternative Approach for the Analysis of Open-Ended Survey Responses. *Organizational Research Methods*, *5*(4), 307–336. https://doi.org/10.1177/109442802237114

Jacobs, F. R., & Bendoly, E. (2003). Enterprise resource planning: Developments and directions for operations management research. *European Journal of Operational Research*, *146*(2), 233–240. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00546-5

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, *7*(4), 396–403. https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975

Joshi, K., & Pant, S. (2008). Development of a framework to assess and guide IT investments: An analysis based on a discretionary–mandatory classification. *International Journal of Information Management*, *28*(3), 181–193. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2007.09.002

Kaewkamol, P. (2015). Factors for Enterprise Resource Planning System Selection to Support Information Management of. *Industrial Engineering, Management Science and Applications 2015, Lecture Notes in Electrical Engineering*, *349*, 541–550. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47200-2

Kalaian, S. A., & Kasim, R. M. (2012). Terminating Sequential Delphi Survey Data Collection - Practical Assessment, Research & Evaluation. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, *17*(5), 1–10. Retrieved from http://pareonline.net/getvn.asp?v=17&n=5

Katz, R. L. (2017). El observatorio de la economía digital de Colombia, 45.

Kilic, H. S., Zaim, S., & Delen, D. (2015). Selecting “The Best” ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods. *Expert Systems with Applications*, *42*(5), 2343–2352. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.034

King, J. L., & Schrems, E. L. (1978). Cost-Benefit Analysis in Information Systems Development and Operation. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, *10*(1). https://doi.org/10.1145/356715.356718

Kumar, A., & Sharma, R. (2000). *Principles Of Business Management*. New Delhi: Atlantic Publishers & Dist. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=zllZQ153nWwC&pg=PA245&lpg=PA245&dq=McFarland+“A+decision+is+an+act+of+choice+where+in+an+executive+forms+a+conclusion+about+what+must+i»+done+in+a+given+situation.+A+decision+represents+behavior+‘c

Kumar, R. (2011). *Research Methodology A Step By Step Guide For Beginners*.

Laudon, N., & Laudon, H. (2006). *Sistemas de Información Gerencial*.

Laukkanen, S., Sarpola, S., & Hallikainen, P. (2005). ERP system adoption - does the size matter? *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, *00*(C), 1–9. https://doi.org/10.1109/HICSS.2005.245

Loo, R. (2002). The Delphi method: A powerful tool for strategic management. *Policing*, *25*(4), 762–769. https://doi.org/10.1108/13639510210450677

López, C., & Ishizaka, A. (2017). GAHPSort: A new group multi-criteria decision method for sorting a large number of the cloud-based ERP solutions. *Computers in Industry*, *92–93*, 12–24. https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.06.007

Love, P. E. D., Irani, Z., & Edwards, D. J. (2005). Researching the investment of information technology in construction: An examination of evaluation practices. *Automation in Construction*, *14*(4), 569–582. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.12.005

Ma, Z., Lu, N., & Wu, S. (2011). Identification and representation of information resources for construction firms. *Advanced Engineering Informatics*, *25*(4), 612–624. https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.08.008

Magee, J. F. (2019). *Decision Trees for Decision Making*. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/8b50/f12a4240b7306ca4d0ac9199d192ddc90031.pdf

May, J., Dhillon, G., & Caldeira, M. (2013). Defining value-based objectives for ERP systems planning. *Decision Support Systems*, *55*(1), 98–109. https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.12.036

McKeen, J. D., & Guimaraes, T. (1985). Selecting MIS Projects by Steering Committee. *Commun. ACM*, *28*(12), 1344–1352. https://doi.org/10.1145/214956.214965

McMillan, S. S., King, M., & Tully, M. P. (2016). How to use the nominal group and Delphi techniques. *International Journal of Clinical Pharmacy*, *38*(3), 655–662. https://doi.org/10.1007/s11096-016-0257-x

Medeiros Jr, A. de, Perez, G., & Lex, S. (2014). Using Analytic Network for Selection of Enterprise Resource Planning (Erp) Aligned To Business Strategy /Utilização Da Rede Analítica Para a Seleção De Sistemas Integrados De Gestão (Erp) Alinhados À Estratégia De Negócio. *Journal of Information Systems and Technology Management*, *11*(2), 277–296. https://doi.org/10.4301/S1807-17752014000200004

Méxas, M. P., Quelhas, O. L. G., & Costa, H. G. (2012). Prioritization criteria for enterprise resource planning systems selection for civil construction companies: a multicriteria approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*, *39*(8), 855–866. https://doi.org/10.1139/l2012-071

Méxas, M. P., Quelhas, O. L. G., Costa, H. G., & Lameira, V. de J. (2013). A Set of Criteria for Selection of Enterprise Resource Planning (ERP). *International Journal of Enterprise Information Systems*, *9*(2), 44–69. https://doi.org/10.4018/jeis.2013040103

MinTIC. (2013). Visión estratégica del sector de software y servicios asociados plan de mercadeo y ventas regionalizado del sector en colombia. *Plan Vive Digital*.

Models of Organizational Decision Making. (n.d.). Retrieved April 30, 2019, from http://lionelingram.com/560_MODELS OF ORGANIZATION DECISION MAKING.pdf

Monahan, G. E. (George E. (2000). *Management decision making : spreadsheet modeling, analysis, and application*. Cambridge University Press. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=kOAKlA-PJTkC&printsec=frontcover&dq=decision+making+models&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjl48nK5pviAhWojlQKHbt5DQY4ChDoAQg5MAI#v=onepage&q=de

cision making models&f=false

Nazemi, E., & Tarokh, M. J. (2012). ERP : a literature survey, 999–1018. https://doi.org/10.1007/s00170-011-3756-x

Nelson, D. L., & Quick, J. C. (2011). *Organizational behavior : science, the real world and you*. South-Western Cengage Learning.

Noureddine, M., & Oualid, K. (2018). *Extraction of ERP Selection Criteria using Critical Decisions Analysis*. *IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 9). Retrieved from www.ijacsa.thesai.org

OCDE/CAF/CEPAL. (2018). *Perspectivas económicas de América Latina 2018 Repensando las instituciones para el desarrollo*. *Ocde*. https://doi.org/https://doi.org/10.1787/leo-2018-13-es

OES Services. (2018). Understanding Decision Making - Orgnizational Behavior. Retrieved April 30, 2019, from https://courses.lumenlearning.com/suny-hccc-orgbehavior/chapter/11-2-understanding-decision-making/

Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications. *Information and Management*, *42*(1), 15–29. https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002

Olhager, J., & Selldin, E. (2003). Enterprise resource planning survey of Swedish manufacturing firms. *European Journal of Operational Research*, *146*(2), 365–373. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00555-6

OXFORD BUSINESS GROUP. (2016). Construction remains a tool for growth in Colombia.

Palanisamy, R., Verville, J., Bernadas, C., & Taskin, N. (2010). *An empirical study on the influences on the acquisition of enterprise software decisions: A practitioner's perspective*. *Journal of Enterprise Information Management* (Vol. 23). https://doi.org/10.1108/17410391011083065

Priscilla, G. A. (2005). Fundamental of Survey Research Methodology. *Centre for Evaluation and Researchesearch*. https://doi.org/10.2146/ajhp070364

Qian, J. L., & Wang, D. F. (2002). A New Rank Correlation Coe⁄cient with Application to the Consensus Ranking Problem. *Journal of Multi-Criteria*

*Decision Analysis*, *11*(September), 17–28. https://doi.org/10.1002/mcda.313

RAND. (2019). Research in RAND Corporation. Retrieved June 5, 2019, from https://www.rand.org/research.html

Rational Decision Making Models. (n.d.). Retrieved April 30, 2019, from https://www.decision-making-confidence.com/rational-decision-making-models.html

Reuther, D., & Chattopadhyay, G. (2004). Critical factors for enterprise resources planning system selection and implementation projects within small to medium enterprises. In *IEEE International Engineering Management Conference* (Vol. 2, pp. 851–855). Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-17644406056&partnerID=tZOtx3y1

Ridha, M. B. (2015). The Role of Heuristic Methods as a Decision-Making Tool in Aggregate Production Planning. *International Journal of Business Administration*, *6*(2). https://doi.org/10.5430/ijba.v6n2p68

Robert Jacobs, F., & 'Ted' Weston, F. C. (2007). Enterprise resource planning (ERP)—A brief history. *Journal of Operations Management*, *25*(2), 357–363. https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.11.005

Robinson, P. J., Faris, C. W., Wind, Y., & Institute, M. S. (1967). *Industrial Buying and Creative Marketing*. Allyn and Bacon. Retrieved from https://books.google.com.co/books?id=xt9EAAAAIAAJ

Sadrzadehrafiei, S., Gholamzadeh, A., & Karimi, N. (2013). The Benefits of Enterprise Resource Planning ( ERP ) System Implementation in Dry Food Packaging Industry. *Procedia Technology*, *11*(Iceei), 220–226. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.184

Santhanam, R., & Kyparisis, J. (1995). A multiple criteria decision model for information system project selection. *Computers & Operations Research*, *22*(8), 807–818. https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00069-K

Scherer, R. J., & Schapke, S.-E. (2011). A distributed multi-model-based Management Information System for simulation and decision-making on construction projects. *Advanced Engineering Informatics*, *25*(4), 582–599.

https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.08.007

Schlichter, B. R., Kraemmergaard, P., Bjarne Rerup Schlichter;, & Kraemmergaard, P. (2010). *A comprehensive literature review of the ERP research field over a decade*. *Journal of Enterprise Information Management* (Vol. 23 Is, Vol. 23). Journal of Enterprise Information Management. https://doi.org/10.1108/17410391011061780

Schniederjans, M. J., & Santhanam, R. (1993). A multi-objective constrained resource information system project selection method. *European Journal of Operational Research*, *70*(2), 244–253.

Shang, S., & Seddon, P. B. (2000). A Comprehensive Framework for Classifying the Benefits of ERP Systems. *Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, 1005–1014. Retrieved from http://aisel.aisnet.org/amcis2000

Sheth, J. N. (1973). A Model of Industrial Buyer Behavior. *Journal of Marketing*, *37*(4), 50–56. https://doi.org/10.2307/1250358

Shtub, A., & Ramesh Karnik, S. (2010). *ERP: The Dynamics of Supply Chain and Process Management*. New York, New York, USA: Springer New York LLC. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74526-8

Simon, H. A. (1965). Administrative Decision Making. *Public Administration Review*, 31–37. Retrieved from https://about.jstor.org/terms

Sims, R. R. (2002). *Managing organizational behavior*. Quorum Books. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=NUhNEWv_aokC&pg=PA207&dq=delphi+technique+decision+making&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiHgfa0mZziAhVnh1QKHZmPDV4Q6AEIRTAE#v=onepage&q=delphi technique decision making&f=false

Skinner, R., Nelson, R. R., Chin, W. W., & Land, L. (2015). The Delphi method research strategy in studies of information systems. *Communications of the Association for Information Systems*, *37*, 31–63. https://doi.org/10.17705/1CAIS.03702

Smit, P. J. (Pieter J. (2007). *Management principles : a contemporary edition for Africa.* Juta. Retrieved from

https://books.google.com.mx/books?id=rInm6bNmn9AC&pg=PT171&dq=queue+theory+decision+making&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjo8Ia19JviAhUCwMQHHWSHDToQ6AEIKDAA#v=onepage&q=queue theory decision making&f=false

Srivastava, U. K., Shenoy, G. V., Sharma, S. C. (Subhash C. ., & Srivastava, U. K. (1989). *Quantitative techniques for managerial decisions*. Wiley.

Steptoe-Warren, G., Howat, D., & Hume, I. (2011). Strategic thinking and decision making: literature review. *Journal of Strategy and Management*, *4*(3), 238–250. https://doi.org/10.1108/17554251111152261

Steyrer, J. (1998). Charisma and the Archetypes of Leadership. *Organization Studies*, *19*(5), 807–828. https://doi.org/10.1177/017084069801900505

Su, Y., & Yang, C. (2010). Why are enterprise resource planning systems indispensable to supply chain management? *European Journal of Operational Research*, *203*(1), 81–94. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.003

Superintendencia de sociedades. (2015). *Desempeño del sector software 2012 - 2014*. Retrieved from http://www.supersociedades.gov.co/asuntos-economicos-y-contables/estudios-y-supervision-por-riesgos/estudios-economicos-y-financieros/Paginas/Sectores-economicos.aspx

Superintendencia de sociedades. (2016). *Desempeño del sector construcción edificaciones 2016*. Retrieved from http://www.supersociedades.gov.co/asuntos-economicos-y-contables/estudios-y-supervision-por-riesgos/estudios-economicos-y-financieros/Paginas/Sectores-economicos.aspx

SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. (2018a). *DESEMPEÑO DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN EDIFICACIONES INFORME*. Retrieved from www.supersociedades.gov.co

SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. (2018b). *DESEMPEÑO DEL SECTOR INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE INFORME*.

SurveyMonkey. (2019). Inspiramos la curiosidad | SurveyMonkey. Retrieved June 11, 2019, from https://es.surveymonkey.com/mp/aboutus/?ut_source=footer

Symonds, E. (2011). A practical application of SurveyMonkey as a remote

usability-testing tool. *Library Hi Tech*, *29*(3), 436–445. https://doi.org/10.1108/07378831111174404

Tarantilis, C. D., Kiranoudis, C. T., & Theodorakopoulos, N. D. (2008). A Web-based ERP system for business services and supply chain management: Application to real-world process scheduling. *European Journal of Operational Research*, *187*(3), 1310–1326. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.015

The Rational Decision Making Model: Steps and Purpose in Organizations. (n.d.). Retrieved May 1, 2019, from https://study.com/academy/lesson/the-rational-decision-making-model-steps-and-purpose-in-organizations.html

Toni M. Somers, A. R. (2002). Enterprise Resource Planning. *Journal of Management Information Systems*, *19*(1), 11–15. https://doi.org/10.1080/07421222.2002.11045718

Torrado-fonseca, M., & Reguant-álvarez, M. (2016). El Método Delphi. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, *9*(9 (1)), 0–2. https://doi.org/10.1344/reire2016.9.1916

Triana, C. (2017). *Gestión de innovación de las empresas del sector de la construcción en colombia.* UNIVERSITAT POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA.

United Nations. (2018). *World Economic Situation and Prospects 2018*. Retrieved from https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/WESP2018_Full_Web-1.pdf

Vassilis M. Papadakis, Spyros Lioukas, D. C. (1998). Strategic Decision-Making Processes: The Role of Management and Context, *19*(2), 115–147.

Verville, J., & Halingten, A. (2003). A six-stage model of the buying process for ERP software. *Industrial Marketing Management*, *32*(7), 585–594. https://doi.org/10.1016/S0019-8501(03)00007-5

Waclawski, E. (2012). How i use it: Survey monkey. *Occupational Medicine*, *62*(6), 477–477. https://doi.org/10.1093/occmed/kqs075

Webster, F. E., & Wind, Y. (1972). A General Model for Understanding Organizational Buying Behavior. *Journal of Marketing*, *36*(2), 12–19.

https://doi.org/10.2307/1250972

Wei, C.-C., & Wang, M.-J. J. (2004). A comprehensive framework for selecting an ERP system. *International Journal of Project Management*, *22*(2), 161–169. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00064-9

Wipulanusat, W., Panuwatwanich, K., Stewart, R. A., & Sunkpho, J. (2019). Drivers and barriers to innovation in the Australian public service: a qualitative thematic analysis. *Engineering Management in Production and Services*, *11*(1), 7–22. https://doi.org/10.2478/emj-2019-0001

Worrell, J. L., Di Gangi, P. M., & Bush, A. A. (2013). Exploring the use of the Delphi method in accounting information systems research. *International Journal of Accounting Information Systems*, *14*(3), 193–208. https://doi.org/10.1016/j.accinf.2012.03.003