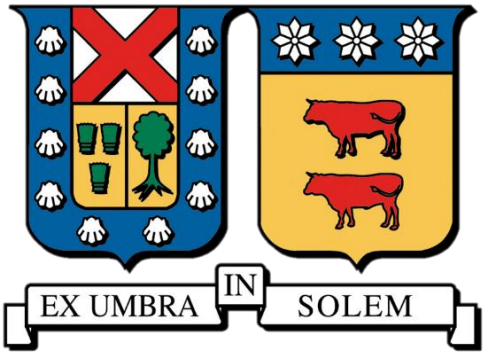
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO



GESTIÓN DEL TALENTO EN LA CONSTRUCCIÓN, ANÁLISIS DE FACTORES DE ROTACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES

Martín Ignacio Cortés Mundaca

Memoria para optar al Título de

Constructor Civil

Profesor Guía

Felipe Araya

octubre de 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

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

Título del trabajo: GESTIÓN DEL TALENTO EN LA CONSTRUCCIÓN, ANÁLISIS DE FACTORES DE ROTACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES.

Nombre del candidato(a): Martín Ignacio Cortés Mundaca

Carrera / Grado: Construcción Civil / Pregrado

Campus: Casa Central_____ **Departamento:** Obras Civiles_____

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, _____Felipe Araya_____, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

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

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

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

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

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

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

_____

_____

_____

4.- FIRMAS

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

Fecha: 28-10-2026 **Firma:** _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: _____26 – 10 - 2026_____ **Firma:** _____

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

RESUMEN

La presente memoria tiene como propósito desarrollar un modelo de simulación basado en agentes para analizar la rotación laboral voluntaria de un proyecto de construcción, desde la perspectiva de la gestión del talento. La investigación surge a partir de la importancia que tiene la fuerza laboral en la ejecución de obras y de los efectos que puede generar la salida voluntaria de trabajadores sobre la continuidad de los equipos, la productividad, la planificación y el desempeño general de los proyectos. En este contexto la rotación laboral se aborda como un fenómeno dinámico y multifactorial, influido por condiciones económicas, laborales, relacionales, geográficas, organizacionales y de desarrollo personal.

Para abordar esta problemática, se construyó un modelo conceptual que representa el proceso posterior a la contratación de un trabajador dentro de una obra. En este modelo, el trabajador es considerado como el agente principal del sistema, el cual puede permanecer activo o renunciar según la influencia de distintos factores asociados a la intención de salida. Los factores considerados fueron bajo salario, relación con compañeros de trabajo, carga laboral, lejanía entre el hogar y la obra, desarrollo personal y compromiso organizacional. Estos factores fueron seleccionados a partir de literatura, estudios previos y datos secundarios vinculados con la rotación laboral y la gestión del talento de la industria de la construcción.

La metodología utilizada corresponde a un enfoque exploratorio, ya que el modelo no busca predecir con exactitud la rotación laboral de una empresa específica, sino representar de manera dinámica el comportamiento del fenómeno bajo determinados supuestos. Para ello, se utilizaron datos cuantificables provenientes de estudios previos, los cuales permitieron parametrizar la influencia relativa de cada factor de renuncia. Además, se incorporó variabilidad individual, con el fin de representar que los trabajadores no responden de la misma manera frente a las mismas condiciones laborales.

El modelo fue implementado mediante simulación basada en agentes, a través del software AnyLogic, permitiendo observar cómo las decisiones individuales de los trabajadores pueden generar resultados acumulados a nivel de obra. A partir de esta estructura, se analizaron distintos escenarios de simulación. En primer lugar, se evaluaron horizontes temporales de 6, 12 y 24 meses, con el objetivo de observar cómo evoluciona la rotación laboral a medida que aumenta el tiempo de exposición de los trabajadores a los factores de renuncia. En segundo lugar, se incorporaron escenarios asociados a distintas tasas promedio anuales de desempleo, para analizar la sensibilidad del modelo frente a cambios en el contexto externo del mercado laboral, esto último fue evaluado en horizontes temporales de 6 y 12 meses.

El análisis realizado permite comprender que la rotación laboral voluntaria no depende de una causa única, sino de la interacción entre distintos factores que afectan la experiencia del trabajador dentro de la obra. Además, el modelo permite comparar escenarios, identificar factores de mayor incidencia y diferenciar entre la cantidad de renuncias registradas y la participación relativa de cada causa dentro del total. Esta distinción entrega una lectura más completa del fenómeno, ya que permite analizar tanto la magnitud de la rotación como la composición de sus causas.

La memoria busca aportar una herramienta flexible y adaptable para apoyar la toma de decisiones en gestión del talento dentro de proyectos de construcción. Su principal contribución consiste en representar la rotación laboral voluntaria desde una perspectiva dinámica, incorporando el comportamiento individual de los trabajadores y su efecto acumulado sobre la obra. De esta manera, la simulación basada en agentes se presenta como una herramienta útil para orientar estrategias de retención más preventivas, enfocadas en manejar las condiciones laborales, Fortalecer el clima de trabajo, promover oportunidades de desarrollo, reducir dificultades asociadas a la lejanía y reforzar el compromiso organización.

ÍNDICE

RESUMEN 2
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES 6
ÍNDICE DE FORMULAS 6
ÍNDICE DE TABLAS 6
ÍNDICE DE GRÁFICOS 6
1. INTRODUCCIÓN 9
2. REVISIÓN DE LITERATURA 13
2.1 GESTIÓN DEL TALENTO 13
2.1.1 RECLUTAMIENTO 13
2.1.1.1 RECLUTAMIENTO INTERNO 14
2.1.1.2 RECLUTAMIENTO EXTERNO 14
2.1.2 SELECCIÓN 14
2.1.3 CAPACITACIÓN 14
2.1.4 RETENCIÓN 15
2.2 ROTACIÓN LABORAL 16
2.3 FUERZA LABORAL 17
3. OBJETIVOS 18
3.1 OBJETIVO GENERAL 18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
4. METODOLOGÍA 19
4.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 19
4.2 USO DE LITERATURA COMO FUENTE DE DATOS 19
4.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL 20
4.4 DEFINICIÓN DE AGENTES 22
4.5 VARIABLES Y PARÁMETROS DEL MODELO 22
4.6 CÁLCULO DE LA TASA DE RENUNCIA 24
4.7 VARIABILIDAD INDIVIDUAL 25
4.8 EVENTOS DE RENUNCIA 25
4.9 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN 26
4.10 SUPUESTOS DEL MODELO 26

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 28
5.1 ESCENARIO BASE SEGÚN HORIZONTES TEMPORALES 29
5.2 ESCENARIOS SEGÚN TASA DE DESEMPLEO 36
6. DISCUCIÓN 48
6.1 MODELO DESARROLLADO (Desarrollo del modelo) 48
6.2 RELACIÓN ENTRE ROTACIÓN LABORAL Y GESTIÓN DEL TALENTO 49
6.3 ALCANCE DE LOS DATOS UTILIZADOS 50
6.4 ESCENARIOS TEMPORALES 50
6.5 ESCENARIOS SEGÚN DESEMPLEO 52
6.6 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS 53
6.6.1 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS TEMPORALES 54
6.6.2 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS SEGÚN DESEMPLEO 57
6.6.3 DIFERENCIA ENTRE NÚMERO DE OCURRENCIAS Y PORCENTAJE RELATIVO 64
6.7 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS (IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA) 66
7. CONCLUSIONES 68
ANEXOS 72
REFERENCIAS 80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa conceptual del modelo..... 21
Ilustración 2. Estructura del modelo basado en agentes en el software AnyLogic. 72
Ilustración 3. Resultados de software AnyLogic de escenario de 7,2% a los 6 meses..... 73
Ilustración 4. Resultados de software AnyLogic de escenario de 7,2% a los 12 meses..... 74
Ilustración 5. Resultados de software AnyLogic de escenario de 8,6% (Base) a los 6 meses. ... 75
Ilustración 6. Resultados de software AnyLogic de escenario de 8,6% (Base) a los 12 meses. . 76
Ilustración 7. Resultados de software AnyLogic de escenario de 8,6% (Base) a los 24 meses. . 77
Ilustración 8. Resultados de software AnyLogic de escenario de 10,7% a los 6 meses..... 78
Ilustración 9. Resultados de software AnyLogic de escenario de 10,7% a los 12 meses..... 79

ÍNDICE DE FORMULAS

Formula 1. Riesgo parcial para cada factor de renuncia..... 23
Formula 2. Tasa de renuncia sensibilizada. 24
Formula 3. Estructura de la variabilidad de cada factor. 25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riesgo parcial de cada parámetro..... 24
Tabla 2. Escenarios de simulación considerados para la sensibilización del modelo. 37
Tabla 3. Comparación de ocurrencias totales de renuncia según tasas de desempleo y horizontes temporales. 57
Tabla 4. Variación de ocurrencias de renuncia según extensión de horizontes temporales respecto la tasas de desempleo. 58
Tabla 5. Variación de ocurrencias de renuncia según tasas de desempleo respecto a la extensión de horizontes temporales..... 58
Tabla 6. Promedio de duración hasta la renuncia según tasas de desempleo y horizontes temporales. 59
Tabla 7. Factores de mayor incidencia a los 6 meses según tasa de desempleo. 60
Tabla 8. Factores de mayor incidencia a los 12 meses según tasa de desempleo. 61
Tabla 9. Distribución porcentual de factores de renuncia según extensión de horizontes temporales respecto la tasa de desempleo. 64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Duración hasta la renuncia en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses. 29
Gráfico 2. Probabilidad de permanencia laboral en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses. 30
Gráfico 3.Número de renuncias según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses. 30
Gráfico 4. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses. 31

Gráfico 5. Duración hasta la renuncia en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses. 32
Gráfico 6. Probabilidad de permanencia laboral en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses. 32
Gráfico 7. Número de renuncias según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses. 33
Gráfico 8. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses. 33
Gráfico 9. Duración hasta la renuncia en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses. 34
Gráfico 10. Probabilidad de permanencia laboral en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses. 35
Gráfico 11. Número de renuncias según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses. 35
Gráfico 12. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses. 36
Gráfico 13. Duración hasta la renuncia en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses..... 38
Gráfico 14. Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses. 38
Gráfico 15. Número de renuncias según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses. 39
Gráfico 16. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses. 39
Gráfico 17. Duración hasta la renuncia en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses..... 40
Gráfico 18. Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses. 41
Gráfico 19. Gráfico 19. Número de renuncias según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses. 41
Gráfico 20. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses. 42
Gráfico 21. Duración hasta la renuncia en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses..... 43
Gráfico 22. Gráfico 22. Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses. 43
Gráfico 23. Número de renuncias según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses. 44
Gráfico 24. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses. 44
Gráfico 25. Duración hasta la renuncia en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses.... 45
Gráfico 26. Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses. 46
Gráfico 27. Número de renuncias según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses. 46

Gráfico 28. Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses. 47

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción cumple un rol relevante en el desarrollo económico y social del país, debido a su incidencia en la generación de empleo, la ejecución de infraestructura y el desarrollo de proyectos que sostienen distintas actividades productivas (Comisión Nacional de Productividad, 2020). Su funcionamiento depende, en gran medida, de la disponibilidad, coordinación y permanencia de la fuerza laboral en obra, debido a que los proyectos requieren capital humano suficiente, trabajadores capacitados y equipos capaces de mantener la continuidad de las actividades durante su ejecución (Flores et al., 2023). En este contexto, la sostenibilidad de la fuerza laboral se relaciona con dimensiones como el bienestar, la equidad, la comunidad y la conexión entre trabajadores, las cuales pueden influir en la satisfacción laboral y en su permanencia dentro del sector (Bonilla et al., 2024). Asimismo, la rotación de trabajadores puede generar consecuencias relevantes para el desempeño de los proyectos, al afectar la continuidad operacional, la coordinación de los equipos, la productividad y la acumulación de experiencia (Abdolmaleki et al., 2024).

Sin embargo, la industria de la construcción enfrenta dificultades persistentes asociadas a la atracción, desarrollo y retención de trabajadores. Características propias del sector, tales como la temporalidad de los proyectos, la variabilidad de las dotaciones, las exigencias físicas del trabajo, la presión por productividad, la dispersión geográfica de las obras y la necesidad de mantener cuadrillas relativamente estables, convierten la gestión de la fuerza laboral en un desafío permanente. Ayodele et al. (2020) identifican que la rotación laboral en construcción se relaciona con factores asociados a la naturaleza del trabajo, las condiciones organizacionales, el ambiente laboral y las características individuales de los trabajadores. De manera complementaria, la sostenibilidad de la fuerza laboral ha sido abordada como una vía para fortalecer la retención mediante condiciones que favorezcan el bienestar, el apoyo organizacional y la conexión entre trabajadores (Gbiengu et al., 2025).

Desde la perspectiva de la gestión del talento, la rotación laboral no debe entenderse únicamente como un indicador administrativo o como una consecuencia inevitable de la temporalidad de las obras, sino también como un fenómeno susceptible de ser analizado y gestionado mediante acciones orientadas a atraer, seleccionar, desarrollar, motivar y retener trabajadores. La gestión del talento humano considera a las personas como un recurso estratégico dentro de las organizaciones, cuya adecuada administración puede contribuir al desempeño y continuidad organizacional (Chiavenato, 2009). En esta misma línea, Jericó (2008) plantea que la gestión del talento requiere desarrollar capacidades, fortalecer el compromiso y generar condiciones que permitan sostener la contribución de las personas en el tiempo.

Dentro de este fenómeno resulta relevante distinguir entre rotación voluntaria e involuntaria. En proyectos de construcción, la rotación laboral voluntaria corresponde a la decisión del trabajador de abandonar la empresa o la obra por iniciativa propia. Esta se diferencia de la rotación involuntaria, la cual puede estar asociada a decisiones de la organización, término de contrato, finalización de faena u otras circunstancias ajenas a la voluntad del trabajador. En este contexto, factores relacionados con el ambiente laboral, las relaciones dentro de la organización y las condiciones percibidas por los trabajadores pueden influir en la intención de rotación (Hussain &

Xian, 2019). Asimismo, Gutiérrez Henao (2024) destaca la relación entre compromiso organizacional e intención de rotación, señalando que el vínculo del trabajador con la organización constituye un elemento relevante para comprender su permanencia o salida.

La literatura evidencia que la rotación laboral voluntaria constituye un fenómeno multifactorial, en el cual la decisión de permanencia o salida puede encontrarse asociada a condiciones económicas, laborales, relacionales, organizacionales, personales y contextuales. En consecuencia, su análisis requiere considerar que los trabajadores pueden responder de manera diferente frente a condiciones similares y que la combinación de distintos factores puede modificar su propensión a permanecer o abandonar un proyecto. Esta característica dificulta representar el fenómeno únicamente mediante indicadores agregados, especialmente cuando se busca observar cómo las decisiones individuales evolucionan y se acumulan a lo largo del tiempo.

Diversos estudios sobre rotación laboral se han desarrollado mediante enfoques descriptivos, indicadores agregados o relaciones estadísticas entre variables. Si bien estos métodos permiten caracterizar el fenómeno e identificar asociaciones relevantes, presentan mayores limitaciones cuando se pretende representar explícitamente la heterogeneidad de los trabajadores, sus reglas individuales de comportamiento y la forma en que múltiples decisiones individuales pueden producir efectos acumulados a nivel del proyecto. Frente a esta necesidad, la modelación basada en agentes constituye una alternativa metodológica pertinente, debido a que permite representar sistemas conformados por entidades autónomas, heterogéneas e interactuantes.

Bandini et al. (2009) señalan que la modelación basada en agentes permite estudiar sistemas en los cuales el comportamiento global surge a partir de acciones locales, interacciones entre agentes y procesos de emergencia. De manera complementaria, Macal y North (2010) explican que este tipo de modelación permite representar individuos con atributos y reglas propias, observando posteriormente cómo el comportamiento conjunto de múltiples agentes genera patrones colectivos dentro del sistema. Asimismo, Railsback y Grimm (2019) destacan la utilidad de este enfoque cuando se busca incorporar heterogeneidad, adaptación y evolución temporal en el comportamiento de los componentes del sistema.

En el ámbito de la construcción, la simulación basada en agentes ha sido utilizada para analizar fenómenos donde el comportamiento de trabajadores y cuadrillas influye en el desempeño del proyecto. Este enfoque ha permitido estudiar, por ejemplo, la productividad laboral como una propiedad emergente de las interacciones entre trabajadores y equipos de trabajo (Watkins et al., 2009). Asimismo, ha sido aplicado para representar procesos sociocognitivos asociados al comportamiento de trabajadores de la construcción, evidenciando su utilidad para analizar decisiones individuales dentro de entornos laborales complejos (Ye et al., 2020). En consecuencia, la simulación basada en agentes resulta adecuada para el estudio de la rotación laboral voluntaria, debido a que la renuncia surge a partir del comportamiento individual del trabajador, mientras que sus efectos pueden acumularse y expresarse posteriormente a nivel del proyecto.

En este marco, la presente memoria propone desarrollar un modelo de simulación basado en agentes orientado a representar de manera dinámica la rotación laboral voluntaria en proyectos de construcción. El trabajador constituye el agente principal del sistema y puede permanecer activo

dentro de la obra o renunciar de acuerdo con reglas probabilísticas asociadas a distintas condiciones laborales. Esta estructura permite representar la evolución de cada trabajador dentro del sistema y observar cómo la acumulación de decisiones individuales puede generar distintos niveles de rotación a lo largo del tiempo.

Para representar la decisión de permanencia o renuncia, el modelo incorpora seis factores identificados a partir de la literatura revisada: bajo salario, relación con compañeros de trabajo, carga laboral, lejanía entre el hogar y la obra, desarrollo personal y compromiso organizacional. Estos factores representan dimensiones económicas, relacionales, laborales, geográficas, profesionales y organizacionales, respectivamente. Su selección considera su presencia en estudios previos y la disponibilidad de antecedentes cuantificables que permiten incorporarlos en las reglas de comportamiento de los agentes. Para su parametrización se utilizan datos provenientes de literatura, investigaciones previas y fuentes secundarias. Adicionalmente, se incorpora variabilidad individual con el propósito de reconocer que trabajadores expuestos a condiciones similares no necesariamente responden de la misma manera.

El modelo no pretende predecir con exactitud la rotación laboral de una empresa u obra específica, sino representar de manera exploratoria el comportamiento del sistema bajo determinados supuestos y parámetros. De esta forma, la simulación permite analizar tendencias, comparar escenarios y evaluar la sensibilidad de los resultados frente a variaciones en las condiciones consideradas. En particular, la investigación contempla escenarios temporales de corto, mediano y largo plazo, correspondientes a 6, 12 y 24 meses, con el propósito de analizar el efecto acumulativo de la exposición a los factores asociados a la renuncia.

Además, se incorporan escenarios asociados a distintas tasas promedio anuales de desempleo, utilizadas como una variable contextual del mercado laboral y como análisis de sensibilidad del modelo. Esta dimensión permite explorar si variaciones en las condiciones externas del mercado laboral modifican el comportamiento agregado de la rotación simulada. En consecuencia, la estructura propuesta permite analizar tanto la evolución temporal del fenómeno como la respuesta del sistema ante cambios en el contexto externo.

La utilidad de esta investigación radica en vincular el análisis de la rotación laboral voluntaria con decisiones prácticas asociadas a la gestión del talento. La comparación de los resultados simulados permite reconocer qué factores adquieren mayor relevancia dentro del modelo bajo distintos escenarios y, a partir de ello, orientar la priorización de estrategias relacionadas con las condiciones laborales, el clima de trabajo, las oportunidades de desarrollo, la reducción de barreras asociadas a la lejanía, la comunicación interna y el fortalecimiento del compromiso organizacional. En este sentido, la retención requiere generar condiciones que favorezcan la satisfacción, el compromiso y la permanencia de las personas dentro de la organización (Vallejo Chávez, 2016). En el caso particular de la construcción, la gestión del talento humano debe además considerar procesos de reclutamiento, selección, capacitación y rotación acordes con las características y exigencias propias del sector (Egbebi, 2024).

En consecuencia, la simulación basada en agentes se presenta como una herramienta de apoyo para avanzar desde una gestión predominantemente reactiva de la rotación, centrada en reemplazar

trabajadores una vez producida la renuncia, hacia una perspectiva preventiva orientada a reconocer factores de riesgo y apoyar estrategias de retención. De esta manera, la presente memoria busca contribuir al estudio de la rotación laboral voluntaria en construcción mediante una herramienta dinámica, flexible y adaptable a distintos contextos organizacionales. Su principal aporte consiste en representar explícitamente la decisión individual de renuncia, analizar cómo la acumulación de dichas decisiones puede generar patrones de rotación a nivel del proyecto y proporcionar una base para evaluar estrategias de gestión del talento orientadas a favorecer la permanencia de los trabajadores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GESTIÓN DEL TALENTO

La gestión del talento se define como el proceso estratégico que se orienta a identificar, atraer, desarrollar o capacitar, motivar y retener a las personas que aporten un mayor valor a la empresa u organización. Se basa en la consideración de las personas como el principal activo y capital intelectual de la empresa (Chiavenato, 2009), además es necesario gestionarlas de manera integral para potenciar resultados, innovación y tener ventaja competitiva en mercados altamente exigentes (Jericó, 2008). En cuanto a la gestión del talento en la propia industria de la construcción esta no se sale del enfoque principal de lo que es la gestión del talento ya que busca trabajadores que aporten un mayor valor al proyecto, además este se enfoca principalmente en procesos de reclutamiento, selección y capacitación continua a la fuerza laboral, buscando conformar equipos altamente competentes y cohesionados con capacidad de responder a las altas exigencias de la industria, la cual enfrenta desafíos como la alta rotación de trabajadores, la necesidad permanente de actualización de habilidades y la presión por cumplir plazos y estándares de calidad. Es por esto que en la construcción la gestión del talento se convierte en un factor crítico para mejorar el rendimiento de los equipos, optimizar los resultados de los proyectos y asegurar una cultura organizacional (Egbebi, 2024).

2.1.1 RECLUTAMIENTO

El reclutamiento es el proceso mediante el cual una organización divulga en el mercado las oportunidades laborales disponibles, su principal objetivo es abastecer al proceso de selección con candidatos (Chiavenato, 2009), con el fin de atraer personas que poseen las características y competencias requeridas por la empresa. Este proceso funciona como puente entre el mercado laboral y la organización, facilitando la captación de candidatos idóneos para ocupar las vacantes y permitiendo que ambas partes (Organización y postulante) realicen una elección reciproca. Esta etapa es esencial para la incorporación del talento humano, ya que determina la calidad del personal que ingresará a la organización y condiciona los procesos posteriores. (Vallejo Chávez, 2016). Además, un reclutamiento bien alineado con las estrategias puede contribuir a la retención del talento, reducir los costos de rotación y mejorar el rendimiento general de la organización (Nascimento et al., 2024). En el sector de la construcción, el reclutamiento se entiende como el procedimiento mediante el cual una organización busca, identifica y atrae a candidatos adecuadamente calificados para ocupar un puesto disponible. Este proceso constituye la “puerta de entrada” al capital humano, ya que la calidad de los empleados incorporados depende directamente de la calidad de los postulantes que logra atraer la empresa. El reclutamiento implica una serie de acciones diseñadas para solicitar a los aspirantes que demuestren las habilidades, actitudes y competencias necesarias antes de su eventual contratación, utilizando tanto métodos formales, como agencias de empleo y anuncios laborales, como mecanismos informales, por ejemplo, las recomendaciones internas. En el contexto particular de la construcción, caracterizado por jornadas extensas, presión por productividad y proyectos geográficamente dispersos, un procedimiento de reclutamiento eficaz es fundamental para asegurar la disponibilidad de

trabajadores competentes que contribuyan al desempeño global de la organización (Aldhuhoori et al, 2022). Algunas técnicas de reclutamiento utilizadas en la construcción son, programas de aprendizajes, colaboración con las escuelas o integración de tecnología, entre otras (Egbebi, 2024).

2.1.1.1 RECLUTAMIENTO INTERNO

El reclutamiento interno consiste en cubrir las vacantes disponibles utilizando exclusivamente a trabajadores que ya forman parte de la organización. Este proceso se apoya en mecanismos como ascensos, traslados, reubicaciones y planes de carrera, permitiendo aprovechar la experiencia y el desempeño previo de los empleados. Esto permite reducir costos facilita la adaptación al puesto y fortalece la motivación personal del trabajador al ofrecer oportunidades de crecimiento dentro de la empresa (Vallejo Chávez, 2016).

2.1.1.2 RECLUTAMIENTO EXTERNO

El reclutamiento externo implica buscar candidatos fuera de la organización para ocupar un puesto vacante. Para ello se utilizan canales como portales de empleo, agencias de reclutamiento, ferias laborales o redes sociales profesionales. Su valor radica en la incorporación de nuevos talentos, perspectivas frescas y competencias que pueden no estar disponibles internamente, aunque demanda más tiempo y recursos, además de un periodo mayor de adaptación al nuevo cargo (Vallejo Chávez, 2016).

2.1.2 SELECCIÓN

La etapa de selección está muy relacionada con la etapa de reclutamiento, mientras el reclutamiento se encarga de atraer candidatos, la selección es una actividad de elección, clasificación y decisión. Esta etapa busca a los candidatos (entre varios reclutados) más adecuados para el cargo, con el fin de aumentar la eficiencia y el desempeño del personal. Se puede tomas a la selección como una comparación, por una parte, se tienen los requisitos del cargo y por otro las características de cada candidato (Chiavenato, 2009).

Este proceso se centra en la medición de los conocimientos, capacidades y habilidades del candidato, por lo que las organizaciones deben definir claramente los medios de medición y métodos de examen. Para una selección eficaz se deben identificar las medidas de selección que se utilizaran para un puesto de trabajo específico, esta medida varía entre un cargo u otro, y de organización en organización (Evarista et al, 2022).Las técnicas (medidas o métodos) utilizadas han evolucionado, desde pruebas de conocimiento e inteligencia hasta métodos que identifican las competencias especificas requeridas (Nascimento et al., 2024).

2.1.3 CAPACITACIÓN

La capacitación es un proceso sistemático y planificado destinado a desarrollar las habilidades, conocimientos actitudes y comportamientos de los trabajadores, con el fin de mejorar su desempeño y adaptarlos a las exigencias presentes y futuras de la organización. Es un acto

intencional de proporcionar medios para el aprendizaje, orientado a producir cambios de conducta que incrementan la eficiencia individual y colectiva. Este proceso forma parte del desarrollo del talento humano y constituye una inversión estratégica que incrementa el capital humano, potencia competencias y contribuye directamente a la productividad de la organización. (Chiavenato, 2009).

La capacitación se debe estructurar de tal forma que permita asegurar que los contenidos impartidos respondan a los objetivos de la organización y a las brechas que tengan las personas como la organización (Chiavenato, 2009).

Desde una perspectiva estratégica, la capacitación fortalece la innovación, aumenta la motivación, mejora la satisfacción laboral y contribuye a crear equipos más comprometidos y alineados con la cultura organizacional. De este mismo modo la capacitación es la respuesta a entornos competitivos donde el talento se vuelve un recurso escaso y determinante para el éxito de las empresas (Jericó, 2008).

En el sector de la construcción, la capacitación tiene un rol crítico debido a la alta complejidad, el riesgo operativo y la necesidad constante de actualización técnica. En este contexto se tienen capacitaciones en temas de seguridad, uso de nuevas tecnologías constructivas, procedimientos operativos y buenas prácticas en obra, esto con el fin de reducir accidentes, elevar la productividad y garantizar mano de obra competitiva (Egbebi, 2024).

Contrario a lo anterior, si existe ausencia de capacitaciones esto se puede implicar fallas en la calidad, sobrecostos y retrasos, especialmente en trabajos que dependen de trabajadores sin formación formal (Evarista et al., 2022). Es por esto que la capacitación en las obras de construcción es fundamental para enfrentar la escasez de trabajadores calificados, fortalecer el liderazgo en obra, disminuir la rotación laboral y mejorar la continuidad y eficiencia de los proyectos (Egbebi, 2024).

2.1.4 RETENCIÓN

La retención de empleados se refiere al conjunto de políticas y prácticas de la organización destinadas a conservar a los trabajadores valiosos en la empresa a largo plazo, manteniéndolos satisfechos y comprometidos. Una organización exitosa no solo atrae y contrata talentos, sino que logra mantenerlos motivados y satisfechos dentro de la empresa por un periodo prolongado (Chiavenato, 2009). Ligado a lo anterior la retención implica garantizar condiciones laborales y humanas que fomenten la permanencia, esto abarca remuneraciones competitivas, prestaciones sociales adecuadas, un ambiente de trabajo seguro y saludable, buenas relaciones laborales y estilos de liderazgo positivos, entre otros factores (Vallejo Chávez, 2016). En efecto, retener al personal conlleva proporcionar un entorno de trabajo agradable, seguro y equitativo, así como oportunidades de desarrollo y reconocimiento, creando las condiciones para que los trabajadores “se pongan la camiseta” y desarrollen un sentido de lealtad hacia la empresa. Por otra parte, la importancia de la retención radica en evitar los costos asociados a la rotación laboral, cuando un empleado capacitado abandona la organización, se pierde la inversión realizada en su formación y experiencia, además de generar gastos adicionales para reclutar y entrenar a un reemplazo

(Chiavenato, 2009). Es por esto que las empresas buscan minimizar la rotación laboral mediante estrategias efectivas de retención, reconociendo que una alta retención de talento suele ser asociada a un mejor desempeño organizacional. Investigaciones recientes señalan que buenas prácticas de gestión de recursos humanos (como una adecuada selección, capacitación y buenas condiciones laborales) mejoran la retención de los empelados reduciendo las tasas de rotación y fortaleciendo el capital humano de la empresa (Aldhuhoori et al., 2022).

En el sector de la construcción, el concepto de retención adquiere una relevancia particular, debido a los desafío propios de la industria. Las empresas constructoras suelen enfrentar altas tasas de rotación laboral, empleo de carácter estacional y escasez de mano de obra calificada, estos factores suelen dificultar la mantención de un grupo estable de trabajo (Egbebi, 2024). En este contexto, la retención de trabajadores en la construcción se manifiesta como la necesidad de implementar estrategias específicas para contrarrestar dichos desafíos y mantener comprometido a los empleados. Algunas medidas que han implementado las organizaciones del rubro son ofrecer compensaciones competitivas, oportunidades de desarrollo, horarios flexibles y programas de bienestar y seguridad, estas medidas tienen la finalidad de aumentar la satisfacción y el compromiso, disminuyendo así la intención del abandono (Ayodele et al., 2020). Estas medidas responden a las condiciones particulares de las obra o proyectos de construcción, donde retener a empleados experimentados y especializados es crucial para asegurar la continuidad del conocimiento y la eficiencia en la ejecución, garantizando una reducción de la rotación laboral y a su vez lograr proyectos más exitosos (Egbebi, 2024).

2.2 ROTACIÓN LABORAL

La rotación laboral en la construcción se puede entender como el proceso en el cual algunos trabajadores dejan la empresa u obra y deben ser reemplazados por nuevos trabajadores, generando un flujo permanente de salida y entrada de personal, desde el punto de vista de la gestión del talento humano (Chiavenato, 2009), esta rotación puede ser voluntaria, la cual afecta el funcionamiento normal de la empresa y afecta su rendimiento (Li et al., 2025), cuando el trabajador decide terminar la relación laboral por sus propios motivos, ya sean por aumento de carga de trabajo, disconformidad con el salario, malas relaciones con los compañeros de trabajo, dificultades para llegar al lugar de trabajo entre otras, o, por otra parte la rotación puede ser involuntaria, la cual consiste en que la organización decide desvincular al trabajador por el motivo que la empresa justifique (Ayodele et al., 2020).

En el sector de la construcción, este fenómeno adquiere una importancia mayor que en otros sectores porque las actividades que se realizan requieren una alta cantidad de mano de obra (Bonilla et al., 2024), y esta a su vez depende en gran parte del conocimiento practico acumulado en terreno y requiere de equipos estables para sostenerla productividad, seguridad, coordinación y cumplimiento de los plazos de un proyecto. (Abdolmaleki et al., 2024). En este sentido los trabajadores responden a factores culturales y relacionales dentro de una obra, como lo pueden ser la relación que tienen con sus compañeros de trabajo o la política organizacional que tenga la empresa, es por esto que es importante tener en cuenta estos factores, ya que estos inciden en la intención de rotación y en la disposición de los trabajadores a permanecer en la organización

(Hussain & Xian, 2019). La literatura señala que la construcción presenta altas tasas de rotación, lo que afecta negativamente la productividad y el desempeño de un proyecto, especialmente porque la salida de un trabajador implica costos de reemplazo, perdida de habilidades y uso adicional de tiempo para reorganizar equipos y planificar nuevas contrataciones. (Ayodele et al., 2020). Por ello, la rotación laboral en la construcción debe ser abordada como un problema de gestión del talento y no solo como una cifra administrativa (Vallejo Chávez, 2016), ya que la gestión exige atraer, seleccionar, desarrollar y retener a los trabajadores idóneos, esto último mediante condiciones laborales atractivas, oportunidades de crecimiento, calidad de vida laboral, seguridad, beneficios y compromiso organizacional (Jericó, 2008)

2.3 FUERZA LABORAL

La fuerza laboral en la construcción puede entenderse como el conjunto de trabajadores, supervisores y personas de apoyo que participe directa o indirectamente en la ejecución de obras, aportando esfuerzo físico, conocimiento practico, experiencia técnica y capacidad de adaptación a entornos altamente variables (Chiavenato, 2009). La literatura especializada señala que la construcción es una industria intensiva en trabajo humano, donde gran parte de las actividades realizadas dependen de la disponibilidad, coordinación y rendimiento de personal en terreno, por lo que una fuerza laboral estable resulta clave para el éxito de un proyecto de construcción. (Bonilla et al., 2024).

En la realidad chilena, la construcción tiene una gran relevancia laboral y económica, ya que concentra un importante porcentaje de la ocupación nacional. (Flores et al., 2023). Esta fuerza laboral se caracteriza por una fuerte presencia de trabajadores con una trayectoria laboral discontinua, contratos asociados a obras o faenas y necesidades persistentes de formación técnica y certificaciones (Castillo, 2019), por otra parte, se distingue por trabajar en un entorno de alta exigencia física, presión por plazos, exposición a riesgos y depender de cuadrillas, lo que hace que las condiciones laborales, la seguridad y el clima laboral incidan directamente en su desempeño y permanencia en los proyectos. (Ayodele et al., 2020).

A nivel organizacional, el compromiso de los trabajadores con la empresa es clave para comprender su permanencia, ya que cuando las personas perciben escasas posibilidades de desarrollo personal, se debilita su vínculo con la organización y aumenta su intención de abandonar el puesto de trabajo (Gutiérrez Henao, 2024).

Es por lo anterior que una adecuada gestión de la fuerza laboral requiere procesos sistemáticos de reclutamiento, selección, capacitación o desarrollo y retención, ya que estas prácticas permiten alinear las competencias de los trabajadores con los objetivos técnicos y organizacionales de cada proyecto, sin embargo, los estudios sobre proyectos de construcción en Chile muestran que estas etapas de gestión del talento no siempre se implementan de manera completa o sistemática, lo que puede afectar la capacidad de las empresas para atraer, formar y conservar trabajadores con las competencias requeridas para cada proyecto. (Peralta Rojas et al., 2024).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un modelo de simulación basado en agentes (ABM) que represente de forma dinámica la rotación laboral en la industria de la construcción, con el fin de analizar el impacto de distintos factores de renuncia en la gestión del talento y contribuir a la toma de decisiones estratégicas sobre retención de trabajadores.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la literatura existente sobre gestión del talento en la construcción, rotación laboral, causas de rotación laboral en la construcción y modelos basados en agentes, para la conceptualización del problema e identificación de la oportunidad de investigación.
- Desarrollar un modelo basado en agentes, representando el comportamiento de cada trabajador y su proceso de decisión de renuncia, incorporando reglas de decisiones y dinámicas de interacción entre agentes.
- Analizar distintos escenarios (a corto, mediano y largo plazo), con el fin de analizar el comportamiento de rotación laboral en diferentes condiciones, cuantificando los resultados y analizándolos para proponer estrategias de gestión de talento orientadas a la retención del talento en obra.

4. METODOLOGÍA

Esta investigación adopta un enfoque de carácter exploratorio, orientado al desarrollo de un modelo basado en agentes para analizar la rotación laboral voluntaria en la industria de la construcción. El propósito es representar de manera dinámica el comportamiento individual de trabajadores frente a distintos factores asociados a la intención de renuncia, esto considerando variables propias de la gestión del talento y del contexto laboral de una obra de construcción.

El modelo no tiene como finalidad predecir con exactitud la rotación laboral específicamente, sino representar dinámicamente relaciones causales documentadas en la literatura y evaluar cómo determinados factores pueden incidir en la permanencia o salida de trabajadores. Por lo tanto, la simulación se plantea como una herramienta exploratoria para analizar escenarios, identificar patrones de comportamiento y apoyar en la toma de decisiones orientadas a la retención de trabajadores en proyectos de construcción.

4.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo metodológico se estructura en distintas etapas. En primer lugar, se realiza una revisión de literatura nacional e internacional sobre gestión del talento, rotación laboral, retención de trabajadores, fuerza laboral en la construcción y simulación basada en agentes. Esta revisión permite establecer los principales conceptos del estudio e identificar los principales factores asociados a la rotación laboral voluntaria en la industria de la construcción.

A partir de esta revisión se define el problema de investigación, orientado a analizar cómo la rotación laboral voluntaria afecta el proceso de gestión del talento en proyectos de construcción. En esta etapa se diferencia la rotación voluntaria (Li et al., 2025) de la rotación involuntaria (Ayodele et al., 2020), debido a que la primera responde a una decisión del propio trabajador, mientras que la segunda puede estar asociada a decisiones de la empresa, término de obra o condiciones propias de la duración de los proyectos.

Posteriormente se identifican los factores de renuncia voluntaria más recurrentes reportados en la literatura y aquellos que se adecuan igualmente a la realidad de las obras en Chile. Estos factores son incorporados al modelo como variables que afectan la intención de renuncia del trabajador. Luego se construye un modelo conceptual que representa el proceso general de gestión del talento y la etapa de renuncia voluntaria. Finalmente, el modelo es implementado en el software AnyLogic, permitiendo simular el comportamiento de una población de trabajadores durante distintos horizontes temporales y bajo diferentes escenarios.

4.2 USO DE LITERATURA COMO FUENTE DE DATOS

La parametrización del modelo se realiza principalmente a partir de información obtenida desde la literatura, estudios previos y datos secundarios vinculados al mercado laboral y a la industria de la construcción. Esta decisión metodológica responde a la limitada disponibilidad de datos internos de empresas constructoras, especialmente en relación con intención de renuncia, satisfacción labora y compromiso organizacional.

En este contexto, el objetivo del modelo no es predecir con exactitud los niveles de rotación de una empresa especifica, sino representar de manera dinámica las interacciones entre distintos factores asociados a la rotación laboral identificados y documentados en estudios previos. De esta forma los parámetros incorporados en el modelo representan tendencias, comportamientos y asociaciones observadas en investigaciones desarrolladas dentro del sector de la construcción y en ámbitos relacionados con la gestión del talento.

De esta forma, el modelo se diseña como una herramienta de análisis exploratorio. Sus resultados no deben interpretarse como predicciones exactas, sino como una representación dinámica del fenómeno de rotación bajo supuestos explícitos. Esto permite comparar escenarios, observar tendencias y analizar cómo cambios en determinadas condiciones laborales pueden modificar la permanencia de los trabajadores en una obra.

Adicionalmente, el uso de datos proveniente de la literatura permite construir un modelo conceptualmente fundamentado y teóricamente consistente, asegurando que los comportamientos representados por los agentes se encuentren respaldados por evidencia previamente validada.

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

El modelo conceptual se construye a partir de la relación entre gestión del talento y rotación laboral voluntaria. La gestión del talento se entiende como un proceso compuesto por distintas etapas, entre ellas se destaca la búsqueda de trabajadores y evaluación de perfiles, respuesta al proceso de selección, contratación y permanencia dentro de la obra.

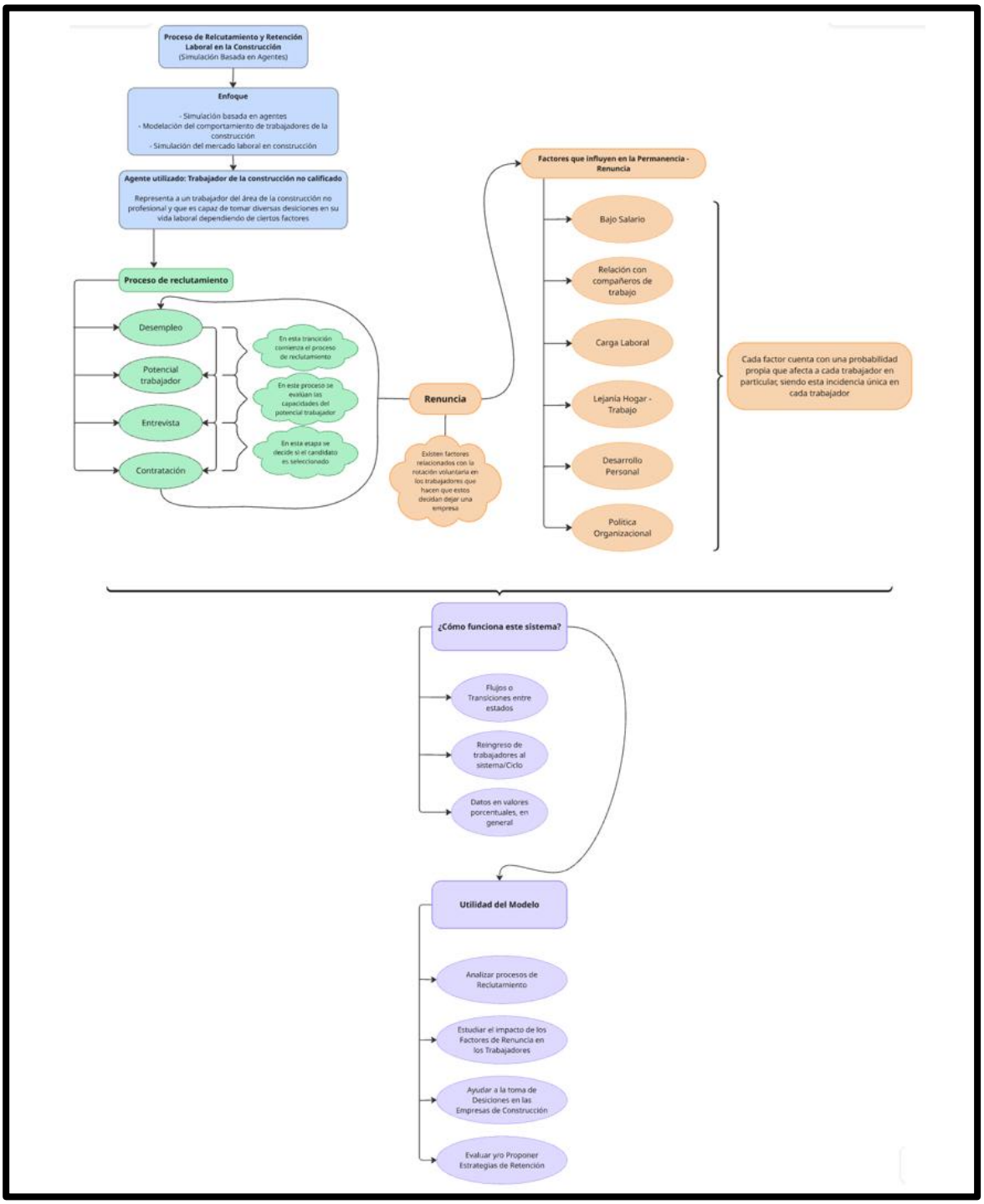


Ilustración 1. *Mapa conceptual del modelo.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Dentro de este proceso, la renuncia voluntaria constituye un evento crítico, ya que interrumpe la continuidad de la fuerza laboral y genera efectos sobre la estabilidad de los equipos, la productividad y la planificación del proyecto. Por esta razón el modelo centra su análisis en el

momento posterior a la contratación, donde el trabajador ya forma parte de la obra y puede decidir entre permanecer o renunciar según las condiciones laborales que perciba.

Los factores considerados para representar la intención de renuncia son: bajo salario, relación con compañeros de trabajo, carga laboral, lejanía entre el lugar de trabajo y el domicilio, desarrollo personal y compromiso organizacional. Estos factores fueron seleccionados debido a si presencia recurrente en estudios previos sobre rotación laboral en construcción y gestión del alentó además de ser factores que se adecuan a la realidad de los trabajadores de obra en Chile.

4.4 DEFINICIÓN DE AGENTES

En un modelo de simulación basado en agentes, un agente corresponde a una entidad individual o autónoma que posee atributos propios, toma decisiones e interactúa con su entorno a partir de reglas previamente definidas (Macal & North, 2010). En esta investigación, el agente principal corresponde al trabajador de la construcción en Chile, debido a la rotación laboral voluntaria surge desde una decisión individual de permanencia o renuncia dentro de una obra. Esta representación es coherente con estudios previos de simulación basada en agentes aplicados en construcción, donde trabajadores y cuadrillas han sido modelados para analizar fenómenos laborales en proyectos de construcción (Watkins et al., 2009), así como con investigaciones recientes que representan el comportamiento de trabajadores considerando atributos individuales, reglas de decisión e interacciones dentro del entorno de obra (Ye et al., 2020)

Cada trabajador es modelado como una unidad individual que puede encontrarse activo dentro de la obra o haber renunciado. Mientras permanece activo, el trabajador está expuesto a distintos factores que afectan a su probabilidad de renuncia. Estos factores no son iguales para todos los trabajadores, ya que el modelo incorpora variabilidad individual, permitiendo que cada agente tenga una probabilidad propia asociada a cada causa de salida.

La elección del trabajador como agente principal permite analizar la rotación laboral desde una perspectiva de decisiones individuales. Posteriormente, la acumulación de estas decisiones permite observar resultados a nivel obra, tales como números de trabajadores activos, cantidad de renuncias, tasa de rotación y evolución de la fuerza laboral en el tiempo.

4.5 VARIABLES Y PARÁMETROS DEL MODELO

El modelo considera parámetros asociados al proceso de ingreso de trabajadores y parámetros asociados a la renuncia voluntaria. Dentro del proceso de ingreso se consideran parámetros como búsqueda de trabajo, cumplimiento del perfil requerido, respuesta positiva luego de la entrevista y aceptación de la oferta laboral. Estos parámetros permiten representar el flujo inicial mediante el cual una persona puede incorporarse a un proyecto de construcción.

Para representar la renuncia voluntaria, se incorporan seis parámetros principales: pBajoSalario, pRelaciónCompañeros, pCargaLaboral, pLejanía, pDesarrolloPersonal y pCompromisoOrg. Cada uno representa la influencia parcial de un factor sobre la probabilidad de renuncia del trabajador.

Inicialmente las ponderaciones de estos seis parámetros obtenidos de estudios previos se encuentran en escala Likert, por lo que no pueden interpretarse directamente como probabilidades. Por ello, cada ponderación se divide por el valor máximo de la escala utilizada, obteniendo una medida relativa de influencia. Luego esta influencia se ajusta mediante un factor de sensibilización o calibración.

Para incorporar los datos al modelo se utiliza una normalización proporcional, utilizada generalmente en métodos de decisión multicriterio, donde cada ponderación se divide por el total de ponderaciones consideradas (Jahan et al., 2013).

En cuanto a la sensibilización del modelo, se utilizó un factor $\boldsymbol{\alpha = 0{,}155}$, siguiendo como referencia metodológica lo planteado por Thiele et al. (2014). Este valor se definió considerando que la tasa de rotación anual en la industria de la construcción alcanzó un 56,6 % hasta diciembre de 2025 (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2026), lo que permite incorporar en el modelo un parámetro ajustado al comportamiento observado en la industria.

La expresión utilizada para obtener el registro parcial sensibilizado de cada factor es:

$$pi = \alpha * \left(\frac{I_i}{I_{Max}}\right)$$

Formula 1. *Riesgo parcial para cada factor de renuncia.*

Dónde:

- $\boldsymbol{pi}$: Riesgo parcial del factor sensibilizado
- $\boldsymbol{\alpha}$: Factor de calibración o sensibilización
- $\boldsymbol{I_i}$: Influencia reportada en literatura
- $\boldsymbol{I_{Max}}$: Valor máximo de escala

De esta forma se obtienen los siguientes riesgos parciales utilizados en el modelo.

Parámetros	Ponderación / en la influencia máxima	Riesgo parcial del factor
pBajoSalario	$\alpha(2{,}17 / 3)$	0,1121
pRelaciónCompañeros	$\alpha(2{,}24 / 3)$	0,1157
pCargaLabral	$\alpha(2{,}10 / 3)$	0,1085
pLejanía	$\alpha(2{,}21 / 3)$	0,1142
pDesarrolloPersonal	$\alpha(2{,}30 / 3)$	0,1188
pCompromisoOrg	$\alpha(2{,}21 / 3)$	0,1142

Tabla 1. *Riesgo parcial de cada parámetro.*
Fuente: *Elaboración propia.*

El riesgo parcial asociado a cada factor se estimó mediante una normalización proporcional respecto del valor máximo observado, incorporando un factor de ajuste α. Esto se basa en la lógica de normalización y ponderación empleada en métodos de decisión multicriterio, donde los indicadores son transformados a una escala compatible antes de ser agregados o evaluados (Jahan et al., 2013)

4.6 CÁLCULO DE LA TASA DE RENUNCIA

La tasa de renuncia del modelo se calcula a partir de la probabilidad conjunta de que ocurra al menos una causa de renuncia. Para ello, se asume la independencia de cada factor de renuncia. Bajo este supuesto, la probabilidad de que no ocurra ninguna causa de renuncia corresponde al producto de las probabilidades complementarias de cada factor, por lo tanto, la tasa de renuncia se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$T_{ren} = 1 - \Pi_i(1 - p_i)$$

Formula 2. *Tasa de renuncia sensibilizada.*

Dónde:

- $\boldsymbol{T_{ren}}$: Tasa de renuncia
- $\boldsymbol{p_i}$: Riesgo parcial del factor sensibilizado

Esta fórmula permite calcular la probabilidad de que al menos uno de los factores genere la renuncia del trabajador. Al aplicar los valores sensibilizados, la tasa de renuncia obtenida es aproximadamente 51,5 %, valor coherente con la tasa de rotación considerada como referencia

para la industria de la construcción. Este resultado permite que el modelo entregue valores razonables y estables en la simulación, evitando el problema generado por el uso directo de las ponderaciones originales, las cuales producían una tasa de renuncia excesivamente alta.

4.7 VARIABILIDAD INDIVIDUAL

Con el objetivo de representar de manera más realista la heterogeneidad de los trabajadores, el modelo incorpora variabilidad en los factores de renuncia. Esto implica que no todos los trabajadores tienen exactamente la misma probabilidad de renuncia por bajo salario, lejanía o cualquiera de los factores del modelo, sino que cada agente recibe valores propios dentro de un rango determinado

Para esto, cada parámetro base es multiplicado por un factor aleatorio uniforme definido dentro de un porcentaje de variabilidad "V". En este caso se utiliza un valor "V" de 0,3, equivalente a una variación de ±30 %. La estructura queda de la siguiente forma.

$$vFactor = pFactor * uniform(1 - V, 1 + V)$$

Formula 3. *Estructura de la variabilidad de cada factor.*

Dónde:

- $\boldsymbol{vFactor}$: $Nueva\ variable\ con\ variabilidad\ aplicada$
- $\boldsymbol{pFactor}$: $Parametro\ de\ cada\ factor$ sin $variabilidad\ aplicada$
- $\boldsymbol{V}$: $Variabilidad\ con\ un\ valor\ de\ 30\%$

Esta incorporación permite que cada trabajador tenga una probabilidad de renuncia distinta, aumentando la capacidad del modelo para representar comportamientos individuales diferenciados dentro de una misma población.

4.8 EVENTOS DE RENUNCIA

Los eventos de renuncia corresponden a los momentos en que un trabajador abandona voluntariamente la obra. Cada evento queda registrado en el modelo, permitiendo identificar no solo cuántos trabajadores renuncian, sino también el día en que ocurre la renuncia y el factor asociado a dicha salida.

El modelo permite analizar indicadores como días trabajados antes de la renuncia, número y porcentaje de ocurrencias por cada factor y probabilidad de supervivencia en distintos periodos de interés. Estos indicadores permiten comprender la dinámica temporal de la rotación y evaluar qué factores tienen mayor incidencia en la salida de trabajadores.

De la misma forma el registro de eventos de renuncia permite comparar escenarios y observar si determinados cambios en las condiciones laborales modifican la estabilidad de la fuerza laboral.

4.9 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

El modelo considera distintos escenarios de simulación con el objetivo de analizar el comportamiento de la rotación laboral bajo diferentes condiciones. En primer lugar, se evalúan escenarios según horizontes temporales, considerando periodos de 6, 12 y 24 meses representando el corto, mediano y largo plazo, esta evaluación se hace con una tasa de desempleo base que corresponde a una tasa de 8,6% de desempleo anual, referente a la tasa promedio anual correspondiente al año 2025 (INE, 2026).

Adicionalmente, se incorporan escenarios asociados a distintas tasas de desempleo anual, con el objetivo de evaluar la sensibilidad del modelo frente a cambios en el contexto externo del mercado laboral. Para ello, se consideran los valores de 7,2% y 10,7%, correspondiente a la tasas promedio anuales de desempleo registrados en chile durante los años 2019 y 2020, respectivamente (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2021). Estas tasas fueron seleccionadas porque representan dos condiciones opuestas respecto del escenario base, una situación de menor desempleo y una situación de mayor desempleo. Ambos escenarios son evaluados en horizontes de 6 y 12 meses, lo que permite analizar cómo varía la rotación laboral voluntaria al combinar cambios en el mercado laboral con distintos periodos de permanencia de los trabajadores en la obra. En escenarios con mayor desempleo, la disponibilidad de alternativas laborales externas puede ser menor, lo que podría reducir la probabilidad de renuncia. En cambio, en escenarios con menor desempleo, la existencia de mayores oportunidades laborales puede incrementar la salida voluntaria.

La comparación entre escenarios permite analizar la sensibilidad del modelo y evaluar en qué condiciones se producen mayores o menores niveles de rotación laboral. La combinación de ambas condiciones, tanto los escenarios temporales como aquellos que modifican la tasa de desempleo permiten realizar una evaluación integral del modelo, esto se debe a que incorpora tanto la evolución del proyecto en el tiempo como el efecto de variables externas del mercado laboral, aspectos que resultan relevantes para analizar la rotación y retención de trabajadores en un proyecto de construcción.

4.10 SUPUESTOS DEL MODELO

El modelo se desarrolla bajo un conjunto de supuestos necesarios para simplificar la realidad y permitir su implementación en el software, se tienen los siguientes supuestos:

- Se considera únicamente la rotación laboral voluntaria, excluyendo despidos, términos de contrato por finalización de obra u otras formas de rotación involuntaria.
- Se asume que los factores identificados en la literatura influyen en la probabilidad de renuncia del trabajador. Aunque en la realidad estos factores pueden interactuar de formas más complejas, el modelo los representa mediante una estructura probabilística simple.
- Se asume independencia entre los factores de renuncia para el cálculo de la probabilidad conjunta. Este supuesto permite estimar la probabilidad de que ocurra al menos una causa de salida, aunque se reconoce que en contextos reales algunos factores pueden estar relacionados entre sí.

- Se considera que los trabajadores son agentes heterogéneos, por los que se incorpora variabilidad individual mediante un rango aleatorio de ±30 % en los factores de renuncia.
- Se asume que los parámetros obtenidos desde la literatura y los datos secundarios son suficientes para construir una aproximación conceptual del fenómeno, aunque no permiten validar empíricamente el comportamiento exacto de un proyecto de construcción específico.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizan los resultados obtenidos a partir de Simulación Basada en Agentes desarrollado para representar la rotación laboral voluntaria en proyectos de construcción. El análisis se estructura en dos grupos principales de escenarios, en primer lugar, se evalúa el comportamiento del modelo bajo distintos horizontes temporales, considerando 180 días equivalente a 6 meses, 365 días equivalentes a 12 meses y 730 días equivalente a 24 meses. Estos escenarios utilizan como condición base una tasa de desempleo anual de 8,6%. En segundo lugar, se analiza la sensibilidad de modelo frente a cambios en la tasa promedio de desempleo anual, considerando valores de 7,2%, 8,6% y 10,7%, evaluados en los horizontes de 180 y 365 días equivalente a 6 y 12 meses.

Los datos utilizados representan percepciones asociadas a factores de renuncia de fuerza laboral joven en proyectos de construcción en Chile. Por lo tanto, los resultados deben interpretarse considerando ese alcance especifico. Por lo anterior los resultados obtenidos no buscan representar de manera definitiva a toda la fuerza laboral del sector, sino más bien mostrar el comportamiento del modelo bajo una base de datos concreta y conceptualmente vinculada al problema de rotación laboral.

No obstante, el foco principal del análisis no se limita a los valores específicos obtenidos en esta parametrización. El aporte central del modelo radica en su capacidad para representar dinámicamente el proceso de renuncia voluntaria, analizar la incidencia relativa de distintas causas de rotación y comparar escenarios bajo diferentes condiciones temporales o contextuales. En este sentido, el modelo puede ser utilizado con otros conjuntos de datos, ya sea provenientes de empresas constructoras, encuestas internas, registros históricos de rotación o estudios aplicados a distintos grupos de trabajadores. De esta manera, la simulación funciona como una herramienta flexible para apoyar la gestión del talento y el diseño de estrategias orientadas a la retención laboral.

Los factores de renuncia considerados en el modelo corresponden a:

- Bajo salario.
- Relación con compañeros de trabajo.
- Carga laboral.
- Lejanía entre el lugar de trabajo y el hogar.
- Desarrollo personal.
- Compromiso organizacional.

Estos factores permiten representar perspectivas económicas, relacionales, organizacionales, geográficas y de desarrollo profesional que pueden incidir en la decisión individual de permanencia o renuncia dentro de una obra.

5.1 ESCENARIO BASE SEGÚN HORIZONTES TEMPORALES

El primer análisis corresponde al escenario base, construido con una tasa promedio de desempleo anual de 8,6%. Este escenario permite observar cómo evoluciona la rotación laboral considerando únicamente distintos horizontes temporales de simulación. Para ello, se analizan tres periodos:

- 180 días: 6 meses
- 365 días: 12 meses
- 730 días: 24 meses

En términos generales, el análisis temporal permite observar que la rotación laboral voluntaria se comporta como un fenómeno acumulativo. A medida que aumenta el tiempo de exposición del trabajador a las condiciones de obra, también aumenta la probabilidad de que alguno de los factores de renuncia se active. Por ello, los escenarios de mayor duración presentan un mayor número acumulado de renuncias en comparación con los escenarios de menor duración.

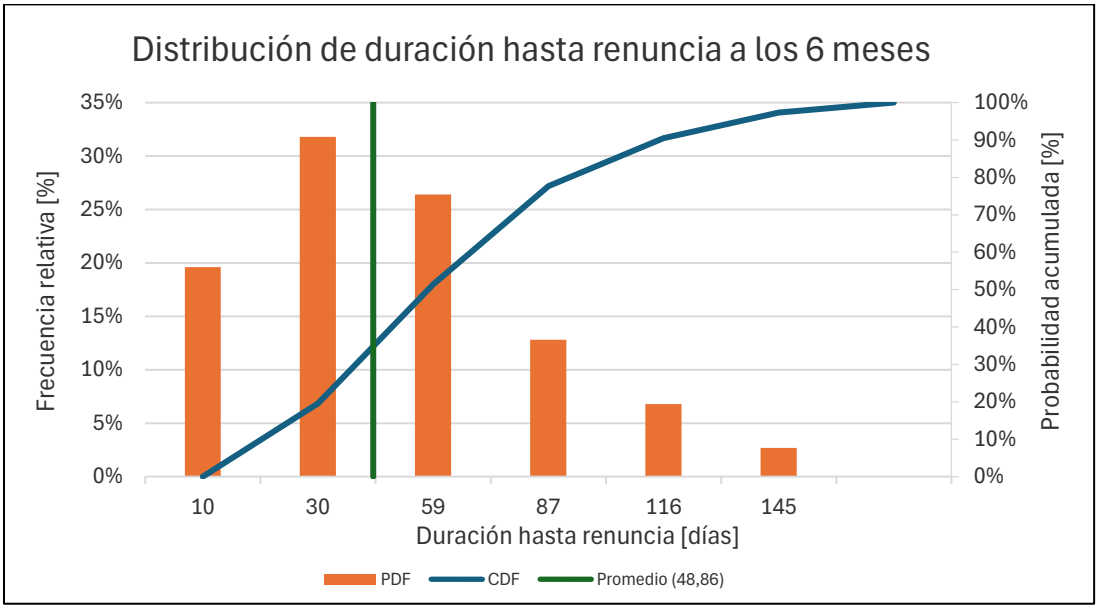


Gráfico 1. *Duración hasta la renuncia en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

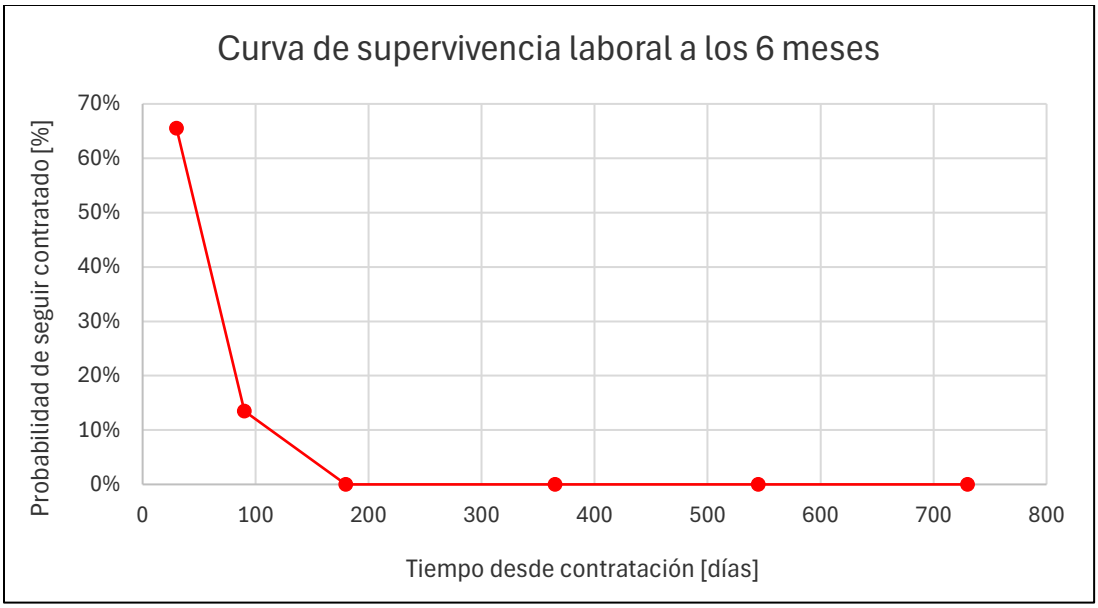


Gráfico 2. *Probabilidad de permanencia laboral en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

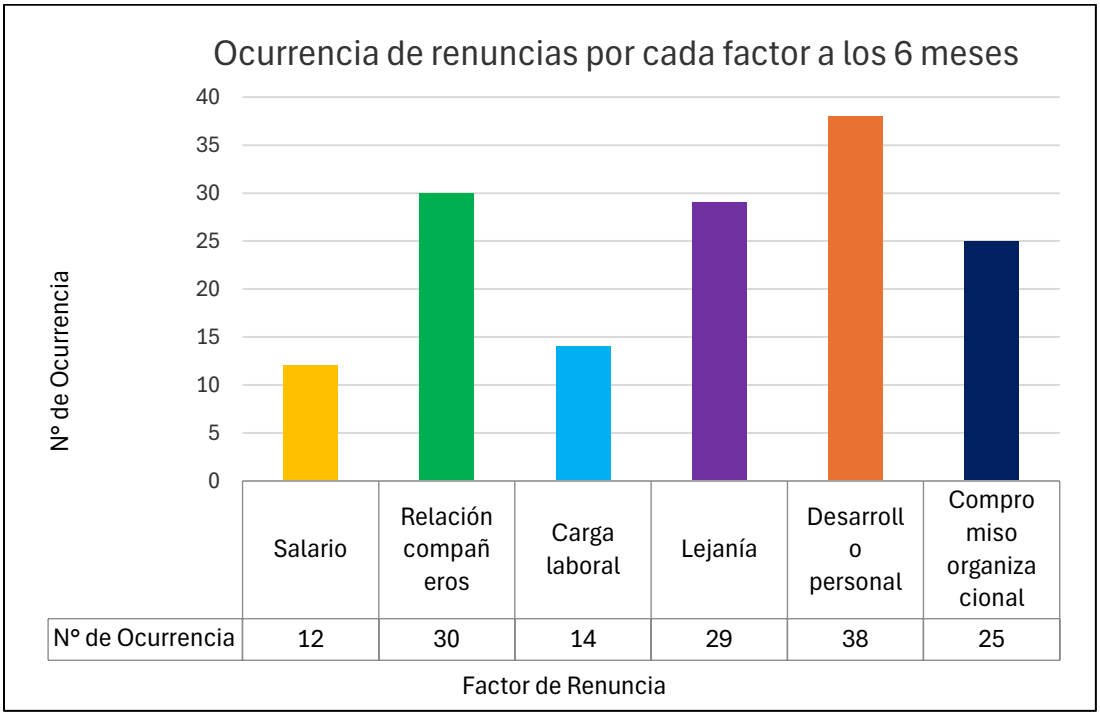


Gráfico 3.*Número de renuncias según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

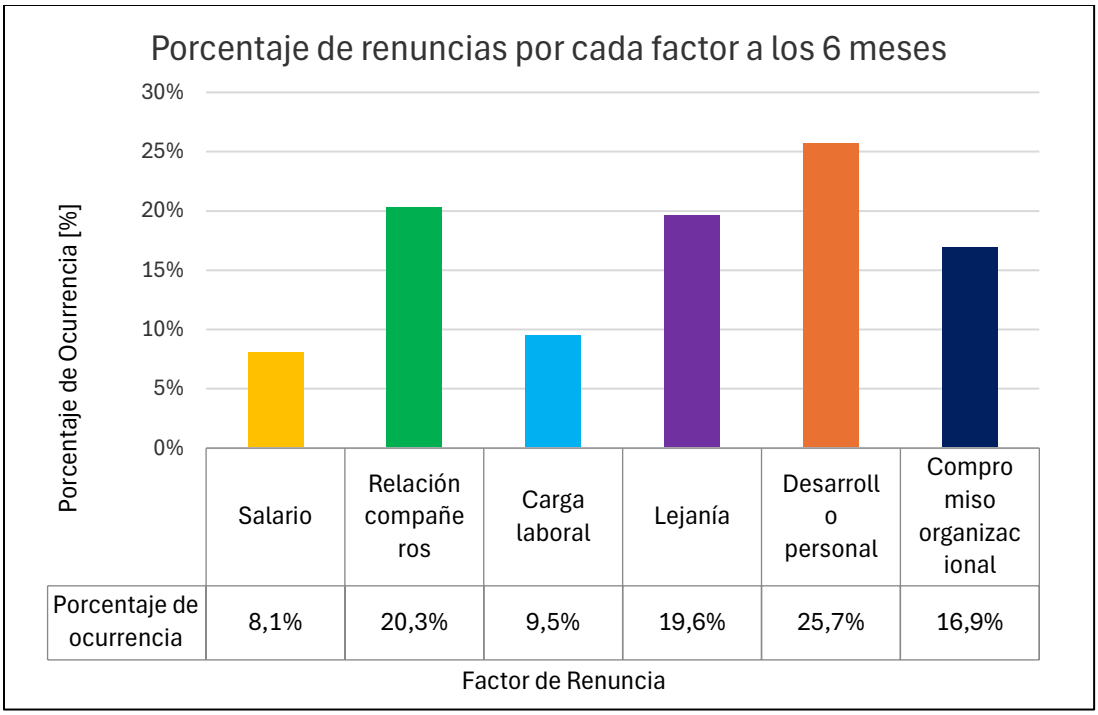


Gráfico 4. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

El escenario de 6 meses permite analizar el comportamiento de la rotación en el corto plazo. Este horizonte es útil para representar proyectos de menor duración o etapas iniciales de una obra, donde las decisiones de permanencia pueden estar fuertemente influenciadas por la adaptación inicial del trabajador, la relación con compañeros, la adaptación y percepción de a las condiciones laborales y las expectativas de desarrollo. En este periodo, el modelo permite identificar qué factores tienden a generar salidas tempranas y, por lo tanto, qué aspectos deberían ser gestionados desde el inicio.

Desde la perspectiva de gestión del talento, este resultado es relevante porque evidencia que la retención no debe abordarse únicamente cuando el trabajador ya presenta señales avanzadas de salida. Por el contrario, el modelo permite observar que las causas de rotación pueden activarse durante los primeros meses, lo que refuerza la importancia de estrategias tempranas de inducción, acompañamiento, claridad de funciones, integración con la cuadrilla y comunicación de oportunidades de desarrollo.

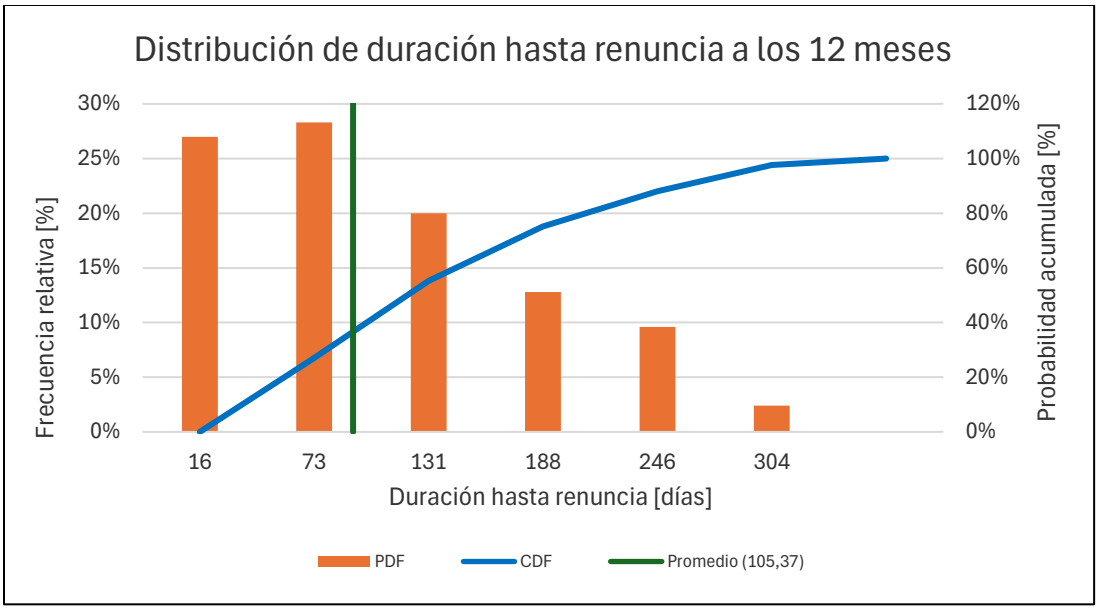


Gráfico 5. *Duración hasta la renuncia en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

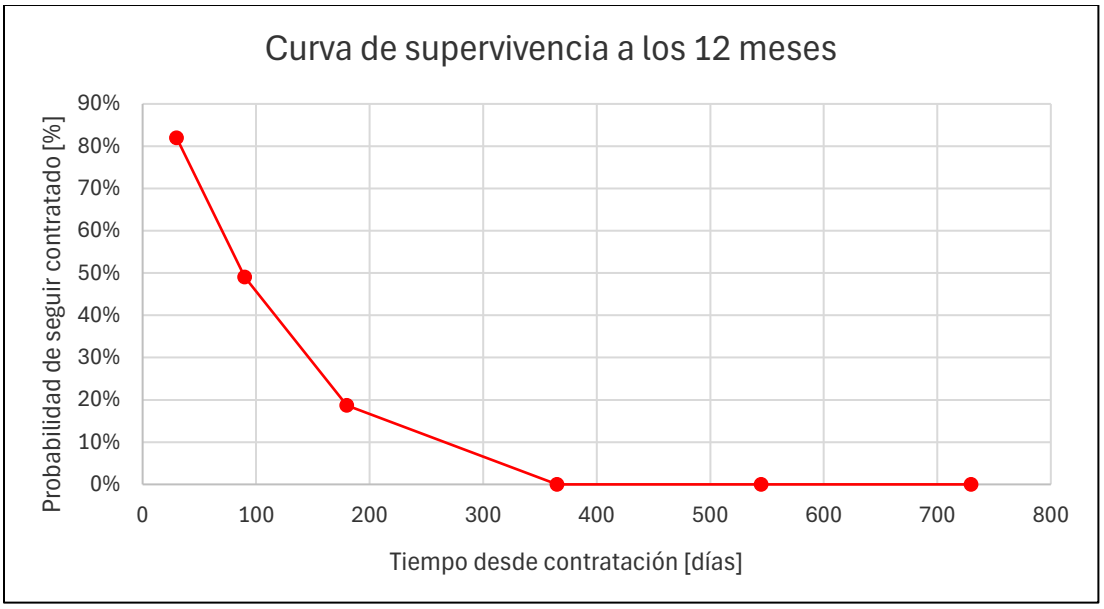


Gráfico 6. *Probabilidad de permanencia laboral en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

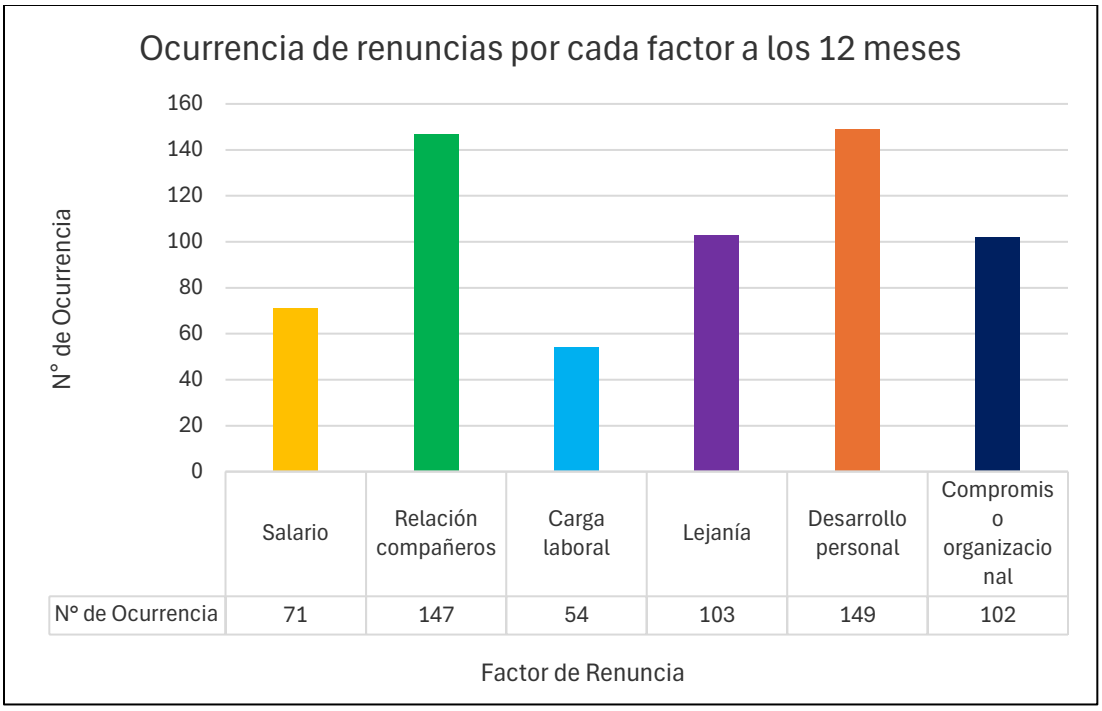


Gráfico 7. *Número de renuncias según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

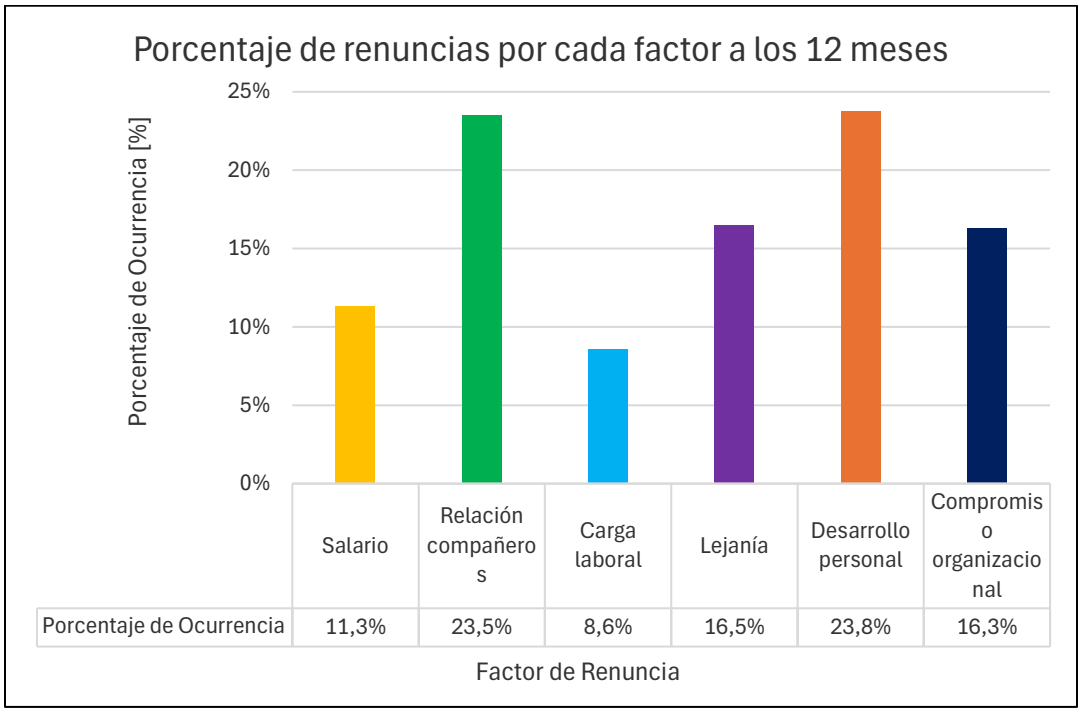


Gráfico 8. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

El escenario de 12 meses permite analizar la rotación en un horizonte de mediano plazo. En este caso, el modelo captura con mayor claridad el efecto acumulado de los factores de renuncia. A diferencia del corto plazo, donde las salidas pueden estar asociadas a la adaptación inicial, en un horizonte anual cobran mayor importancia factores vinculados con posibilidades reales de desarrollo dentro de la empresa o proyecto, ambiente laboral, lejanía entre lugar de residencia y la obra y compromiso organizacional.

Este horizonte permite evaluar si estrategias de gestión implementadas durante la etapa inicial son suficientes para sostener la permanencia del trabajador durante un periodo más prolongado. Además, permite analizar si ciertos factores mantienen una incidencia constante en el tiempo o si su relevancia aumenta a medida que avanza la permanencia del trabajador en la obra.

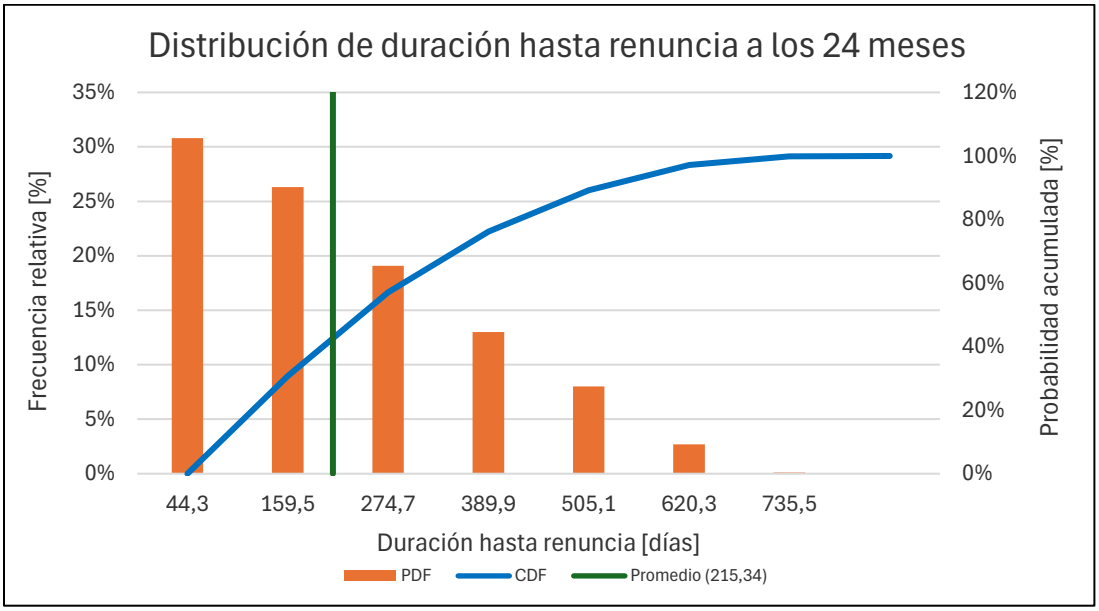


Gráfico 9. *Duración hasta la renuncia en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

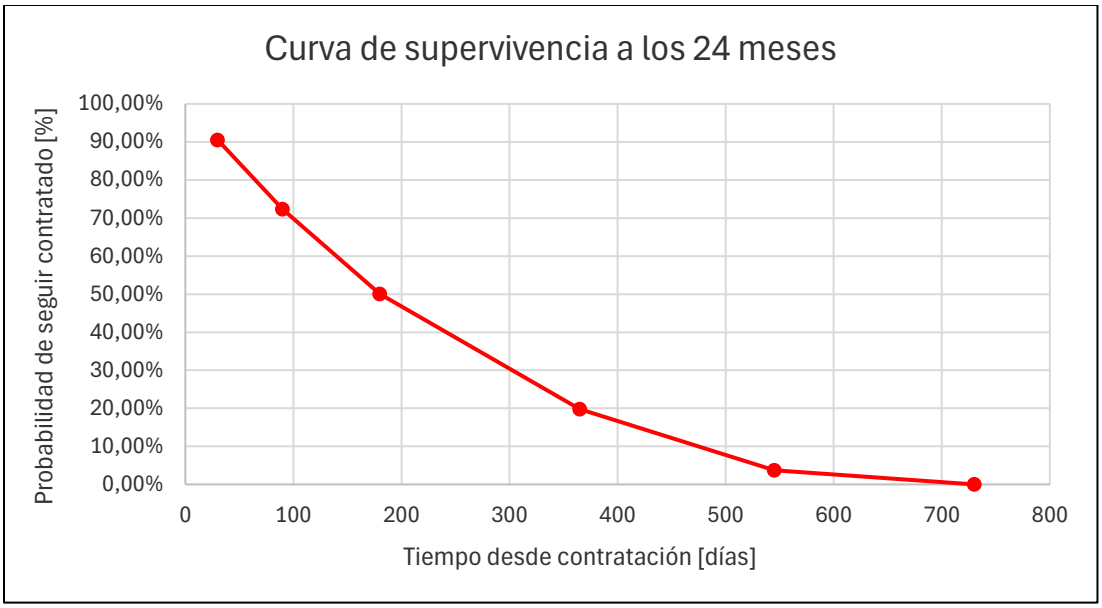


Gráfico 10. *Probabilidad de permanencia laboral en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

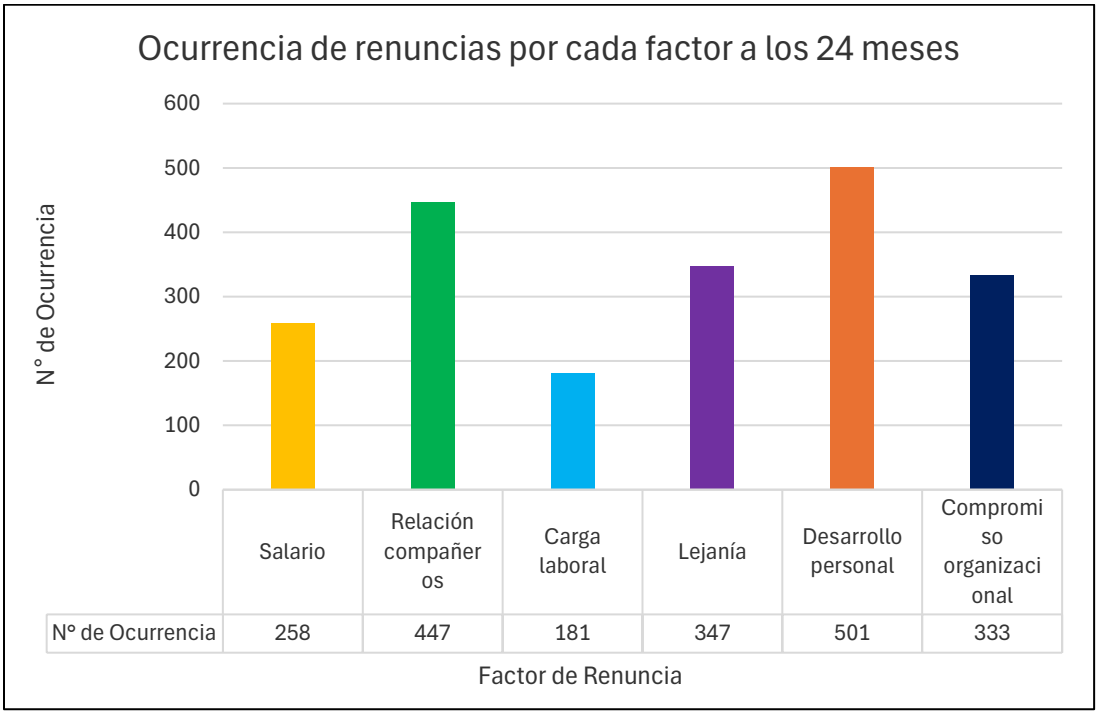


Gráfico 11. *Número de renuncias según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

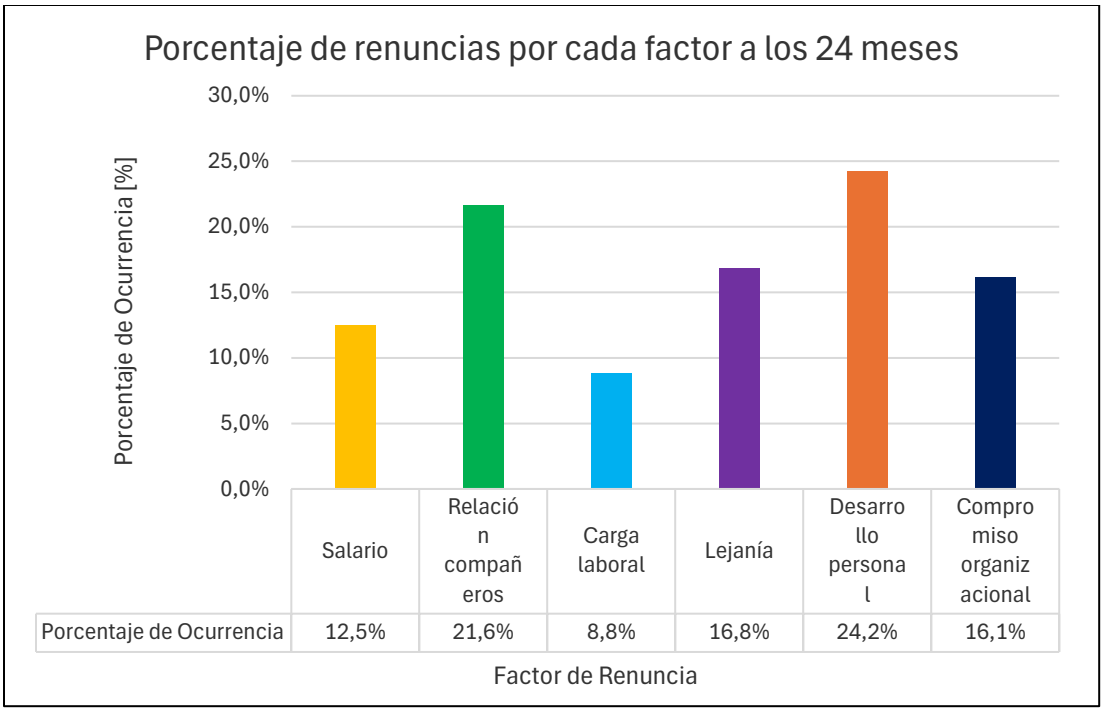


Gráfico 12. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario base de 8,6% de desempleo a los 24 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

El escenario de 24 meses permite analizar el comportamiento de la rotación en un horizonte de largo plazo. Este periodo es especialmente relevante para proyectos de mayor duración o para empresas que buscan evaluar la continuidad de su fuerza laboral más allá de una obra específica. En este escenario, el modelo permite observar la acumulación progresiva del riesgo de renuncia y evaluar cómo la permanencia de los trabajadores se ve afectada por factores sostenidos en el tiempo.

En términos generales, la comparación entre los tres horizontes permite identificar dos elementos relevantes. En primer lugar, el número acumulado de renuncias aumenta a medida que se amplía el periodo de simulación, lo que resulta esperable debido al mayor tiempo de exposición de los trabajadores a los factores de salida. En segundo lugar, la distribución de las causas de renuncia permite reconocer qué factores mantienen una incidencia relevante en distintos momentos del proyecto. Esto entrega información útil para priorizar acciones de gestión del talento según la etapa temporal de la obra.

5.2 ESCENARIOS SEGÚN TASA DE DESEMPLEO

Para este caso, se analiza una comparación de escenarios considerando distintas tasas de desempleo. Se incorporan dos escenarios, uno considerando un 7,2% de desempleo, el cual es referente a la tasa promedio de desempleo anual del año 2019 y otro escenario de 10,7% de desempleo anual promedio correspondiente al año 2020, estos registrados por el INE, los cuales representan condiciones de menor y mayor desempleo respecto del escenario base de 8,6% el cual

corresponde al año 2025. Estos escenarios se evalúan a los 6 y 12 meses, con el fin de analizar la sensibilidad del modelo frente a cambios del mercado laboral chileno.

Escenario	Tasa promedio de desempleo anual	Año de referencia	Condición de uso
Menor desempleo	7,2%	2019	Año relativamente reciente con una condición de menor tasa de desempleo
Escenario base	8,6%	2025	Condición anual más reciente del mercado laboral
Mayor desempleo	10,7%	2020	Condición de mayor desocupación asociado al impacto de la pandemia

Tabla 2. *Escenarios de simulación considerados para la sensibilización del modelo.*
Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del INE (2021 y 2026).*

La tasa de 8,6% se utiliza como escenario base y los resultados de este se encuentran en el punto **5.1**, por otra parte, las tasas de 7,2% y 10,7% permiten analizar la sensibilidad del modelo frente a cambios en el contexto externo del mercado laboral.

La incorporación de la tasa promedio de desempleo anual deja ver que la decisión de renuncia voluntaria no depende únicamente de factores internos de la obra o de la empresa, sino también del entorno laboral en que se encuentra el trabajador. En términos conceptuales, la tasa de desempleo puede influir en la percepción de alternativas laborales disponibles. En contextos de menor desempleo, los trabajadores podrían percibir mayores oportunidades externas, lo que puede aumentar su disposición a cambiar de empleo. En cambio, en contextos de mayor desempleo, la menor disponibilidad de alternativas podría disminuir la intención de salida.

A continuación, se muestran los resultados con una tasa promedio de desempleo anual de 7,2% en los primeros 6 meses (180 días).

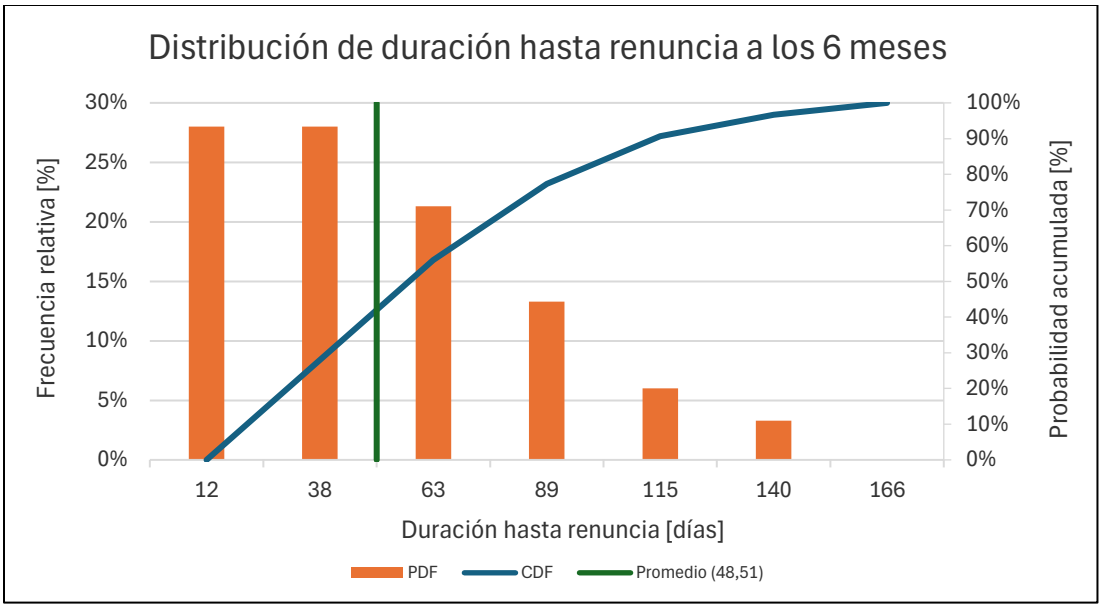


Gráfico 13. *Duración hasta la renuncia en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

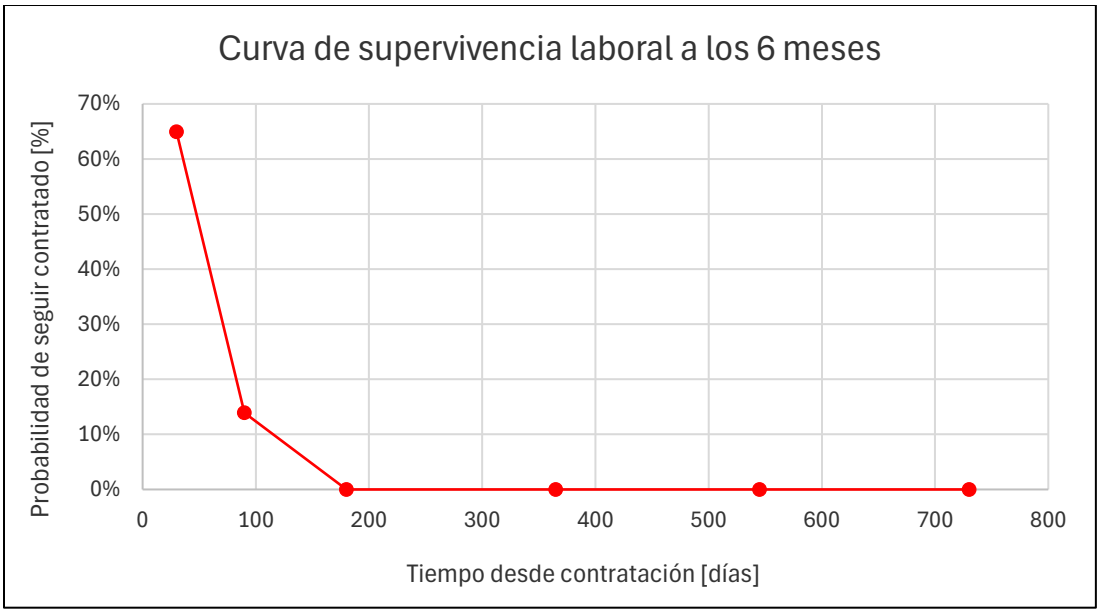


Gráfico 14. *Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

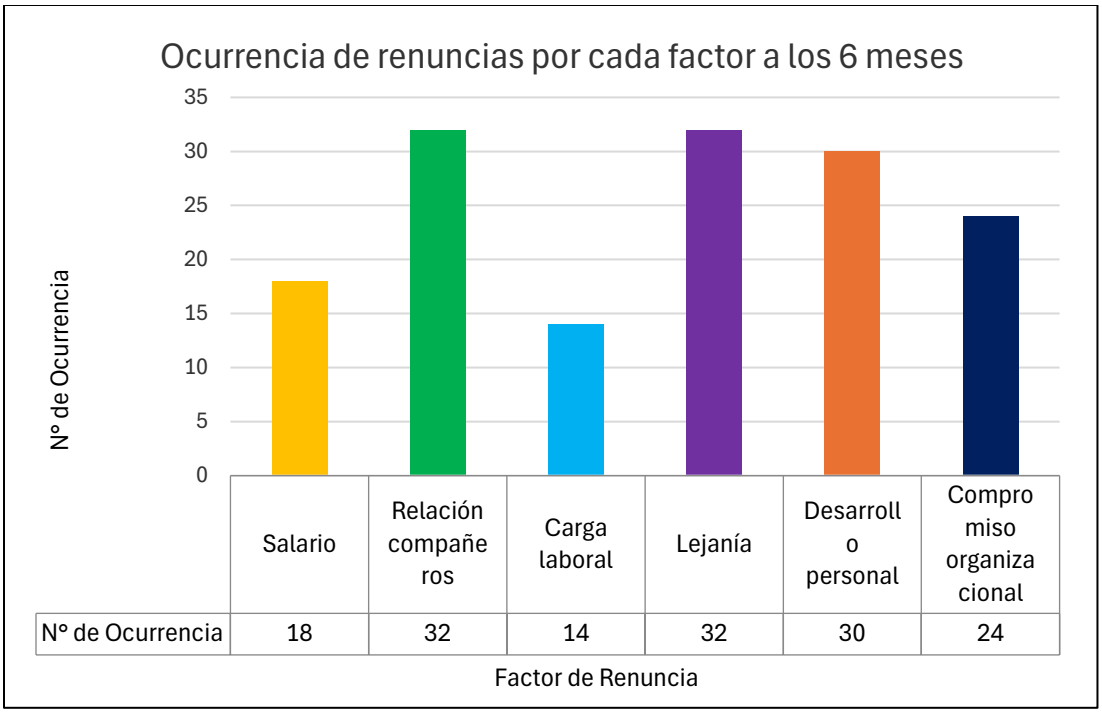


Gráfico 15. *Número de renuncias según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

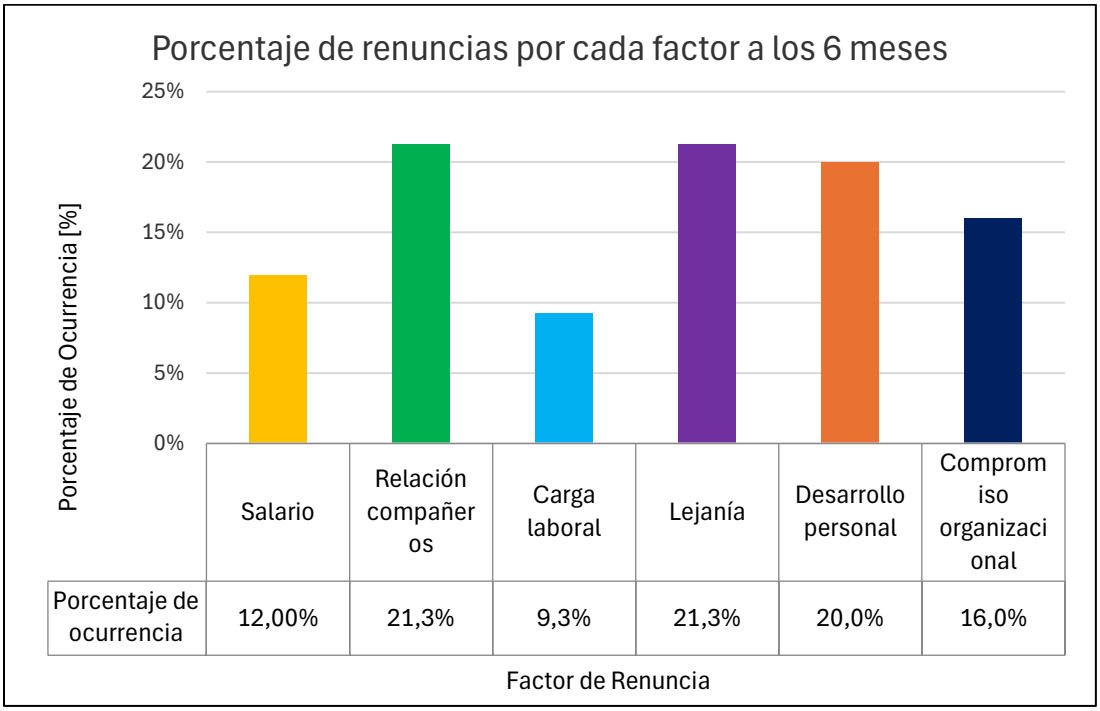


Gráfico 16. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Para el escenario de 7,2% de desempleo anual a los 6 meses (180 días), los resultados muestran que las renuncias se concentran principalmente durante los primeros meses de simulación. La distribución de duración hasta la renuncia presenta un promedio cercano a 48,51 días, lo que indica que gran parte de las salidas ocurren en etapas tempranas del periodo. Esta tendencia también se observa en la curva de supervivencia, donde la probabilidad de seguir contratado disminuye de forma acelerada durante los primeros 180 días.

En cuanto a las causas de renuncia bajo este escenario, los factores con mayor incidencia corresponden a relación con compañeros de trabajo y lejanía. Ambos factores registran 32 ocurrencias, equivalente al 21,3% del total de ocurrencias. Por otra parte, la menor incidencia es la carga laboral que registra 14 incidencias, equivalente al 9,3% del total de ocurrencias registradas en los primeros 6 meses.

A continuación, se muestran los resultados con una tasa de desempleo anual de 10,7% en los primeros 6 meses (180 días).

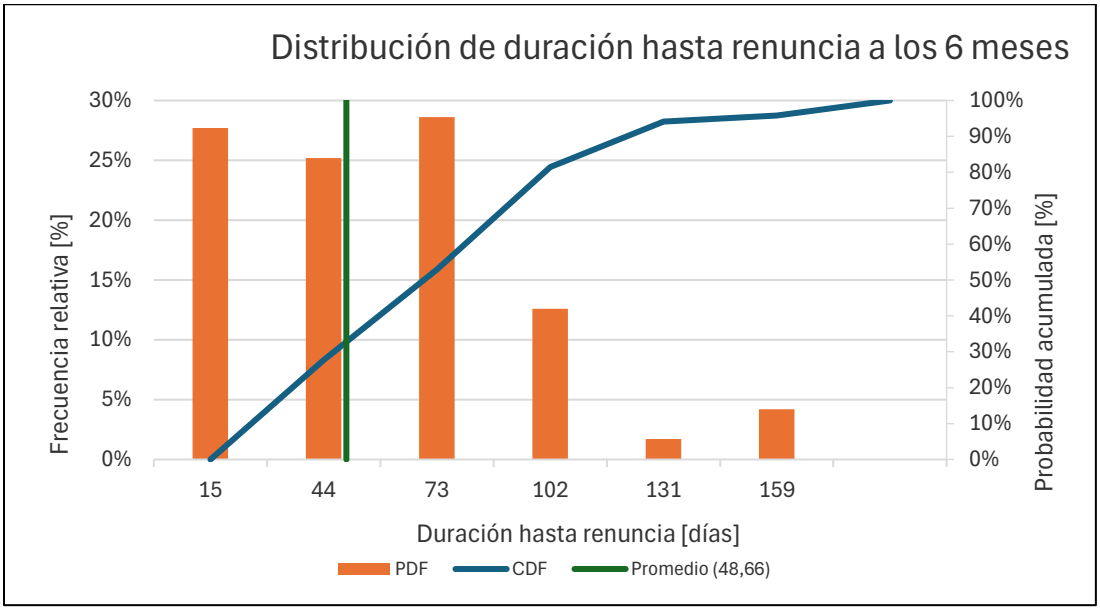


Gráfico 17. *Duración hasta la renuncia en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

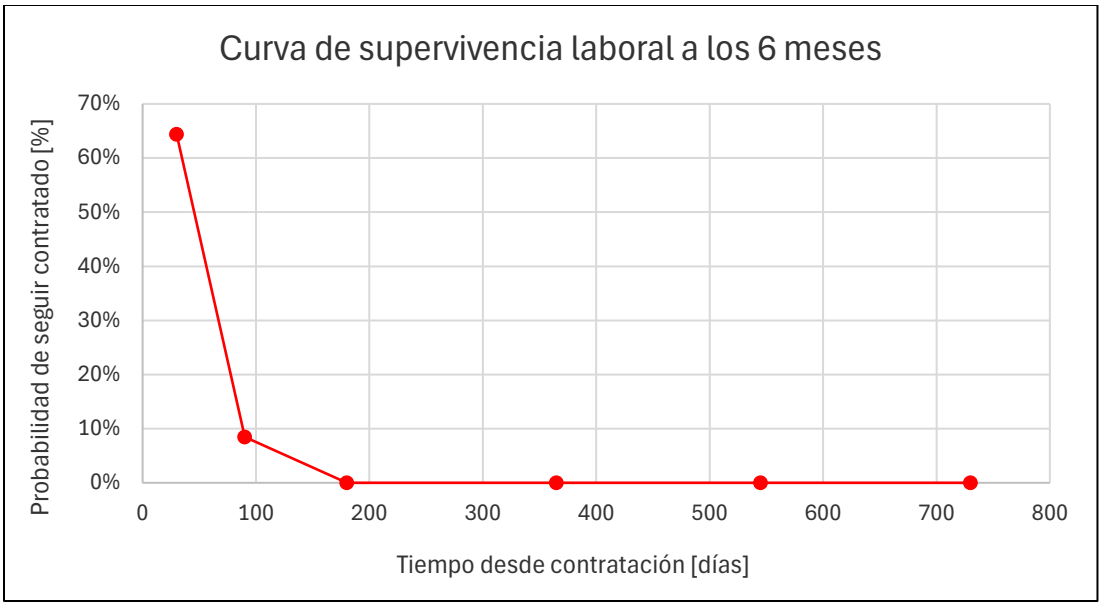


Gráfico 18. *Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

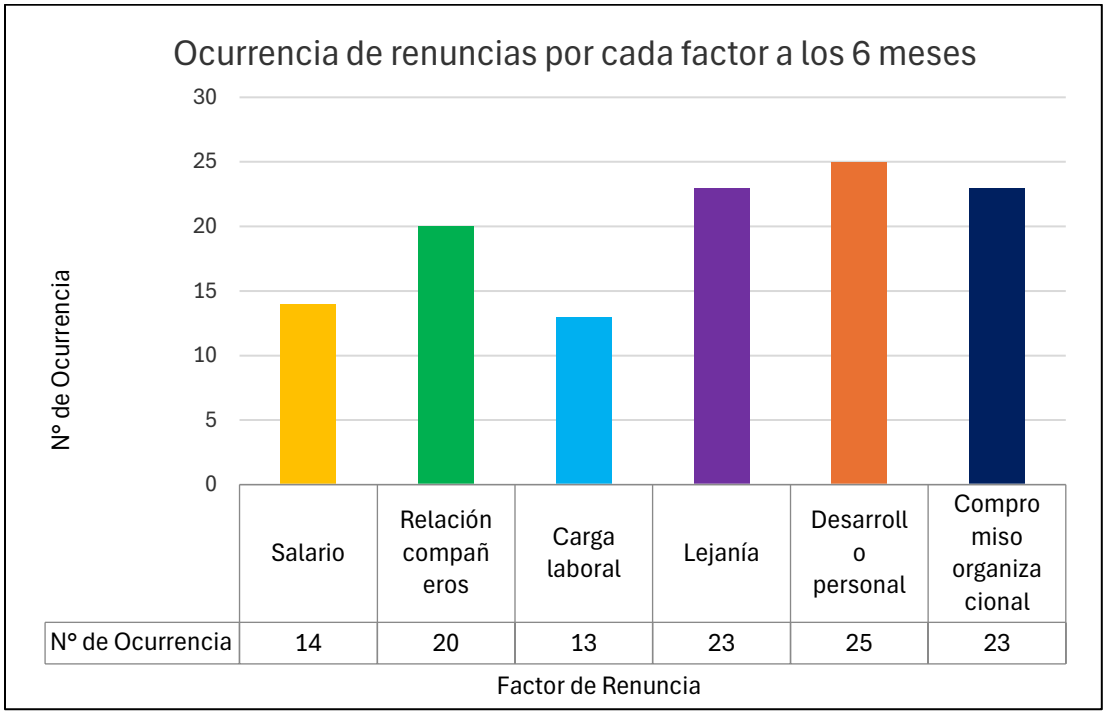


Gráfico 19. *Gráfico 19. Número de renuncias según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

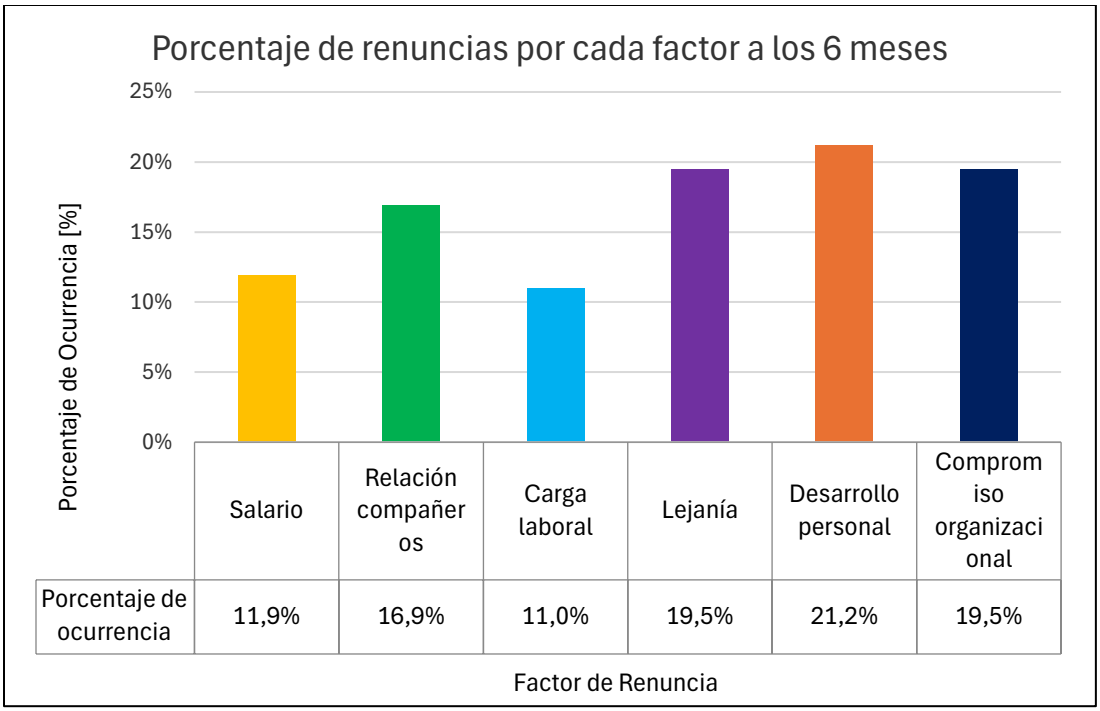


Gráfico 20. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Para el escenario de 10,7% de desempleo anual a los 6 meses (180 días), los resultados mantienen una concentración de renuncias durante los primeros meses, con un promedio de duración hasta la renuncia similar al escenario anterior con 48,66 días. La curva de supervivencia también evidencia una caída pronunciada de la permanencia laboral en el corto plazo.

En este caso, los factores con mayor número de ocurrencias es desarrollo personal con 25 casos, en términos porcentuales, este representa el 21,2% del total de ocurrencias. En cuanto a la menor incidencia se tiene al factor de carga laboral con 13 ocurrencias y un 11,0% del total de ocurrencias registradas en los primeros 6 meses.

A continuación, se muestran los resultados con una tasa de desempleo anual de 7,2% en los primeros 12 meses (365 días).

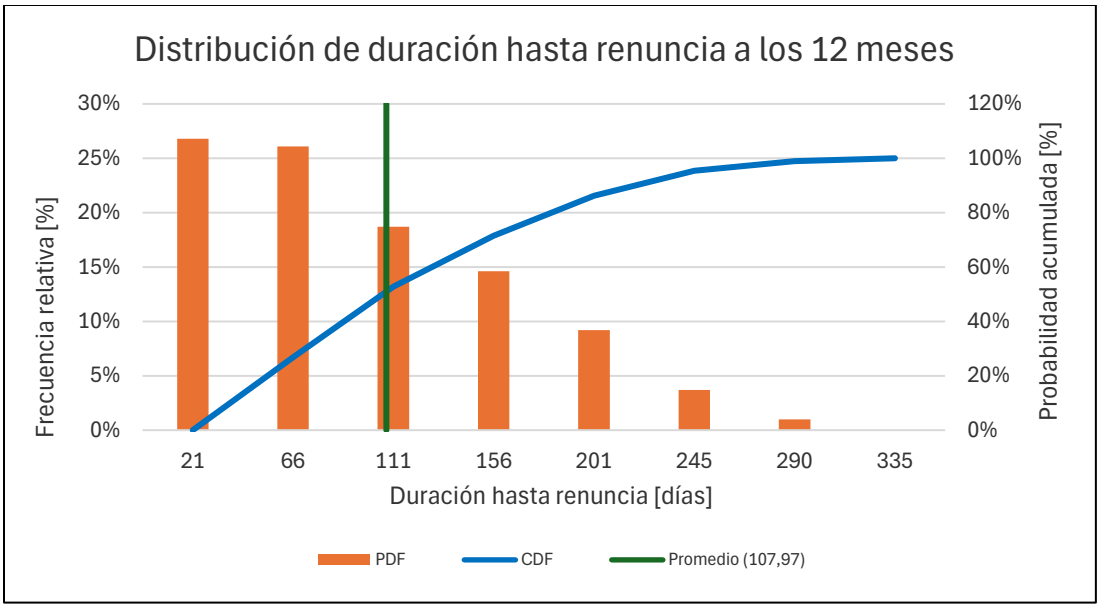


Gráfico 21. *Duración hasta la renuncia en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

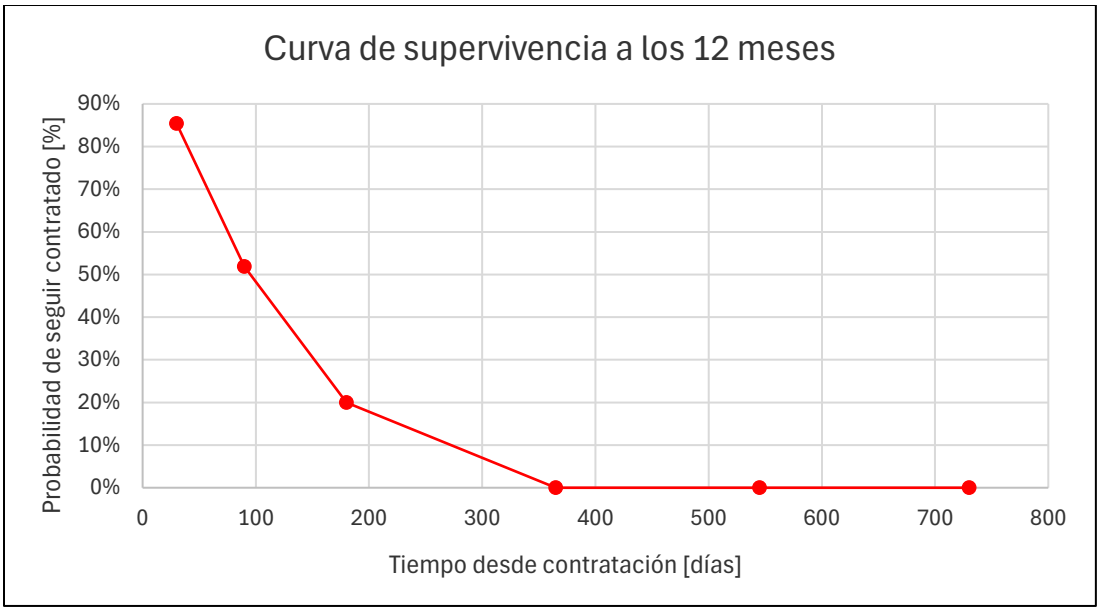


Gráfico 22. *Gráfico 22. Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

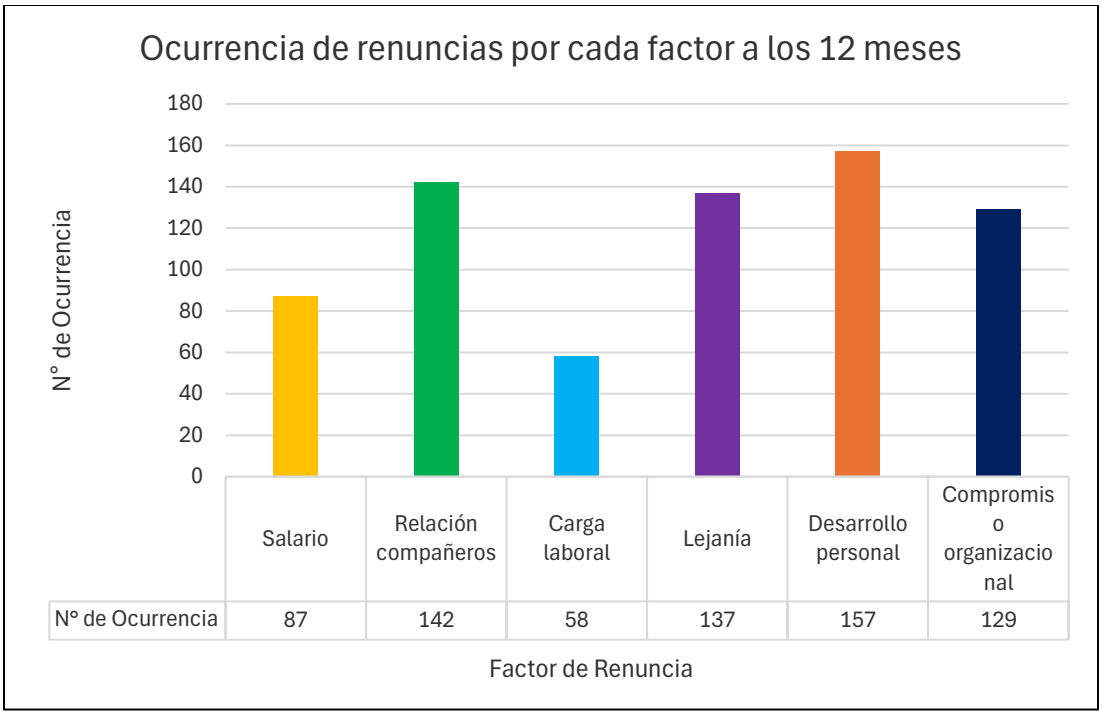


Gráfico 23. *Número de renuncias según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

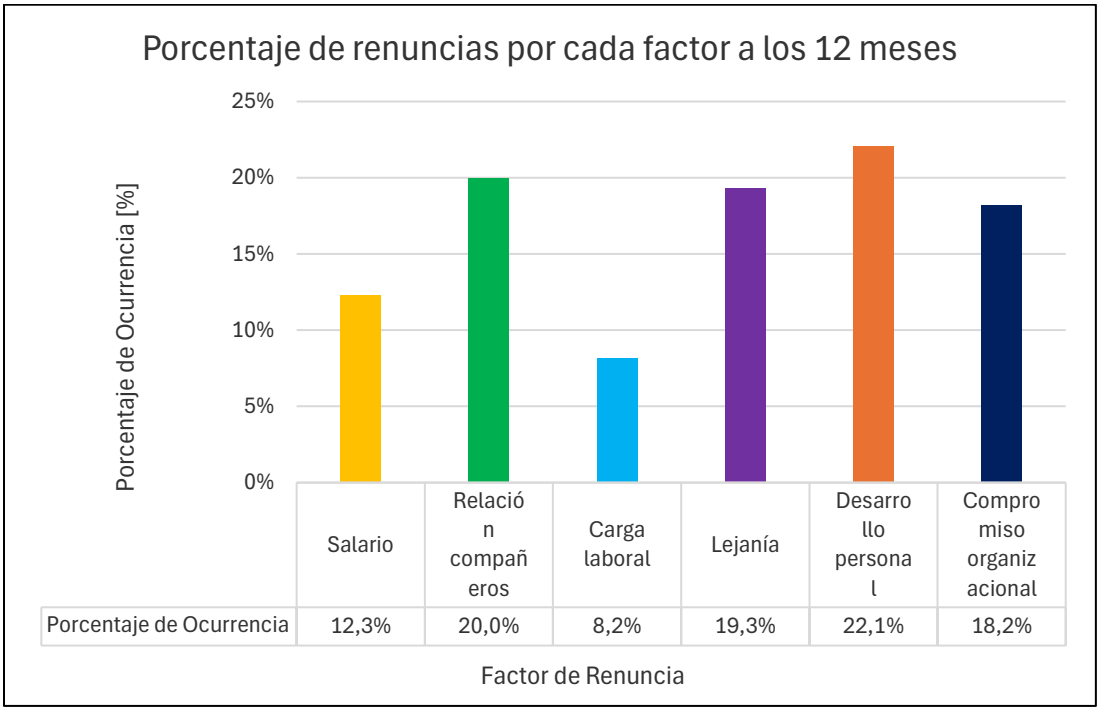


Gráfico 24. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 7,2% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Para el escenario de 7,2% de desempleo anual a los 12 meses (365 días), los resultados permiten observar el comportamiento de la rotación laboral a lo largo de un año completo bajo la condición de menor tasa de desempleo. La distribución hasta la renuncia presenta un promedio de 107,97 días. La curva de supervivencia muestra una disminución sostenida en la probabilidad de que los trabajadores continúen contratados según avanza el tiempo.

En cuanto a los casos de renuncia, el factor con mayor incidencia en este escenario corresponde a desarrollo personal el cual registra 157 ocurrencias, equivalentes al 22,1% del total de ocurrencias. Por otra parte, el factor con menor incidencia fue carga laboral con 58 ocurrencias equivalente a 8,2% del total de ocurrencias registradas durante los 12 meses.

A continuación, se muestran los resultados con una tasa de desempleo anual de 10,7% en los primeros 12 meses (365 días).

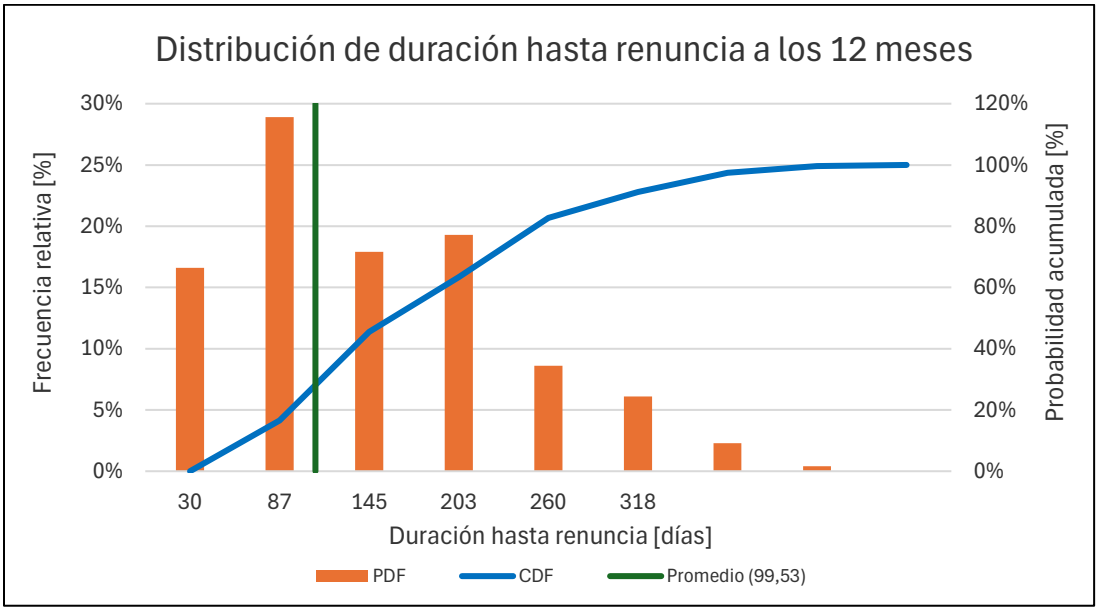


Gráfico 25. *Duración hasta la renuncia en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

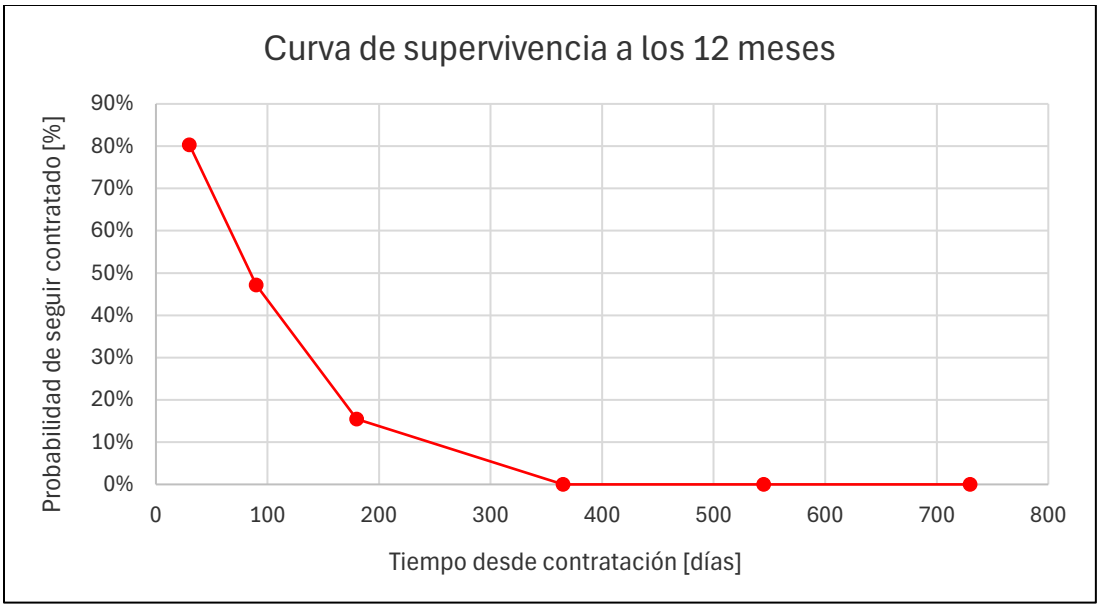


Gráfico 26. *Probabilidad de permanencia laboral en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

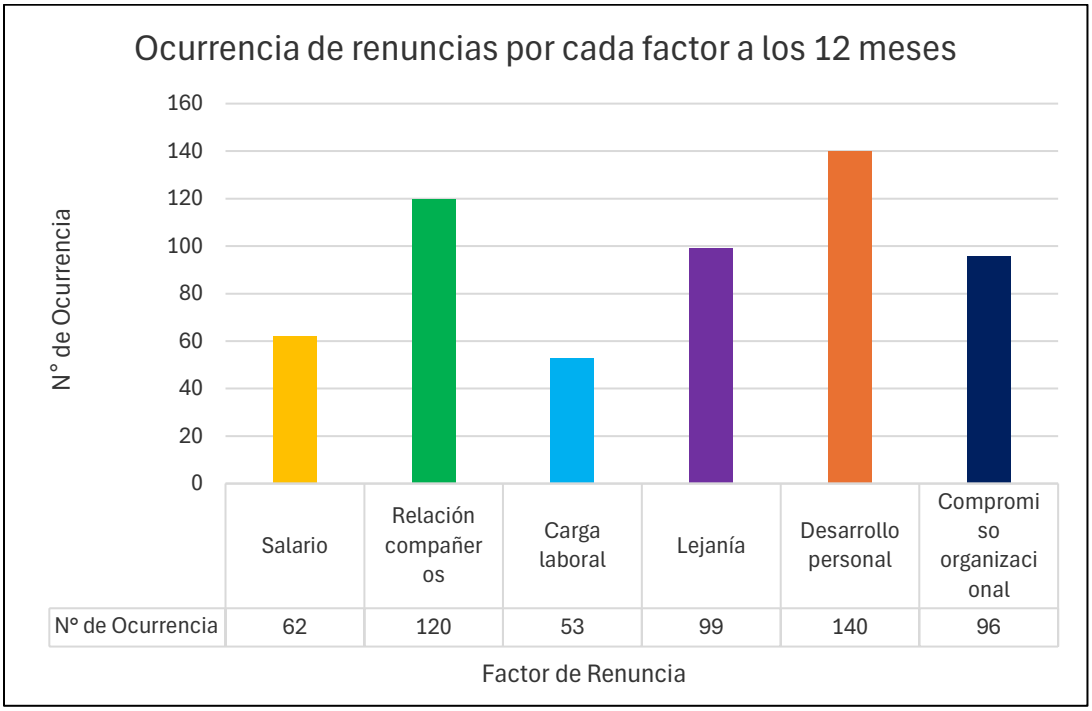


Gráfico 27. *Número de renuncias según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

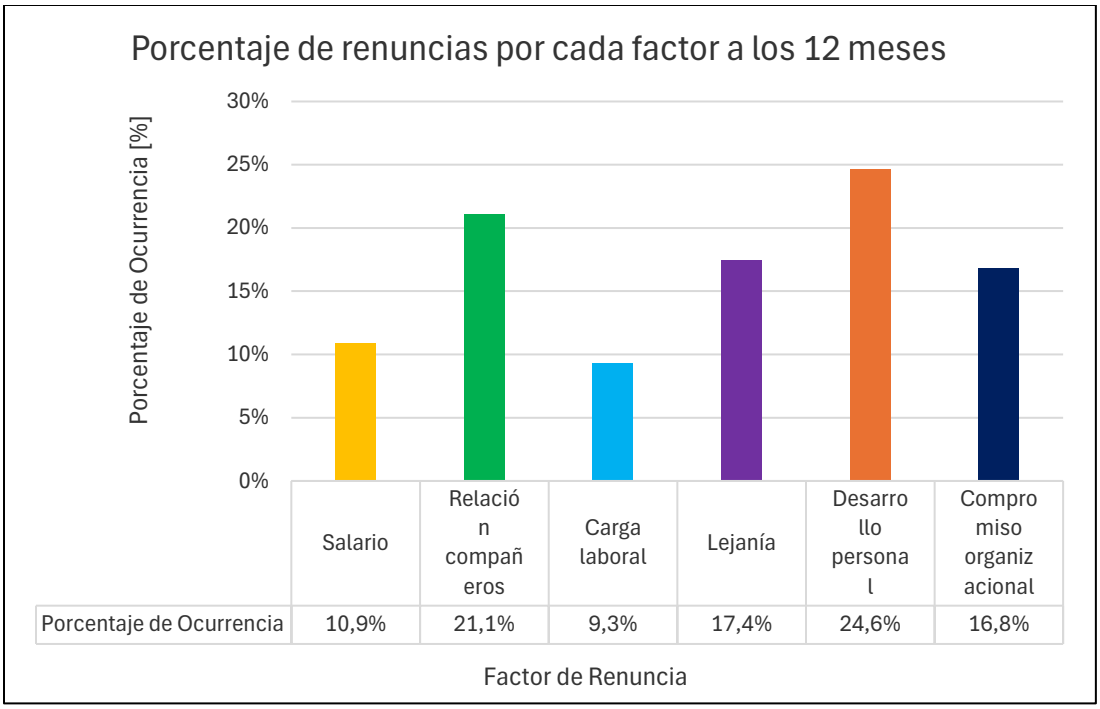


Gráfico 28. *Distribución porcentual de renuncia según factor asociado en escenario de 10,7% de desempleo a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Para el escenario de 10,7% de desempleo anual a los 12 meses (365 días), los resultados mantienen una dinámica similar en términos temporales, aunque con un aumento en la cantidad total de renuncias acumuladas simuladas. La distribución de duración hasta la renuncia presenta un promedio de 99,53 días, valor levemente inferior al observado en el escenario de 7,2%. La curva de supervivencia también muestra una disminución progresiva de la probabilidad de permanencia durante el horizonte anual.

Respecto a las causas de renuncia, el factor con mayor incidencia vuelve a ser desarrollo personal, con 140 ocurrencias, equivalente al 24,6% del total de ocurrencias. Por otra parte, el factor con menor incidencia fue carga laboral, con 53 ocurrencias, equivalente a un 9,3% del total de ocurrencias registradas durante los 12 meses.

6. DISCUCIÓN

Los resultados obtenidos permiten discutir el aporte del modelo de simulación basado en agentes como una herramienta exploratoria para analizar la rotación laboral voluntaria en proyectos de construcción. El modelo no busca predecir con exactitud la rotación de una empresa específica, sino más bien representar de manera dinámica cómo distintos factores asociados a la gestión del talento pueden incidir en la decisión individual de renuncia de los trabajadores. Este enfoque es coherente con la simulación basada en agentes, ya que permite representar entidades individuales con reglas de comportamiento propias y observar cómo sus decisiones generan resultados en el sistema (Macal & North, 2010).

Desde esta perspectiva, la rotación laboral no se interpreta únicamente como una cifra administrativa, sino como un fenómeno dinámico y multifactorial. En la construcción, la salida voluntaria de trabajadores puede afectar la continuidad de los equipos, la productividad, la planificación de actividades y la acumulación de experiencia en obra. Esto coincide con lo señalado por Ayodele et al. (2020), quienes identifican que la rotación en el sector de la construcción se encuentra asociado a múltiples factores laborales como organizacionales e individuales. Asimismo, Abdolmaleki et al. (2024) plantean que la rotación de trabajadores de la construcción genera consecuencias relevantes para el desempeño de los proyectos, por lo que requiere ser abordado desde una mirada más amplia que la simple reposición de personal.

6.1 MODELO DESARROLLADO (Desarrollo del modelo)

El modelo desarrollado representa al trabajador como agente principal del sistema. Esta decisión individual, influenciada por la percepción de cada trabajador tiene respecto de sus condiciones laborales, oportunidades de desarrollo, relaciones en obra y vínculo con la organización. La representación del trabajador como agente permite capturar esta lógica individual y, posteriormente, observar cómo la acumulación de decisiones particulares genera patrones de rotación a nivel del proyecto.

La utilización de simulación basada en agentes resulta pertinente para este tipo de problemas, debido a que permite analizar fenómenos donde las decisiones individuales generan efectos colectivos. En estudios aplicados a la construcción, este enfoque ha sido utilizado para representar trabajadores, cuadrillas e interacciones dentro del entorno de obra, permitiendo comprender comportamientos emergentes asociados al desempeño laboral y a la dinámica de los proyectos (Ye et al., 2020). En esta investigación, dicha lógica se adapta al análisis de la rotación laboral voluntaria, incorporando factores que influyen en la intención de renuncia.

Un aspecto relevante del modelo es que permite trabajar con información cuantificable proveniente de estudios previos y datos secundarios. Esto resulta útil en un contexto donde no siempre existen registros internos detallados sobre intención de renuncia, compromiso organizacional o satisfacción laboral en empresas constructoras. No obstante, esta característica también delimita el alcance de los resultados. Por ello, los valores obtenidos deben entenderse como una aproximación al comportamiento del sistema bajo ciertos supuestos, y no como una predicción

exacta de lo que ocurrirá en una obra real, ya que dicho comportamiento dependerá de los datos de cada caso en particular según el proyecto.

6.2 RELACIÓN ENTRE ROTACIÓN LABORAL Y GESTIÓN DEL TALENTO

Los resultados refuerzan la idea de que la rotación laboral en construcción debe abordarse desde la perspectiva de la gestión del talento y no únicamente como una consecuencia de la temporalidad de las obras. Si bien la construcción se caracteriza por proyectos dinámicos, cambios recurrentes de dotación y contratos de trabajadores asociados a faenas específicas, la rotación voluntaria afecta directamente la estabilidad de la fuerza laboral y puede generar costos asociados al reemplazo de personal, pérdida de experiencia, menor coordinación de los equipos de trabajo y retrasos en la ejecución. Esto coincide con lo planteado por Abdolmaleki et al. (2024), quienes señalan que la rotación de empleados en la construcción tiene efectos relevantes sobre el desempeño de los proyectos.

En este contexto, la retención se posiciona como una etapa crítica dentro de la gestión del talento, ya que permite vincular los resultados del modelo con posibles acciones orientadas a disminuir la rotación laboral voluntaria. Esta interpretación se relaciona con lo planteado por Vallejo Chávez (2016), quien señala que la retención requiere generar condiciones laborales que favorezcan la satisfacción, el compromiso y la permanencia de los trabajadores. En este sentido, la utilidad del modelo no se limita únicamente a cuantificar renuncias, sino que permite identificar qué factores presentan mayor incidencia en cada escenario y, a partir de esto, proponer estrategias de retención más focalizadas.

De esta manera, la simulación puede funcionar como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, permitiendo que las empresas constructoras comparen escenarios y evalúen posibles medidas antes de implementarlas. Desde esta perspectiva, el modelo favorece una transición desde una gestión reactiva, centrada en reemplazar trabajadores una vez ocurrida la renuncia, hacia una gestión preventiva, orientada a identificar factores de riesgo y actuar sobre ellos anticipadamente.

Asimismo, el modelo permite transformar los resultados de simulación en lineamientos concretos para la gestión del talento. La capacitación puede reducir la percepción de falta de desarrollo y fortalecer la trayectoria laboral dentro de la empresa, las mejoras en liderazgo y clima laboral pueden disminuir la incidencia de factores relacionales, los beneficios asociados al transporte o a una mayor flexibilidad pueden reducir el efecto de la lejanía, y las políticas de reconocimiento, estabilidad y comunicación interna pueden fortalecer el compromiso organizacional. De esta forma, el modelo contribuye a proponer acciones preventivas de retención, considerando que la permanencia de los trabajadores no depende de un único factor, sino de la combinación de condiciones laborales, organizacionales y personales que influyen en sus decisiones de continuar o abandonar la obra.

6.3 ALCANCE DE LOS DATOS UTILIZADOS

Una consideración relevante al interpretar los resultados es que la parametrización inicial del modelo responde a un contexto específico de trabajadores jóvenes vinculados a proyectos de construcción de la zona centro del país. Por ello, los resultados obtenidos no deben entenderse como una representación absoluta de toda la fuerza laboral de la construcción chilena, sino como una lectura situada del fenómeno de rotación bajo un perfil determinado de trabajadores. Esta precisión es importante, ya que las causas de renuncia pueden variar según edad, experiencia, oficio, tipo de contrato, región, condiciones del proyecto o características propias de cada empresa. Cabe señalar que estos elementos no dependen directamente de la estructura del modelo, sino de la información utilizada para parametrizarlo. En consecuencia, el valor de los resultados no está en generalizar directamente sus magnitudes, sino en mostrar cómo el modelo permite analizar la incidencia relativa de distintos factores de rotación dentro de un contexto definido.

Dada esta perspectiva, el alcance específico de los datos no constituye una debilidad del modelo, sino una condición que delimita su interpretación. La estructura desarrollada permite ser ajustada a otros contextos laborales siempre que se disponga de información pertinente para alimentar sus parámetros. Así, una empresa constructora podría incorporar registros internos de rotación, información por oficio, datos de permanencia, antecedentes contractuales o mediciones propias sobre satisfacción y compromiso laboral. Esto permite que el modelo funcione como una herramienta adaptable de análisis, capaz de comparar escenarios y apoyar decisiones de retención según la realidad particular de cada organización o proyectos, más que como un instrumento cerrado limitado a la base de datos utilizada en esta investigación.

Por lo anterior, la utilidad del modelo no se encuentra únicamente en los resultados obtenidos con la parametrización inicial, sino también en la posibilidad de utilizar su estructura como base para nuevos contextos de análisis. En la medida en que se incorporen datos representativos de otros grupos de trabajadores, empresas, regiones u oficios, el modelo puede ser recalibrado para reflejar condiciones laborales distintas. De esta forma, la simulación no se limita al caso particular analizado, sino que puede funcionar como una herramienta flexible para evaluar escenarios de rotación y apoyar decisiones de retención laboral con la información disponible en cada organización

6.4 ESCENARIOS TEMPORALES

La comparación entre escenarios de corto, mediano y largo plazo permiten observar que la rotación laboral voluntaria se comporta como un fenómeno acumulativo dentro del sistema simulado. A medida que aumenta el horizonte temporal, los trabajadores permanecen expuestos durante más tiempo a los factores de renuncia considerados en el modelo, lo que incrementa la probabilidad de que alguno de estos factores se active y genere una salida voluntaria. Esta dinámica es relevante, ya que la rotación laboral en construcción no ocurre de manera aislada, sino que responde a la interacción de condiciones económicas, laborales, organizacionales, relacionales y personales que influyen en la permanencia del trabajador dentro de la obra (Ayodele et al., 2020)

en este sentido, el análisis temporal permite comprender qué tiempo no actúas solamente como una unidad de medición, sino como una condición que intensifica la exposición del trabajador a las distintas causas de renuncia. En un horizonte breve, algunos factores pueden aparecer asociados a la adaptación inicial, la integración con la cuadrilla o la percepción temprana de las condiciones laborales. Sin embargo, en horizontes más extensos, los mismos factores pueden acumularse o adquirir mayor relevancia, especialmente cuando el trabajador no percibe oportunidades de desarrollo, estabilidad, reconocimiento o condiciones laborales sostenibles. Esto se relaciona con la gestión del talento, que se entiende como un proceso que no termina con el reclutamiento o selección, sino que incluye la capacitación, motivación y retención de los trabajadores (Chiavenato, 2009). En esta misma línea Vallejo Chávez (2016) destaca que la retención requiere generar condiciones que favorezcan la satisfacción, el compromiso y la permanencia de las personas dentro de la organización.

Desde la perspectiva de la construcción, esta comparación resulta especialmente importante debido a la naturaleza temporal y dinámica de los proyectos. Las obras suelen estar sujetas a cambios en las etapas de ejecución, presión por cumplimiento de plazos, varias zonas en la dotación de trabajadores y exigencias físicas u organizacionales que pueden afectar la continuidad laboral. Por ello, una mayor permanencia en el proyecto no garantiza necesariamente una mayor estabilidad, ya que también puede implicar una exposición prolongada a condiciones que desgastan la relación entre trabajador y empresa. En este contexto, la rotación puede afectar la productividad, la coordinación de cuadrillas, la acumulación de experiencia y la continuidad operativa del proyecto (Abdolmaleki et al., 2024).

Los escenarios de corto plazo permiten identificar factores asociados a las salidas tempranas. En esta etapa, la estrategia de retención debería enfocarse en la inducción, la claridad de funciones, la integración del trabajador con su equipo, la comunicación de expectativas y el acompañamiento durante el proceso inicial de adaptación. Esto es relevante porque una mala experiencia durante los primeros meses puede debilitar rápidamente la disposición del trabajador a permanecer en la obra, especialmente si percibe falta de apoyo, malas relaciones laborales o escasas oportunidades de desarrollo.

En los escenarios de mediano plazo, la retención requiere una mirada más sostenida. Una vez superada la etapa inicial, cobran mayor importancia a factores como la estabilidad percibida, el ambiente laboral, el compromiso organizacional, la lejanía entre el hogar y la obra, y las posibilidades reales de desarrollo dentro de la empresa o proyecto. En este punto, el trabajador ya no evalúa únicamente su ingreso o adaptación inicial, sino también si las condiciones ofrecidas justifican su permanencia. Por ello, la empresa debe fortalecer prácticas vinculadas a capacitación, reconocimiento, comunicación, liderazgo y construcción de trayectorias laborales, aspectos que se relacionan directamente con la retención del talento humano (Vallejo Chávez, 2016).

En los escenarios de largo plazo, la permanencia depende en mayor medida de la capacidad de la empresa para sostener condiciones laborales atractivas durante todo el ciclo del proyecto. En este horizonte, la retención no puede buscarse únicamente en acciones iniciales, sino que requiere políticas continuas orientadas al desarrollo de competencias, bienestar laboral, oportunidades de crecimiento, estabilidad y fortalecimiento del vínculo entre trabajador y organización. En la

construcción, la capacitación y el desarrollo de habilidades resultan especialmente relevantes, ya que contribuyen a mejorar la continuidad de la fuerza laboral y el desempeño de los proyectos (Egbebi, 2024).

Por lo tanto, los resultados temporales permiten discutir que la retención debe ser gestionada como un proceso continuo y no como una acción puntual. No basta con reclutar y contratar trabajadores para cubrir necesidades inmediatas de mano de obra, sino que es necesario mantener condiciones que fortalezcan su permanencia durante el desarrollo del proyecto. Desde esta perspectiva, el modelo permite identificar en qué momento del horizonte de simulación pueden identificarse las renuncias y qué tipo de estrategias podrían ser más pertinentes según la etapa analizada. Así, los escenarios temporales entregan una base para orientar decisiones de gestión del talento diferenciadas entre corto, mediano y largo plazo, favoreciendo una gestión más preventiva de la rotación laboral voluntaria en construcción.

6.5 ESCENARIOS SEGÚN DESEMPLEO

La incorporación de escenario asociado a distintas tasas de desempleo permite ampliar el análisis de la rotación laboral voluntaria más allá de las condiciones internas de la obra. Mientras factores como salario, clima laboral, lejanía, desarrollo personal y compromiso organizacional representan dimensiones propias de la experiencia del trabajador dentro del proyecto, el desempleo permite incorporar una condición externa vinculada al comportamiento general del mercado laboral. Esta mirada es coherente con la comprensión de la rotación laboral como un fenómeno multifactorial, influido por elementos individuales, organizacionales y contextuales (Ayodele et al., 2020).

Desde una perspectiva conceptual, la tasa de desempleo puede relacionarse con la disponibilidad de alternativas laborales percibidas por los trabajadores. En un escenario de menor desocupación, el mercado laboral podría ofrecer mayor oportunidades de empleo, lo que aumentaría la disposición de un trabajador a cambiar de obra o empresa si percibe mejores condiciones externas. En cambio, en un escenario de mayor desocupación, la menor disponibilidad de alternativas podría reducir la intención de renuncia, ya que abandonar el empleo implicaría asumir un mayor riesgo de no encontrar una nueva oportunidad laboral en el corto plazo. Por ello, la desocupación no se interpreta como una causa directa de renuncia, sino como una variable contextual que puede modificar la sensibilidad del trabajador frente a los factores internos de rotación.

No obstante, esta relación debe analizarse con cautela, ya que la decisión de renuncia no depende únicamente del estado general del mercado laboral. La literatura señala que la rotación en construcción se asocia a múltiples factores, entre ellos condiciones laborales, relaciones en el trabajo, oportunidades de desarrollo y aspectos organizacionales (Hussain & Xian, 2019). Por lo tanto, un trabajador puede permanecer en una empresa por falta de alternativas externas, pero eso no implica necesariamente satisfacción, compromiso o motivación. Del mismo modo, un contexto de menos desempleo puede facilitar la salida voluntaria, pero la renuncia seguirá dependiendo de la presencia de condiciones internas que generen insatisfacción o menor disposición a permanecer.

En este sentido, los escenarios de desocupación deben atenderse como un análisis de sensibilidad y no como una estimación exacta del efecto macroeconómico sobre cada trabajador. El modelo

desarrollado tiene un carácter exploratorio, ya que busca representar dinámicamente la incidencia de distintos factores asociados a la renuncia voluntaria, más que predecir con exactitud la rotación de un proyecto o empresa específica. Esta lógica es consistente con el uso de modelos basados en agentes, los cuales permiten representar decisiones individuales y observar cómo éstas generan resultados agregados dentro del sistema (Macal & North, 2010)

El valor de estos escenarios está en observar cómo responde el modelo o cuándo se modifica una condición externa del mercado laboral, manteniendo la lógica general de los factores de renuncia. Esto permite reconocer que la permanencia de los trabajadores en construcción no depende solamente de las condiciones ofrecidas por la empresa, sino también del contexto en que dichas condiciones son evaluadas por cada trabajador. En este sentido, una misma condición laboral puede ser percibida de manera distinta dependiendo de si existen muchas o pocas oportunidades laborales disponibles fuera de la obra.

Desde la gestión del talento, esta interpretación resulta especialmente importante. En escenario de menor desempleo, las empresas constructoras podrían enfrentar mayor dificultad para retener trabajadores, debido a que éstos tendrían más posibilidades de comparar sus condiciones actuales con otras alternativas del mercado. En este tipo de contextos, la retención debería orientarse a fortalecer aspectos como el desarrollo personal, las oportunidades de capacitación, el reconocimiento, la comunicación interna, el clima laboral y los beneficios asociados a la permanencia. Esto se relaciona con la gestión del talento como proceso orientado a atraer, desarrollar, motivar y retener trabajadores dentro de la organización (Chiavenato, 2009).

Por el contrario, en escenarios de mayor desocupación, la menor disponibilidad de empleos puede reducir la salida voluntaria, pero esto no elimina la necesidad de gestionar la retención. Una baja renuncia en un contexto de mayor desempleo no necesariamente implica una mejor gestión del talento, ya que los trabajadores podrían permanecer por necesidad o por menor percepción de alternativas externas. Por ello, incluso en escenarios donde la rotación disminuya, sigue siendo necesario fortalecer el compromiso organizacional, el ambiente laboral, las condiciones de trabajo y las oportunidades de desarrollo, aspectos que la literatura reconoce como relevantes para la permanencia de trabajadores en construcción (Egbebi, 2024).

Este tipo de escenarios permite reforzar la idea de que la rotación laboral voluntaria en construcción es un fenómeno dinámico, acumulativo y multifactorial. La desocupación puede influir en la percepción de oportunidades externas, pero la decisión final de renuncia o permanencia se relaciona con la interacción entre el contexto del mercado laboral, las condiciones propias de la obra y las características individuales del trabajador. Desde esta perspectiva, el modelo permite analizar no sólo cuántas renuncias podrían ocurrir bajo diferentes tasas de desocupación, sino también como estos escenario pueden orientar estrategias preventivas de retención laboral según el contexto en el que se desarrolla el proyecto.

6.6 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

La comparación de escenarios permite integrar los resultados obtenidos en los análisis anteriores y observar con mayor claridad cómo se comporta la rotación laboral voluntaria bajo distintas

condiciones temporales y contextuales (tasa anual de desempleo). En términos generales, los resultados muestran que el horizonte temporal tiene un efecto importante sobre la acumulación de renuncias mientras que la tasa de desempleo permite analizar la sensibilidad del modelo frente a cambios en el entorno externo del mercado laboral. Por ello, ambos tipos de escenarios entregan información complementaria para comprender el fenómeno de rotación y orientar estrategias de retención laboral en proyectos de construcción.

6.6.1 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS TEMPORALES

Al comparar los escenarios temporales del modelo base, construidos con una tasa promedio anual de desempleo de 8,6%, se observa que el aumento del horizonte de simulación genera un incremento importante en la cantidad acumulada de ocurrencias de renuncia. En el escenario de 6 meses se registran 148 ocurrencias totales, mientras que en el escenario de 12 meses se alcanzan 626 ocurrencias y en el escenario de 24 meses se llega a 2067 ocurrencias. Este comportamiento permite confirmar que la rotación laboral voluntaria se comporta como un fenómeno acumulativo dentro del modelo, ya que mientras mayor es el periodo de análisis, mayor es también el tiempo durante el cual los trabajadores permanecen expuestos a los factores de renuncia considerados.

La diferencia entre horizontes permite observar con mayor claridad el efecto acumulativo. Al pasar de 6 a 12 meses, las ocurrencias aumentan en 478 casos, mientras que al pasar de 12 a 24 meses el incremento alcanza 1441 ocurrencias. Esto muestra que la rotación no solo aumenta al extender el horizonte temporal, sino que también se vuelve más intensa cuando el periodo de simulación permite observar trayectorias laborales más prolongadas. En este sentido, los resultados sugieren que la permanencia en obra no depende únicamente de lo que ocurre al inicio de la relación laboral, sino también de la exposición sostenida a condiciones laborales que puede influir en la decisión de renuncia.

Los promedios de duración hasta la renuncia también aumentan conforme se amplía el horizonte temporal. En el escenario de 6 meses, el promedio de duración hasta la renuncia es de 48,86 días, en el escenario de 12 meses aumenta a 105,37 días y en el escenario de 24 meses alcanza los 215,34 días. Este resultado es esperable, ya que un horizonte más extenso permite que existan renuncias en etapas más avanzadas del periodo simulado. Sin embargo, esto no significa que la rotación desaparezca o se postergue completamente en los escenarios de mayor duración. Por el contrario, al comparar estos promedios con la duración total de cada escenario se observa que las renuncias siguen ocurriendo relativamente temprano dentro de cada horizonte. Esto refuerza la idea de que la rotación laboral voluntaria requiere acciones preventivas desde las primeras etapas de la obra, incluso cuando se realizan proyectos de mayor duración.

Las curvas de supervivencia complementan esta interpretación. En el escenario de 6 meses, la probabilidad de seguir contratado disminuye de manera acelerada durante los primeros meses, llegando a cero al finalizar el periodo de 180 días. En el escenario de 12 meses, la disminución de la permanencia es más gradual, pero igualmente sostenida, observándose que una parte importante de los trabajadores deja de permanecer activa antes de completar el año. En el escenario de 24 meses, la curva permite observar una permanencia más extendida, aunque también evidencia una reducción progresiva de los trabajadores activos a medida que avanza el tiempo. Por lo tanto, el

horizonte de 24 meses no elimina el riesgo de renuncia, sino que permite visualizar con mayor detalle cómo la salida de trabajadores se acumula durante etapas intermedias y avanzadas del proyecto.

Desde la perspectiva de la gestión del talento, este comportamiento es relevante porque muestra que las estrategias de retención no deberían diseñarse de manera uniforme para todo el ciclo de la obra. En un horizonte de 6 meses, el foco debería estar puesto en evitar la salida temprana mediante inducción, acompañamiento inicial, claridad de funciones, integración con cuadrilla y comunicación de expectativas. En cambio, en un horizonte de 12 meses, la retención requiere sostener condiciones laborales que mantengan el interés del trabajador más allá de la etapa inicial, tales como estabilidad percibida, buen ambiente laboral, oportunidades de desarrollo y fortalecimiento del compromiso organizacional. Finalmente, un horizonte de 24 meses, la permanencia depende en mayor medida de la capacidad de la empresa para mantener condiciones atractivas de manera continua, incorporando capacitación, reconocimiento, beneficios, posibilidades de crecimiento y continuidad de equipos.

En cuanto a la distribución de causas de renuncia, los resultados muestran que existe una estructura relativamente estable entre los 3 horizontes temporales. En el escenario de 6 meses, el factor con mayor incidencia corresponde a desarrollo personal, con 38 concurrencias que representa un 25,7% del total de ocurrencias de ese periodo. Luego aparecen relaciones con compañeros con 30 ocurrencias equivalentes a un 20,3%. En el escenario de 12 meses, desarrollo personal y relación con compañeros presentan valores muy similares, con 149 y 147 ocurrencias, equivalentes al 23,8% y 23,5% del total, respectivamente. En el escenario de 24 meses, desarrollo personal vuelve a ser el factor principal, con 501 ocurrencias equivalentes a un 24,2% del total de ocurrencias, seguido por relación con compañeros, con 447 ocurrencias equivalentes a un 21,6%.

Estos resultados permiten señalar que el desarrollo personal se mantiene como uno de los factores más relevantes en todos los horizontes analizados. Esto sugiere que las oportunidades de crecimiento, capacitación, reconocimiento y trayectoria laboral dentro de la empresa o proyecto tienen un peso importante en la decisión de permanencia de los trabajadores. Esta interpretación se relaciona con la gestión del talento, entendida como un proceso que no se limita al reclutamiento y selección, sino que también considera el desarrollo, motivación y retención de los trabajadores (Chiavenato, 2009). Asimismo, en el contexto de la construcción la capacitación y el desarrollo de competencias adquieren relevancia porque contribuyen a fortalecer la continuidad de la fuerza laboral y el desempeño de los proyectos (Egbebi, 2024).

La relación con compañeros de trabajo también mantiene una incidencia alta durante los tres escenarios. Este factor representa un 20,3% a los 6 meses, aumenta a un 23,5% a los 12 meses y se estabiliza en un 21,6% a los 24 meses. Este comportamiento permite interpretar que el ambiente laboral y las relaciones dentro de las cuadrillas son elementos relevantes tanto en etapas iniciales como en horizontes más prolongados. En proyectos de construcción, donde el trabajo depende fuertemente de la coordinación entre personas, la convivencia diaria, la comunicación y el liderazgo en terreno, las relaciones laborales pueden influir directamente en la disposición del trabajador a permanecer en la obra. Esto coincide con la literatura que reconoce la importancia de

factores relacionales, organizacionales y laborales en la intención de rotación dentro del sector de la construcción (Hussain & Xian, 2019).

Por su parte, la lejanía presenta una participación importante, aunque no dominante, dentro de los tres horizontes. En el escenario de 6 meses alcanza 29 ocurrencias, equivalente al 19,6% del total del periodo, en el escenario de 12 meses registra 103 concurrencias, equivalentes al 16,5% y en el escenario de 24 meses alcanza 347 ocurrencias, equivalentes al 16,8%. Esto muestra que la distancia entre el lugar de residencia y la obra sigue siendo un factor relevante para la permanencia, especialmente porque los traslados prolongados pueden generar desgaste, pérdida de tiempo y costos adicionales para el trabajador. Sin embargo, su incidencia porcentual disminuye levemente en los escenarios de mayor duración, lo que indica que, aunque la lejanía continúa influyendo en la renuncia, otros factores como desarrollo personal y relación con compañeros concentran una mayor proporción de ocurrencias.

El compromiso organizacional mantiene una participación relevante, pero estable en los tres escenarios, con un porcentaje de ocurrencias de 19,9% a los 6 meses, 16,3% a los 12 meses y 16,1% a los 24 meses. Esta estabilidad sugiere que el vínculo del trabajador con la empresa o proyecto constituye un componente continuo de la decisión de permanencia, más que un factor exclusivo de una etapa específica. En este sentido, fortalecer el compromiso organizacional resulta relevante para la retención, ya que cuando los trabajadores perciben escasas oportunidades de desarrollo o una débil conexión con la organización puede aumentar su intención de abandonar el puesto de trabajo (Gutiérrez Henao, 2024).

El factor salario aumenta su participación relativa a medida que se amplía el horizonte temporal. En el escenario de 6 mesas representa un 8,1% del total de ocurrencias, mientras que en el escenario de 12 meses alcanza un 11,3% y en el escenario de 24 meses llega a un 12,5%. Esto puede interpretarse como un efecto asociado a la permanencia prolongada, ya que con el paso del tiempo el trabajador podría evaluar con mayor claridad si la remuneración recibida compensa las exigencias del trabajo, la distancia, la carga laboral o las oportunidades disponibles en el mercado. Por lo tanto, aunque el salario no aparece como el principal factor de renuncia, su importancia relativa aumenta en los escenarios de mayor duración.

En contraste, la carga laboral se mantiene como el factor con menor incidencia en los 3 horizontes temporales. A los 6 meses registra 14 ocurrencias, equivalentes al 9,5%, a los 12 meses alcanza 54 ocurrencias, equivalentes al 8,6% y a los 24 meses registra 181 ocurrencias, equivalentes al 8,8% del total de ocurrencias. Esta estabilidad muestra que, dentro de la parametrización utilizada, la carga laboral tiene una incidencia menor respecto a los demás factores. Sin embargo, esto lo implica que sea irrelevante en la realidad de la construcción, sino que, bajo los datos utilizados en esta simulación, otro factor es asociados al desarrollo, relaciones laborales, lejanía y compromiso organizacional presentan mayor peso relativo en la explicación de las renuncias.

La comparación entre los factores de mayor y menor incidencia también debe interpretarse considerando el perfil de dato utilizado para parametrizar el modelo. Dado que la simulación se construye a partir de información asociada a trabajadores jóvenes vinculados a proyectos de construcción, resulta coherente que el desarrollo personal aparezca como un factor relevante, ya

que este grupo puede otorgar mayor importancia a las oportunidades de crecimiento, aprendizaje, estabilidad futura y proyección laboral. Del mismo modo, la menor incidencia relativa de la carga laboral puede explicarse por la forma en que este factor fue representado en los datos utilizados más que por una ausencia real de exigencia física en la industria.

En términos generales, los escenarios temporales muestran que la rotación laboral voluntaria no responde únicamente a una causa puntual, si no a una combinación de factores que se acumulan y mantienen relevancia a lo largo del tiempo. El aumento de ocurrencias totales evidencia el efecto del tiempo de exposición, mientras que la estabilidad relativa de ciertos factores permite identificar áreas prioritarias para la gestión del talento. Desarrollo personal y relación con compañeros aparecen como factores centrales de retención, mientras que lejanía compromiso organizacional y salario actúan como factores complementarios que también deben ser considerados en una estrategia integral.

6.6.2 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS SEGÚN DESEMPLEO

Al comparar los escenarios según tasa promedio anual de desempleo, se observa que la variación del contexto externo modifica tanto a la cantidad total de ocurrencias de renuncia como a la distribución relativa de algunos factores. Para este análisis se consideran 3 condiciones, un escenario de menor desempleo, correspondiente a 7,2%, el escenario base, correspondiente a 8,6% y un escenario de mayor desempleo, correspondiente a 10,7%. Estos escenarios permiten analizar la sensibilidad del modelo frente a distintas condiciones del mercado laboral, manteniendo como referencia los horizontes de 6 y 12 meses.

Tasa promedio de desempleo anual	6 MESES	12 MESES	24 MESES
7,2%	150	710	-
8,6% (Base)	148	626	2067
10,7%	118	570	-

Tabla 3. *Comparación de ocurrencias totales de renuncia según tasas de desempleo y horizontes temporales.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Tasa promedio de desempleo anual	Comparación temporal	Diferencia de ocurrencia	Interpretación
7,2%	6 a 12 meses	+560	Aumento importante al extender el periodo
8,6% (Base)	6 a 12 meses	+478	Acumulación de renuncias respecto del corto plazo
	12 a 24 meses	+1441	Aumento más intenso en un periodo más largo
	6 a 24 meses	+1919	Diferencia total acumulada del escenario base
10,7%	6 a 12 meses	+452	Aumento moderado respecto a los otros escenarios

Tabla 4. *Variación de ocurrencias de renuncia según extensión de horizontes temporales respecto la tasas de desempleo.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Horizonte temporal	Comparación	Diferencia de ocurrencia	Interpretación
6 meses	7,2% respecto a 8,6% (Base)	+2	Diferencia muy baja respecto del escenario base
	10,7% respecto a 8,6% (Base)	-30	Menor cantidad de renuncias bajo mayor desempleo
	7,2% respecto a 10,7%	+32	Mayor rotación en el escenario de menor desempleo
12 meses	7,2% respecto a 8,6% (Base)	+84	Mayor acumulación de renuncias bajo menor desempleo
	10,7% respecto a 8,6% (Base)	-56	Menos renuncias bajo mayor desempleo
	7,2% respecto a 10,7%	+140	Mayor diferencia entre contextos laborales

Tabla 5. *Variación de ocurrencias de renuncia según tasas de desempleo respecto a la extensión de horizontes temporales.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Horizontes	Tasa promedio de desempleo anual	Promedio de duración hasta la renuncia
6 meses	7,2%	48,51 días
	8,6% (Base)	48,86 días
	10,7%	48,66 días
12 meses	7,2%	107,97 días
	8,6% (Base)	105,37 días
	10,7%	99,53 días
24 meses	8,6% (Base)	215,34 días

Tabla 6. *Promedio de duración hasta la renuncia según tasas de desempleo y horizontes temporales.*
Fuente: *Elaboración propia.*

A los 6 meses, el escenario de 7,2% de desempleo registra 150 ocurrencias totales, valor muy cercano al escenario as de 8,6%, que registra 148 ocurrencias. La diferencia entre ambos es de sólo 2 ocurrencias, por lo que en el corto plazo el efecto de pasar desde el escenario base hacia una condición de menor desempleo es reducido. Esto puede explicarse por qué, durante los primeros meses de simulación, las renuncias se encuentran más asociadas a factores inmediatos de adaptación, relación con compañeros, lejanía inicial y expectativas tempranas de desarrollo que a una evaluación más prolongada del mercado laboral externo.

En cambio, el escenario de 10,7% de desempleo registra 118 ocurrencias a los 6 meses, es decir, 30 ocurrencias menos que el escenario base y 32 menos que el escenario de 7,2%. Esta disminución es coherente con la lógica conceptual del modelo, ya que en un contexto de mayor desempleo puede reducir la percepción de oportunidades laborales externas y, por lo tanto, disminuir la disposición del trabajador a abandonar voluntariamente la obra. En este sentido, el mayor desempleo no elimina los factores internos de renuncia, pero sí puede reducir la probabilidad de que estos se traduzcan efectivamente en una salida voluntaria.

Respecto al momento promedio de salida, las diferencias entre escenarios a 6 meses son bajas. El escenario de 7,2% presenta un promedio de duración hasta la renuncia de 48,51 días, el escenario hace de 8,6% presenta 48 como 86 días y el escenario de 10,7% alcanza 48,66 días. Esto indica que, en el corto plazo, la tasa de desempleo modifica principalmente la cantidad total de ocurrencias, pero no cambia de manera significativa el momento en que se producen las renuncias. En otras palabras, cuando las renuncias ocurren dentro de los primeros 6 meses, tienden a concentrarse en un periodo similar, independiente de la tasa de desempleo considerado.

Escenario	Factor principal	Segundo factor relevante	Factor de menor relevancia
7,2%	Relación con compañeros y lejanía	Desarrollo personal	Carga laboral
8,6% (Base)	Desarrollo personal	Relación con compañeros	Salario
10,7%	Desarrollo personal	Lejanía y compromiso organizacional	Carga laboral

Tabla 7. *Factores de mayor incidencia a los 6 meses según tasa de desempleo.*
Fuente: *Elaboración propia.*

En términos de factores, a los 6 meses el escenario de 7,2% muestra una distribución relativamente equilibrada entre relación con compañeros, lejanía y desarrollo personal. La relación con compañeros y la lejanía registran 32 ocurrencias cada una, equivalentes al 21,3% del total de ocurrencias, mientras que desarrollo personal registra 30 ocurrencias, equivalente al 20,0% del total de ocurrencias. Esto sugiere que, bajo una condición de menor desempleo, los trabajadores podrían tener una mayor disposición a abandonar la obra cuando perciban dificultades relacionales, costos de traslado o limitaciones de desarrollo, debido a que el contexto laboral externo ofrece mayores posibilidades de movilidad.

En el escenario base de 8,6%, el factor con mayor incidencia a los 6 meses corresponde a desarrollo personal, con 38 ocurrencias equivalentes a un 25,7% del total de ocurrencias. Luego aparece la relación con compañeros, con 30 ocurrencias, equivalentes a un 20,3% y lejanía, con 29 ocurrencias, equivalente a un 19,6%. Esto muestra que en la condición base, las expectativas de crecimiento y proyección laboral tienen un peso importante en la salida temprana. Este resultado se relaciona con la gestión del talento, ya que la permanencia de los trabajadores no depende únicamente de su contratación inicial, sino también de las oportunidades de desarrollo, motivación y retención que perciban dentro de la organización (Chiavenato, 2009).

En el escenario de 10,7%, la cantidad total de ocurrencias disminuye, pero desarrollo personal se mantiene como el factor principal, con 25 ocurrencias y 21,2% del total. Lejanía y compromiso organizacional registran 23 ocurrencias cada una, equivalentes al 19,5%. Esto permite interpretar que, aún en un contexto de mayor desempleo, ciertos factores internos siguen teniendo capacidad de generar renuncias. Sin embargo, la menor cantidad total de ocurrencias sugiere que una parte de los trabajadores podría permanecer en la obra debido a la menor disponibilidad de alternativas laborales externas.

A los 12 meses, las diferencias entre escenarios se vuelven más claras. El escenario de 7,2% registra 710 ocurrencias totales, mientras que el escenario base de 8,6% registra 626 ocurrencias. Esto representa un aumento de 84 ocurrencias respecto del escenario base. Por su parte, el escenario de 10,7% registra 570 ocurrencias, es decir, 56 menos que el escenario base y 140 menos

que el escenario de 7,2%. Esta diferencia muestra que el efecto del desempleo se observa con mayor claridad cuando el horizonte temporal es más amplio, ya que existe más tiempo para que el contexto externo interactúe con los factores internos de renuncia.

Este comportamiento es relevante porque indica que la tasa de desempleo no actúa de manera aislada, si no que su efecto se intensifica o se expresa con mayor claridad a medida que transcurre el tiempo. En un horizonte de 6 meses, las renuncias pueden estar más asociadas a la adaptación inicial y a condiciones inmediatas de la obra. En cambio, en un horizonte de 12 meses, los trabajadores tienen más tiempo para evaluar sus condiciones laborales, comparar alternativas, percibir oportunidades externas y decidir si permanecen o no en el proyecto. Por ello, el escenario de menor desempleo presenta más ocurrencias acumuladas, mientras que el escenario de mayor desempleo presenta menos salidas voluntarias.

Respecto al promedio de duración hasta la renuncia a los 12 meses, el escenario de 7,2% presenta 107,97 días, el escenario base de 8,6% alcanza los 105,37 días, y el escenario de 10,7% registra 99,53 días. A diferencia del horizonte de 6 meses aquí sí se observa una diferencia más notoria en el momento promedio de salida. El escenario de menor desempleo presenta un promedio más alto, lo que sugiere que las renuncias se distribuyen durante un periodo más amplio del año. En cambio, el escenario de mayor desempleo presenta un promedio menor, lo que puede interpretarse como que, bajo una condición de menor disponibilidad de empleos externos, disminuyen especialmente las renuncias más tardías, permaneciendo principalmente aquellas salidas asociadas a factores internos más fuertes.

Escenario	Factor principal	Segundo factor relevante	Factor de menor relevancia
7,2%	Desarrollo personal (157 Ocurrencias)	Relación con compañeros (142 Ocurrencias)	Carga laboral (58 Ocurrencias)
8,6% (Base)	Desarrollo personal (149 Ocurrencias)	Relación con compañeros (147 Ocurrencias)	Carga laboral (54 Ocurrencias)
10,7%	Desarrollo personal (140 Ocurrencias)	Relación con compañeros (120 Ocurrencias)	Carga laboral (53 Ocurrencias)

Tabla 8. *Factores de mayor incidencia a los 12 meses según tasa de desempleo.*
Fuente: *Elaboración propia.*

En el horizonte de 12 meses, desarrollo personal se mantiene como el factor de mayor incidencia en los tres escenarios. En el escenario de 7,2% registra 157 ocurrencias, equivalentes al 22,1% del total, en el escenario base se registran 149 ocurrencias, equivalentes al 23,8% y en el escenario de 10,7% se registran 140 ocurrencias, equivalentes al 24,6%. Aunque la cantidad absoluta de ocurrencias disminuye en el escenario de mayor desempleo su peso porcentual aumenta. Esto significa que, cuando el desempleo es más alto y existen menos alternativas laborales externas, las

renuncias que sí ocurren tienden a estar más concentradas en factores internos de mayor peso, como la falta de desarrollo personal.

La relación con compañeros también se mantiene como un factor relevante en todos los escenarios a 12 meses. En el escenario de 7,2% se registra 142 ocurrencias, equivalente al 20,0%, en el escenario base de 8,6%, se registran 147 ocurrencias, equivalente al 23,5% y en el escenario de 10,7% se obtienen 120 ocurrencias, equivalente al 21,1% de ocurrencias totales del escenario. Este comportamiento muestra que el ambiente laboral y la relación dentro de la obra siguen siendo elementos importantes para explicar la permanencia o salida del trabajador. En construcción, donde el trabajo depende fundamentalmente de la coordinación de cuadrillas, liderazgo en terreno y convivencia diaria, los factores relacionales pueden incidir directamente en la intención de rotación (Hussain & Xian, 2019).

Al comparar los factores predominantes entre los horizontes de 6 y 12 meses, se observa que la incidencia de cada causa no permanece completamente fija, sino que varía según el tiempo de exposición del trabajador dentro de la obra. En el horizonte de 6 meses, los factores más incidentes tienden a asociarse con condiciones que el trabajador percibe rápidamente durante su etapa inicial, como la relación con compañeros, la lejanía, el compromiso organizacional inicial y las primeras expectativas de desarrollo. Por ejemplo, en el escenario de 7,2% de desempleo, la relación con compañeros y la lejanía aparecen como los factores principales, ambos con 32 ocurrencias. Esto puede interpretarse como un efecto propio del corto plazo, donde la adaptación del equipo, el ambiente inicial de la obra y las dificultades de traslado pueden influir tempranamente en la decisión de permanencia.

En cambio, al extender el análisis a 12 meses, el desarrollo personal adquiere mayor protagonismo en los tres escenarios de desempleo. Este cambio puede explicarse porque, a medida que transcurre el tiempo, el trabajador no evalúa únicamente su adaptación inicial, sino también sus posibilidades reales de crecimiento, aprendizaje, reconocimiento y continuidad dentro de la empresa o proyecto. De esta manera, factores que en el corto plazo pueden no ser completamente visibles comienzan a adquirir mayor importancia en un horizonte anual, especialmente en trabajadores jóvenes, para quienes la proyección laboral puede constituir un elemento relevante en la decisión de permanencia o renuncia.

La lejanía presenta una variación relevante entre escenarios y horizontes. A los 6 meses, este factor aparece entre los más incidentes, especialmente en el escenario de 7,2%, donde alcanza 32 ocurrencias, y en el escenario de 10,7%, dónde registra 23 ocurrencias. Esto puede explicarse porque la distancia entre el hogar y la obra es una condición que el trabajador percibe desde el inicio de la relación laboral. Sin embargo, a los 12 meses, aunque la lejanía sigue siendo importante, tiende a ubicarse por debajo del desarrollo personal y la relación con compañeros. Una posible explicación es que parte de los trabajadores más afectados por la distancia puede haber renunciado durante los primeros meses, mientras que quiénes permanecen podrían mostrar mayor tolerancia o adaptación a dicha condición. Por ello, en horizontes más largos, la lejanía sigue influyendo, pero con parte relevancia con factores más vinculados a la permanencia sostenida, como desarrollo, compromiso y ambiente laboral.

El compromiso organizacional también adquiere una lectura distinta al pasar de 6 a 12 meses. En el corto plazo, este factor puede estar menos consolidado, ya que el trabajador recién comienza a formar un vínculo con la empresa o con el proyecto. En cambio, en un horizonte anual, el compromiso organizacional puede reflejar de mejor manera la relación construida entre trabajador y organización, considerando aspectos como estabilidad, reconocimiento, identificación con la empresa percepción de continuidad. Por ello, aunque no aparece como el factor principal, mantiene una participación relevante en los escenarios de 12 meses, reforzando la importancia de gestionar la retención como un proceso progresivo y no solo como una acción inicial.

Por su parte, la carga laboral se mantiene como el factor con menor incidencia en los escenarios de 12 meses. Registra 58 ocurrencias en el escenario de 7,2%, 54 en el escenario base y 53 en el escenario de 10,7%. Esto muestra una alta estabilidad relativa del factor, lo que sugiere que, dentro de la parametrización del modelo, la carga laboral no es el componente que más diferencia el comportamiento entre escenarios de desempleo. A pesar de esto, esto no implica que la carga laboral sea irrelevante en la construcción, sino que, bajo los datos utilizados, otros factores como desarrollo personal, relación laborales, lejanía y compromiso organizacional presentan mayor incidencia relativa.

La comparación entre 6 y 12 meses permite observar que el tiempo transcurrido amplifica la diferencia entre tasas de desempleo. En el escenario de 7,2%, las ocurrencias aumentan de 150 a 710 entre 6 y 12 meses, es decir, un incremento de 560 ocurrencias. En el escenario base, el aumento es de 148 a 626, con un incremento de 478 ocurrencias. En el escenario de 10,7%, las ocurrencias aumentan de 118 a 570, con un incremento de 452 ocurrencias. Esto confirma que el horizonte temporal sigue siendo un elemento clave para comprender la acumulación de renuncias, pero también muestra que el desempleo influye en la magnitud de dicha acumulación.

En términos interpretativos, el escenario de menor desempleo presenta más ocurrencias acumuladas a los 12 meses porque el trabajador podría percibir mayor oportunidades externas y, por lo tanto, tener una mayor disposición a abandonar la obra cuando las condiciones internas no satisfacen sus expectativas. En cambio, el escenario de mayor desempleo presenta menos ocurrencias, lo que puede explicarse por una menor disponibilidad de alternativa laborales y por el mayor riesgo percibido al dejar voluntariamente el empleo. Esta lógica es coherente con el supuesto utilizado en el modelo, donde el desempleo actúa como una variable contextual que modifica la probabilidad de salida voluntaria, pero no reemplaza los factores internos de renuncia.

No obstante, estos resultados deben interpretarse como un análisis de sensibilidad y no como una estimación exacta del efecto macroeconómico del desempleo sobre cada trabajador. La rotación laboral voluntaria en construcción responde a múltiples factores laborales, organizacionales, relacionales e individuales (Ayodele et al., 2024). Por ello, la tasa de desempleo permite modificar el contexto externo de decisión, pero las renuncias siguen dependiendo de la interacción entre las condiciones de la obra, características del trabajador y los factores internos considerados en el modelo.

Desde la perspectiva de la gestión del talento, los resultados muestran que una menor tasa de desempleo puede representar un escenario de mayor riesgo para la retención, especialmente en

horizontes de 12 meses. En este contexto, la empresa debe fortalecer aquellos aspectos que puedan disminuir la disposición del trabajador a buscar alternativas externas, tales como oportunidades de desarrollo, capacitación, reconocimiento, buen clima laboral, beneficios de transporte y fortalecimiento del compromiso organizacional. En cambio, en escenarios de mayor desempleo, una menor cantidad de renuncia no debe interpretarse automáticamente como una mejor gestión del talento, ya que los trabajadores podrían permanecer por menor disponibilidad de oportunidades externas y no necesariamente por satisfacción con la empresa.

6.6.3 DIFERENCIA ENTRE NÚMERO DE OCURRENCIAS Y PORCENTAJE RELATIVO

Es importante diferenciar entre números de ocurrencias y porcentaje relativo de ocurrencias. El número de ocurrencias indica la cantidad absoluta de renuncias asociadas a cada factor dentro de un escenario determinado. En cambio, el porcentaje relativo indica que proporción representa cada factor respecto del total de ocurrencias de ese mismo escenario. Esta diferencia es relevante, ya que un factor puede aumentar un número absoluto al pasar de 6 a 12 meses, pero disminuir porcentualmente si el total de renuncias del escenario aumenta en una proporción mayor. Por lo tanto, las ocurrencias permiten analizar la magnitud del fenómeno, mientras que los porcentajes permiten analizar la estructura relativa de las causas de renuncia.

En este sentido, un aumento en el número de ocurrencias no implica necesariamente un aumento en la importancia relativa de un factor. Al ampliarse el horizonte temporal, es esperable que aumente la cantidad total de renuncias, debido a que los trabajadores permanecen expuestos durante más tiempo a los factores considerados en el modelo. Sin embargo, si otros factores crecen en una proporción mayor, un factor puede aumentar en cantidad absoluta y al mismo tiempo disminuir su porcentaje dentro del total. Es por esto, que la comparación de escenarios no debe basarse únicamente en cuántas renuncias genera cada factor, sino también en cómo cambia su peso relativo dentro de cada configuración temporal y de desempleo.

Tasa de desempleo	Horizontes	Salario	Relación con compañeros	Carga Laboral	Lejanía	Desarrollo personal	Compromiso organizacional
7,2%	6 meses	12,0%	21,3%	9,3%	21,3%	20,0%	16,0%
	12 meses	12,3%	20,0%	8,2%	19,3%	22,1%	18,2%
8,6% (Base)	6 meses	8,1%	20,3%	9,5%	19,6%	25,7%	16,9%
	12 meses	11,3%	23,5%	8,6%	16,5%	23,8%	16,3%
	24 meses	12,5%	21,6%	8,8%	16,8%	24,2%	16,1%
10,7%	6 meses	11,9%	16,9%	11,0%	19,5%	21,2%	19,5%
	12 meses	10,9%	21,1%	9,3%	17,4%	24,6%	16,8%

Tabla 9. *Distribución porcentual de factores de renuncia según extensión de horizontes temporales respecto la tasa de desempleo.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Al analizar la distribución porcentual de los factores, se observa que el desarrollo personal mantiene una alta incidencia relativa en la mayoría de los escenarios. A los 6 meses, este factor representa 20,0% en el escenario de 7,2%, 25,7% en el escenario base de 8,6% y 21,2% en el escenario de 10,7% de desempleo. A los 12 meses, representa un 22,1%, 23,8% y 24,6% respectivamente. Esto muestra que el desarrollo personal no solo es relevante en términos absolutos, sino que también mantiene un peso importante dentro de la estructura de causas de renuncia. Desde la gestión del talento, este resultado refuerza la importancia de ofrecer oportunidades de crecimiento, aprendizaje, capacitación, reconocimiento y proyección laboral, especialmente considerando que el modelo fue parametrizado con información asociada a trabajadores jóvenes vinculados a proyectos de construcción.

No obstante, el análisis debe diferenciar cuidadosamente entre ocurrencia absoluta y porcentaje relativo. Por ejemplo, en el escenario base del 8,6%, el desarrollo personal aumenta en número de ocurrencias al pasar de 6 a 12 meses, desde 38 hasta 149 casos. Sin embargo, su participación porcentual disminuye desde 25,7% hasta 23,8%. Esto ocurre porque el total de renuncias del escenario aumenta de 148 a 626, es decir, otros factores también crecen y algunos lo hacen porcentualmente más. Por lo tanto, aunque desarrollo personal genera más renuncias en términos absolutos, su peso relativo dentro del total disminuye levemente. Este tipo de diferencias es importante, ya que Evita interpretar de forma incorrecta los resultados, un aumento en ocurrencias no siempre implica un aumento en importancia relativa.

Algo similar ocurre en la lejanía. En el escenario base, este factor aumenta desde 29 ocurrencias a los 6 meses hasta 103 ocurrencias a los 12 meses. A pesar de esto, su porcentaje disminuye desde 19,6% hasta 16,5%. Esto no significa que la lejanía haya dejado de ser relevante, sino que, al aumentar el horizonte temporal, otros factores como relación con compañeros, desarrollo personal y salario adquieren mayor participación dentro del total. Una posible explicación es que la lejanía es una condición percibida desde el inicio de la relación laboral, por lo que puede activar renuncias tempranas. En horizontes más largos, quienes permanecen podrían mostrar mayor tolerancia o adaptación al traslado, mientras que otros factores asociados a la experiencia sostenida dentro de la obra comienzan a ganar mayor relevancia relativa.

En el escenario de 7,2%, la relación con compañeros aumenta en el número de ocurrencias desde 32 a 142 al pasar de 6 a 12 meses, pero su porcentaje disminuye desde 21,3% hasta 20,0%. Este caso muestra nuevamente la diferencia entre magnitud absoluta e importancia relativa. El factor genera más renuncias porque el periodo de exposición es mayor, pero su participación dentro del total baja levemente porque otros factores, especialmente desarrollo personal y compromiso organizacional, aumentan su peso relativo. Esto puede interpretarse como una transición entre causas de salida iniciales y causas de permanencia sostenidas, en el corto plazo predominan la adaptación al equipo y la lejanía, mientras que en el mediano plazo adquiere más importancia las expectativas de desarrollo y el vínculo con la organización.

La carga laboral, se mantiene como uno de los factores de menor incidencia relativa en casi todos los escenarios. Aunque sus ocurrencias aumentan al pasar de 6 a 12 meses, su porcentaje tiende a mantenerse bajo o incluso disminuir. Por ejemplo, en el escenario de 7,2% pasa de 14 a 58 ocurrencias, pero baja porcentualmente desde 9,3% hasta 8,2%. En el escenario hace pasa de 14 a

54 ocurrencias, disminuyendo de 9,5% a 8,6%. En el escenario de 10,7% aumenta de 13 a 53 ocurrencias, pero baja de 11% a 9,3%. Esto indica que la carga laboral crece en magnitud por efecto del tiempo, pero no gana peso relativo frente a otros factores. Por lo tanto, bajo la parametrización utilizada, la carga laboral no parece ser el principal elemento que diferencia a los escenarios, aunque sigue formando parte del conjunto de causas que pueden contribuir a la salida voluntaria.

El compromiso organizacional también debes interpretarse diferenciando cantidad y proporción. En el escenario de 7,2%, aumentan desde 24 ocurrencias y 16,0% a los 6 meses hasta 129 ocurrencias y 18,2% a los 12 meses. En este caso, crece tanto en términos absolutos como relativos, lo que sugiere que, bajo menor desempleo, un vínculo débil con la organización puede traducirse más fácilmente en renuncia, ya que el trabajador percibe mayores alternativas externas. En el escenario base, el compromiso aumenta en cantidad desde 25 hasta 102 ocurrencias, pero baja levemente en porcentaje desde 16,9% hasta 16,3%. En el escenario de 10,7%, aumenta en cantidad desde 23 hasta 96 ocurrencias, pero disminuye porcentualmente desde 19,5% hasta 16,8%. Esto muestra que el compromiso organizacional sigue siendo relevante, pero su peso relativo depende del comportamiento conjunto de los demás factores dentro de cada escenario.

Por lo anterior, la comparación entre ocurrencias y porcentajes relativos permite enriquecer la interpretación de los escenarios temporales y de desempleo. El tiempo transcurrido permite observar la acumulación progresiva de renuncias, mientras que la tasa de desempleo entrega una lectura del contexto externo en que se produce la decisión de permanencia o salida. A pesar de esto, en ambos casos la interpretación de los resultados debe considerar que la rotación laboral voluntaria no depende de una sola causa, sino de la interacción entre factores económicos, relacionales, organizacionales y de desarrollo personal. Esta idea se relaciona con la comprensión de la rotación laboral como un fenómeno multifactorial dentro de la construcción (Ayodele et al., 2020).

Esta distinción permite orientar mejor las decisiones de retención en el ámbito de la gestión del talento. Si se observa sólo el número de ocurrencias, la atención se concentra en los factores que generan más ocurrencias en términos absolutos. Sin embargo, al incorporar los porcentajes relativos, también es posible identificar qué factores ganan o pierden peso dentro de cada escenario. De esta manera, el modelo no sólo permite cuantificar la rotación, sino también priorizar estrategias según el horizonte temporal, la condición de desempleo y la composición de las causas de salida. Esto refuerza el valor del modelo como una herramienta de apoyo para pasar desde una gestión reactiva de la rotación hacia una gestión preventiva, focalizada en los factores que sostienen la permanencia de los trabajadores en obra.

6.7 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS (IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA)

A pesar de sus limitaciones, el modelo entrega una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones en gestión del talento. Su principal contribución consiste en permitir que las empresas constructoras analicen escenarios antes de implementar estrategias reales de retención. Esto puede ayudar a priorizar recursos, focalizar intervenciones y comprender qué factores podrían tener mayor incidencia en la salida de trabajadores.

El modelo también permite pasar desde una gestión reactiva de la rotación hacia una gestión preventiva. En lugar de actuar únicamente cuando la renuncia ya ocurrió, la simulación permite identificar condiciones que podrían aumentar el riesgo de salida y anticipar acciones de retención. De esta forma, puede utilizarse como apoyo para diseñar políticas de capacitación integración beneficios desarrollo laboral, liderazgo y mejora del clima laboral en obra.

El Modelo Basado en Agentes (ABM) desarrollado cumple un rol exploratorio y estratégico. Su finalidad no es reemplazar la información empírica de una empresa, sino complementar el análisis de la rotación laboral mediante una herramienta dinámica, adaptable y orientada a la toma de decisiones. En este sentido, el modelo contribuye a comprender la rotación laboral como un fenómeno multifactorial y entrega una base para diseñar estrategias de gestión del talento enfocadas en la retención de trabajadores en proyectos de construcción.

7. CONCLUSIONES

La presente memoria tuvo como objetivo general desarrollar un modelo de simulación basado en agentes que representa de forma dinámica la rotación laboral voluntaria en la industria de la construcción, con el fin de analizar la incidencia de distintos factores de renuncia en la gestión del talento y contribuir a la toma de decisiones estratégicas orientadas a la retención de trabajadores. A partir del trabajo realizado, se concluye que este objetivo fue cumplido, ya que se logró construir e implementar un modelo capaz de representar trabajadores como agentes individuales, incorporar condiciones asociadas a la decisión de renuncia y observar cómo dichas decisiones generan resultados agregados dentro de una obra.

El cumplimiento del objetivo general permitió abordar la rotación laboral desde una perspectiva dinámica, superando una mirada limitada únicamente a indicadores generales de entrada y salida de personal. La simulación basada en agentes permitió representar que cada trabajador puede reaccionar de manera distinta frente a las condiciones del entorno laboral, lo cual resulta coherente con la naturaleza de la fuerza laboral en construcción. En este sentido, el modelo desarrollado no busca entregar una predicción exacta para una empresa específica, si no funcionar como una herramienta exploratoria que permite comparar escenarios, reconocer tendencias y apoyar decisiones vinculadas con la gestión del talento.

Respecto al primer objetivo específico, orientado a analizar la literatura existente sobre gestión del talento en construcción, rotación laboral, causas de rotación y modelos basados en agentes, se concluye que este fue cumplido mediante la revisión y sistematización de antecedentes teóricos y empíricos relacionados con el problema de investigación. Esta revisión permitió comprender que la rotación laboral voluntaria en construcción no responde a una sola causa, sino a la combinación de factores laborales, económicos, relacionales, organizacionales, geográficos y personales. Ayodele et al. (2020) reconoce precisamente que la rotación en construcción se asocia a múltiples dimensiones vinculadas tanto con la naturaleza del trabajo como con las condiciones organizacionales y características del trabajo.

Además, la revisión de literatura permitió vincular el problema de la rotación con la gestión del talento. Desde esta perspectiva, la permanencia de los trabajadores no depende únicamente de la contratación inicial, sino también de la capacidad de la organización para generar condiciones que favorezcan su desarrollo, motivación, compromiso y continuidad. Chiavenato (2009) plantea que la gestión del talento humano considera a las personas como un recurso estratégico para la organización, mientras que Vallejo Chávez (2016) relaciona la retención con la creación de condiciones laborales que favorezcan la satisfacción y permanencia de los trabajadores. Por lo tanto, el primer objetivo permitió establecer el sustento conceptual necesario para transformar el problema de investigación en una estructura modelable.

En relación con el segundo objetivo específico, referido al desarrollo de un modelo basado en agentes que representara el comportamiento de cada trabajador y su proceso de decisión de renuncia, se concluye que este fue resuelto mediante la construcción de una modelo conceptual y su posterior implementación dentro del software AnyLogic. En dicho modelo, el trabajador fue definido como el agente principal del sistema, pudiendo permanecer activo dentro de la obra o renunciar según la activación de determinados factores asociados a su experiencia laboral. Esta

decisión metodológica permitió representar la rotación desde el nivel individual, para luego observar sus efectos acumulados a nivel del proyecto.

La modelación basada en agentes fue pertinente para este propósito, ya que permite representar entidades individuales con atributos, reglas de comportamiento e interacción con su entorno. Macal y North (2010) señalan que este enfoque permite estudiar sistemas donde los resultados colectivos emergen desde el comportamiento de múltiples agentes. En esta memoria, dicha lógica permitió representar la renuncia voluntaria como una decisión individual que, al repetirse en distintos trabajadores, genera patrones de rotación dentro de la obra. Así, el segundo objetivo no solo se resolvió mediante la creación del modelo, sino también mediante la incorporación de una lógica dinámica que permite analizar la rotación como un fenómeno acumulativo y no como un evento aislado.

Respecto al tercer objetivo específico, orientado a analizar distintos escenarios de corto, mediano y largo plazo, se concluye que este fue cumplido mediante la simulación de horizontes temporales de 6, 12 y 24 meses, junto con escenarios asociados a distintas tasas promedio anuales de desempleo. Esta estructura permitió evaluar el comportamiento del modelo bajo diferentes condiciones de análisis, considerando tanto el efecto del tiempo de exposición de los trabajadores a los factores de renuncia como la influencia del contexto externo del mercado laboral. De esta forma, el análisis de escenarios permitió observar que la rotación laboral voluntaria no depende únicamente de condiciones internas de la obra, sino también de elementos contextuales que pueden modificar la disposición del trabajador a permanecer o abandonar el empleo.

Los escenarios temporales permitieron concluir que la rotación laboral voluntaria presenta un comportamiento acumulativo dentro del modelo. A medida que se amplía el horizonte de simulación, aumenta el periodo durante el cual los trabajadores están expuestos a las condiciones que pueden activar una decisión de salida. Esta conclusión es relevante para la gestión del talento, ya que muestra que la retención no debe abordarse solo al inicio de la relación laboral ni únicamente cuando la renuncia ya ocurrió. Por el contrario, debe entenderse como un proceso continuo que requiere acciones diferenciadas según la etapa del proyecto y el tiempo de permanencia del trabajador.

Por su parte, los escenarios según tasa de desempleo permitieron observar que el contexto laboral externo puede modificar la magnitud de la rotación simulada. En condiciones de menor desempleo, los trabajadores podrían percibir mayores oportunidades laborales externas, lo que aumenta el riesgo de salida voluntaria cuando las condiciones internas no satisfacen sus expectativas. En cambio, en contextos de mayor desempleo, una menor cantidad de renuncias no necesariamente implica una gestión del talento más efectiva, ya que la permanencia podría estar asociada a una menor disponibilidad de alternativas laborales. Esta conclusión es importante porque evita interpretar la retención solo como permanencia numérica, incorporando también la calidad de las condiciones que sostienen dicha permanencia.

A partir del cumplimiento de los objetivos, se concluye que la simulación basada en agentes constituye una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones estratégicas en gestión del talento. Su valor no se limita a cuantificar renuncias, sino que permite observar tendencias,

comparar escenarios y anticipar posibles momentos críticos de intervención. En este sentido, el modelo puede servir como apoyo para que las empresas constructoras pasen desde una gestión reactiva, centrada en reemplazar trabajadores después de una renuncia, hacia una gestión preventiva, orientada a identificar condiciones de riesgo y fortalecer la permanencia antes de que ocurra la salida.

En términos de recomendaciones estratégicas, los resultados de la memoria permiten plantear que la retención debe gestionarse de manera progresiva y diferenciada. En etapas iniciales de una obra, las empresas deberían priorizar procesos de inducción, acompañamiento, integración con la cuadrilla, claridad de funciones y comunicación de expectativas. En etapas intermedias y de mayor duración, la gestión debería enfocarse en sostener la motivación mediante oportunidades de desarrollo, capacitación, reconocimiento, liderazgo cercano, estabilidad percibida y fortalecimiento del compromiso organizacional. De este mismo modo, cuando el mercado laboral presente condiciones favorables para la movilidad, las estrategias de retención deberían reforzarse, ya que los trabajadores podrían tener mayor disposición a buscar alternativas fuera de la obra.

De manera complementaria, las recomendaciones estratégicas derivadas de esta memoria permiten concluir que la retención laboral en la construcción debe abordarse como un proceso continuo, preventivo y adaptado al contexto de cada obra. No basta con aplicar medidas generales de permanencia, sino que es necesario reconocer el momento en que se encuentra el trabajador dentro del proyecto, las condiciones internas de la obra y el escenario externo del mercado laboral. En etapas iniciales, las acciones iniciales deberían enfocarse en reducir la incertidumbre y facilitar la adaptación, mediante inducción, acompañamiento, integración con la cuadrilla y claridad en las funciones. En etapas intermedias y prolongadas, la retención requiere fortalecer la motivación y el vinculo con la organización a través de capacitación, reconocimiento, oportunidades de desarrollo, liderazgo cercano, comunicación efectiva y condiciones laborales sostenibles. Además, aspecto como la lejanía, el traslado, la remuneración y la percepción de estabilidad deben ser considerados de manera conjunta, ya que la decisión de renuncia surge de la intención entre diversas condiciones y no de un único elemento. En este sentido, el modelo propuesto entrego una base para priorizar intervenciones, comparar escenarios y orientar renuncias hacia aquellas acciones que podrían tener mayor efecto en la permanencia de los trabajadores. Así, la gestión del talento en construcción puede avanzar desde una lógica reactiva, centrada en reemplazar personal, hacer una estrategia preventiva orientada a construir continuidad, compromiso y estabilidad en los equipos de obra.

También se concluye que el modelo desarrollado posee un carácter flexible y adaptable. Si bien fue construido a partir de información proveniente de literatura, estudios previos y datos secundarios, su estructura puede ser recalibrada con información propia de empresas constructoras o proyectos específicos. Esto permitiría ajustar los parámetros a distintos contextos, regiones, tipos de contrato o perfiles de trabajadores. Por lo tanto, el aporte de esta memoria nos limita a los escenarios simulados, sino que entrega una base metodológica que puede ser ampliada y utilizada en futuras aplicaciones de gestión laboral en construcción.

Como línea futura de investigación, se recomienda validar el modelo con datos empíricos provenientes de empresas constructoras, tales como registro histórico de renuncias, duración efectiva de contratos, información por oficio, condiciones de traslado, remuneraciones, mediciones

de satisfacción laboral y encuestas internas de compromisos organizacional. Esto permitiría contrastar los resultados simulados con trayectorias laborales reales y fortalecer la capacidad explicativa del modelo. Además, futuras investigaciones podrían incorporar nuevas variables, como edad, experiencia, tipo de obra, etapa constructiva, liderazgo de supervisores, seguridad laboral o condiciones contractuales, con el fin de representar de manera más compleja la complejidad de la rotación laboral en el sector.

Finalmente, se concluye que la memoria cumple con aportar una aproximación dinámica al estudio de la rotación laboral voluntaria en construcción. El trabajo permitió vincular literatura, modelación computacional y análisis de escenarios para comprender cómo las divisiones individuales de los trabajadores pueden afectar la estabilidad de los equipos y la continuidad de los proyectos. De esta manera, la investigación refuerza la necesidad de abordar la rotación como un fenómeno estratégico dentro de la gestión del talento, promoviendo acciones preventivas que permitan sostener la permanencia de los trabajadores, fortalecer la continuidad operacional y mejorar la gestión de personas en la industria de la construcción.

ANEXOS

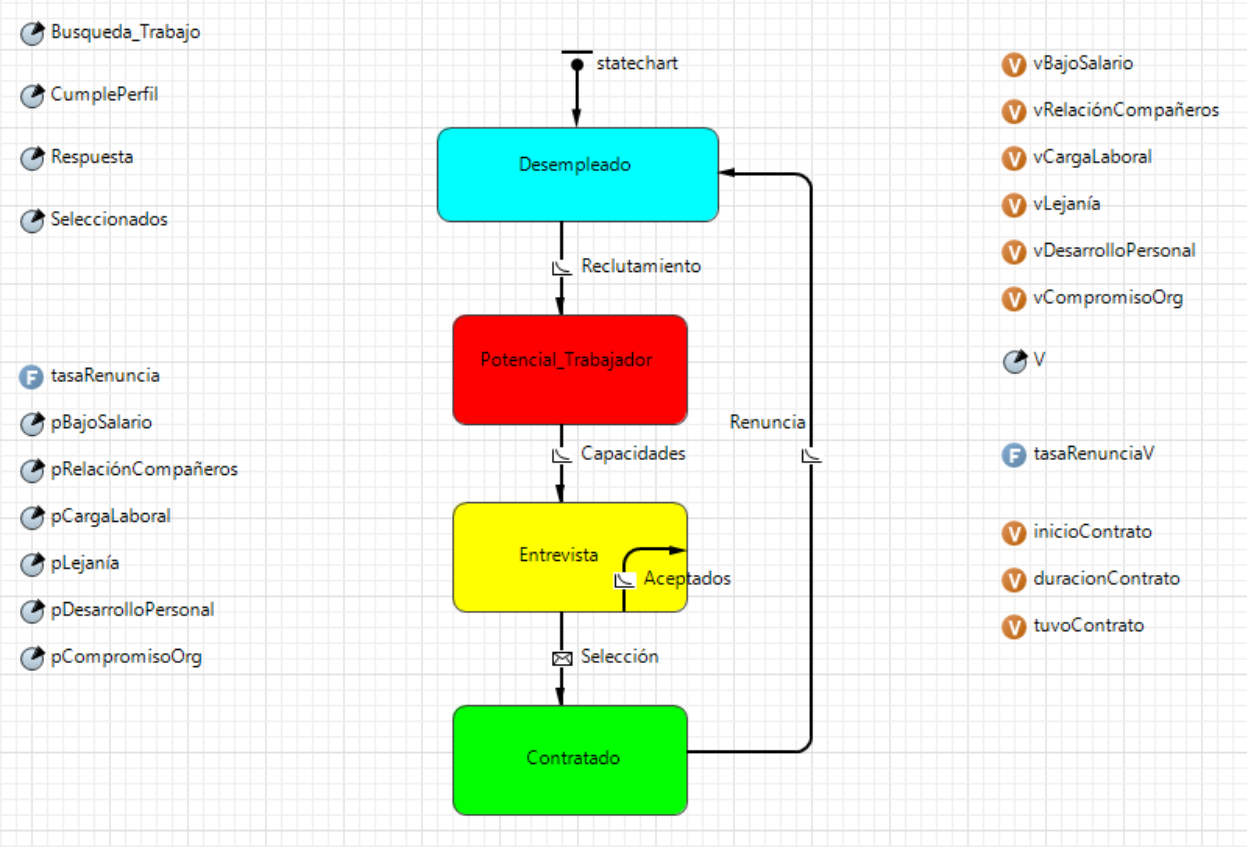


Ilustración 2. *Estructura del modelo basado en agentes en el software AnyLogic.*
Fuente: *Elaboración propia*



Ilustración 3. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 7,2% a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*

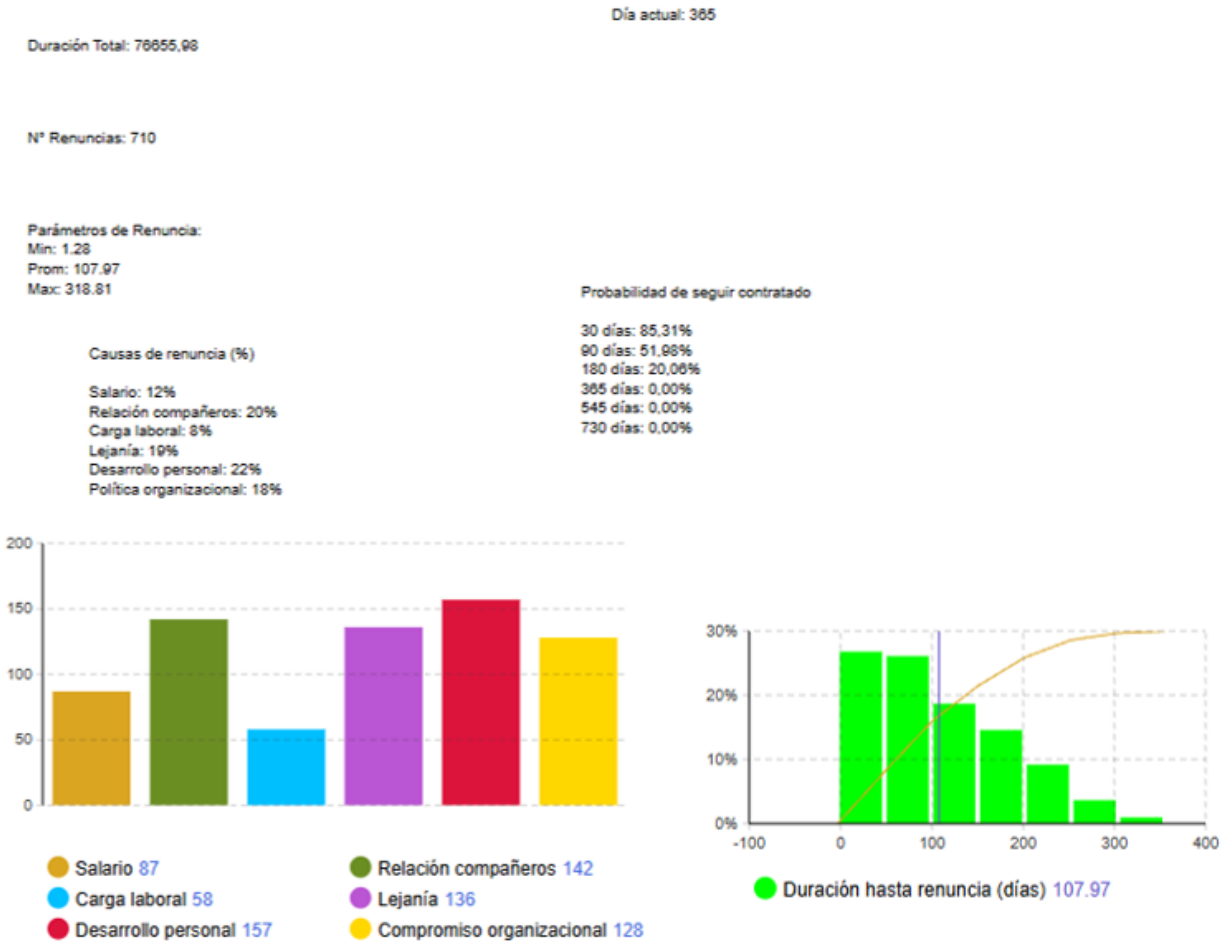


Ilustración 4. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 7,2% a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*

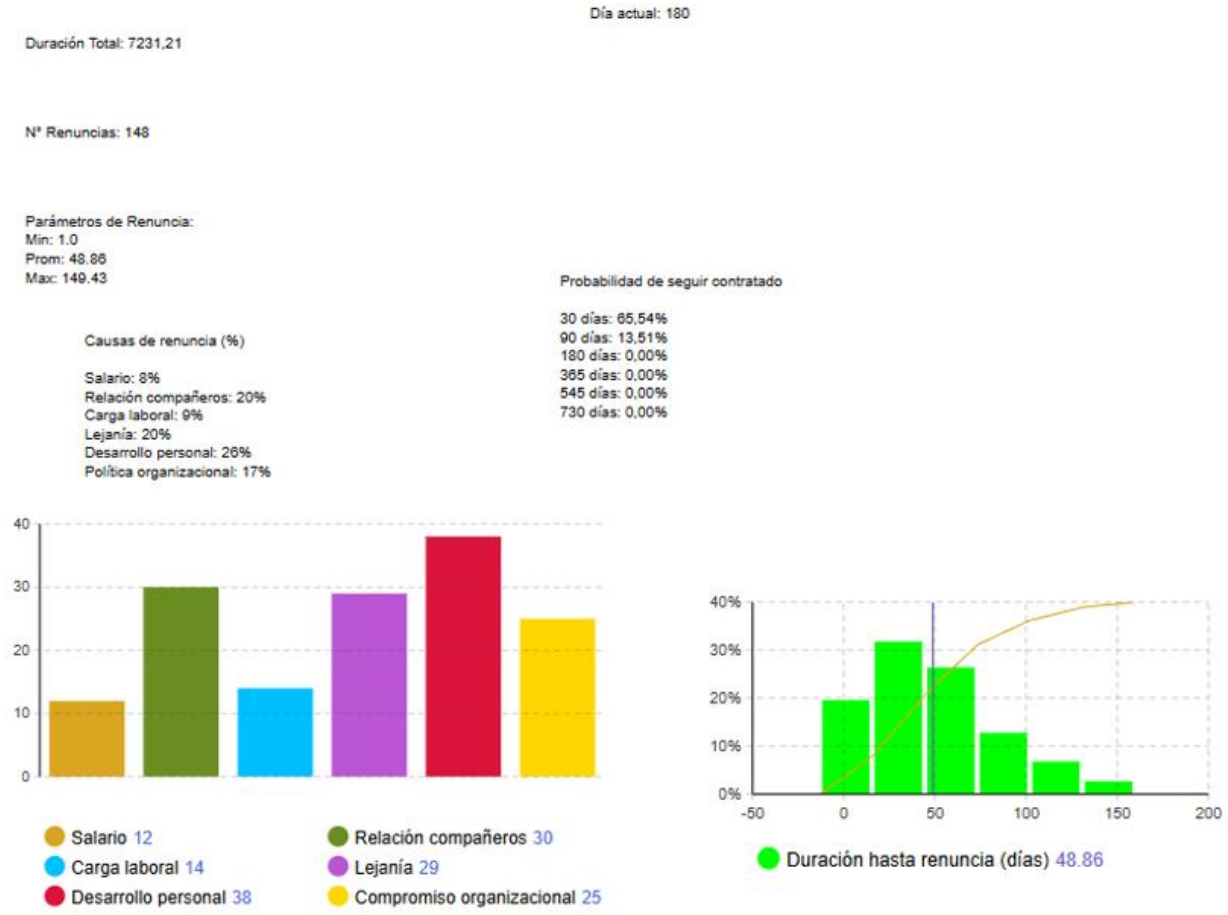


Ilustración 5. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 8,6% (Base) a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*

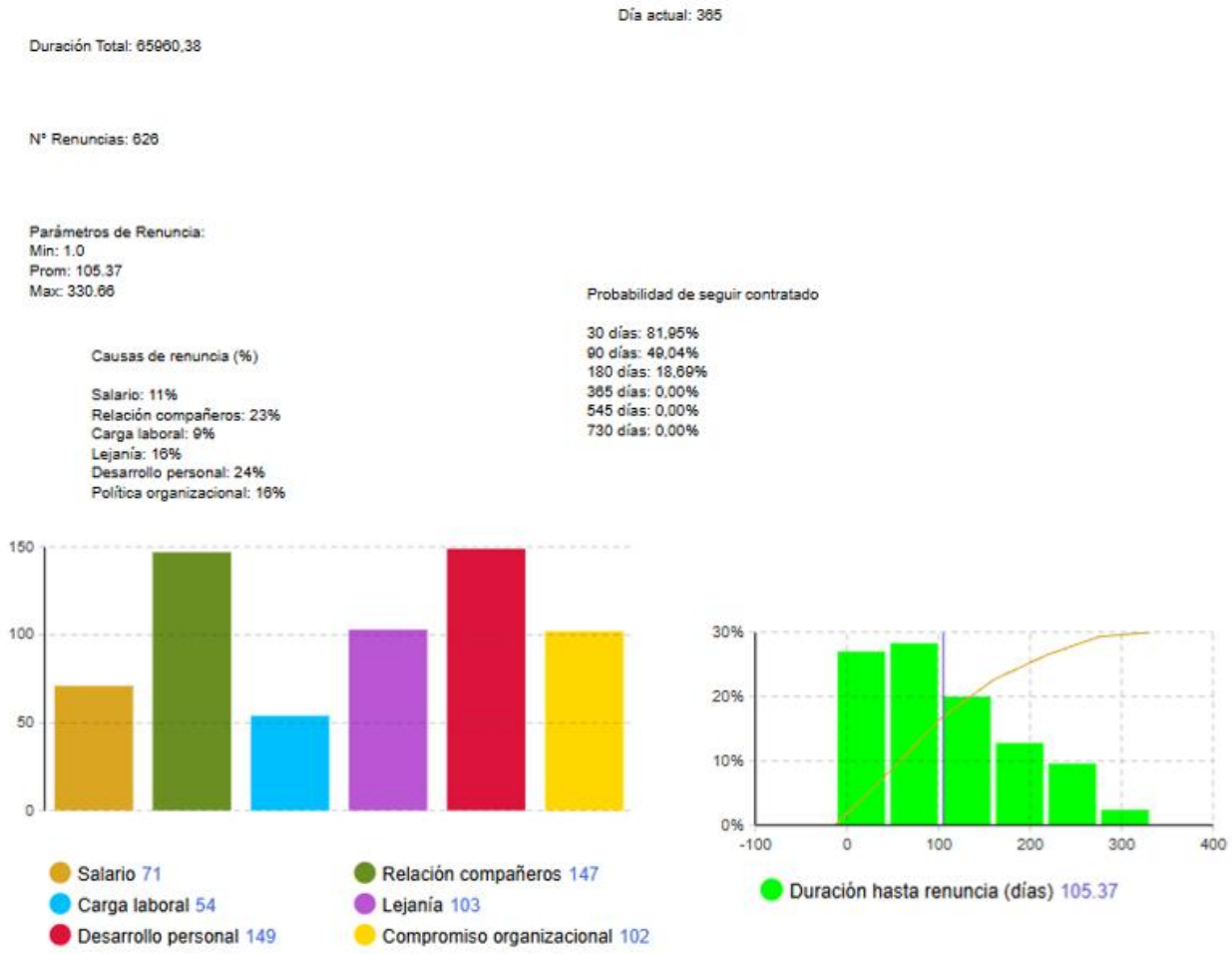


Ilustración 6. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 8,6% (Base) a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*

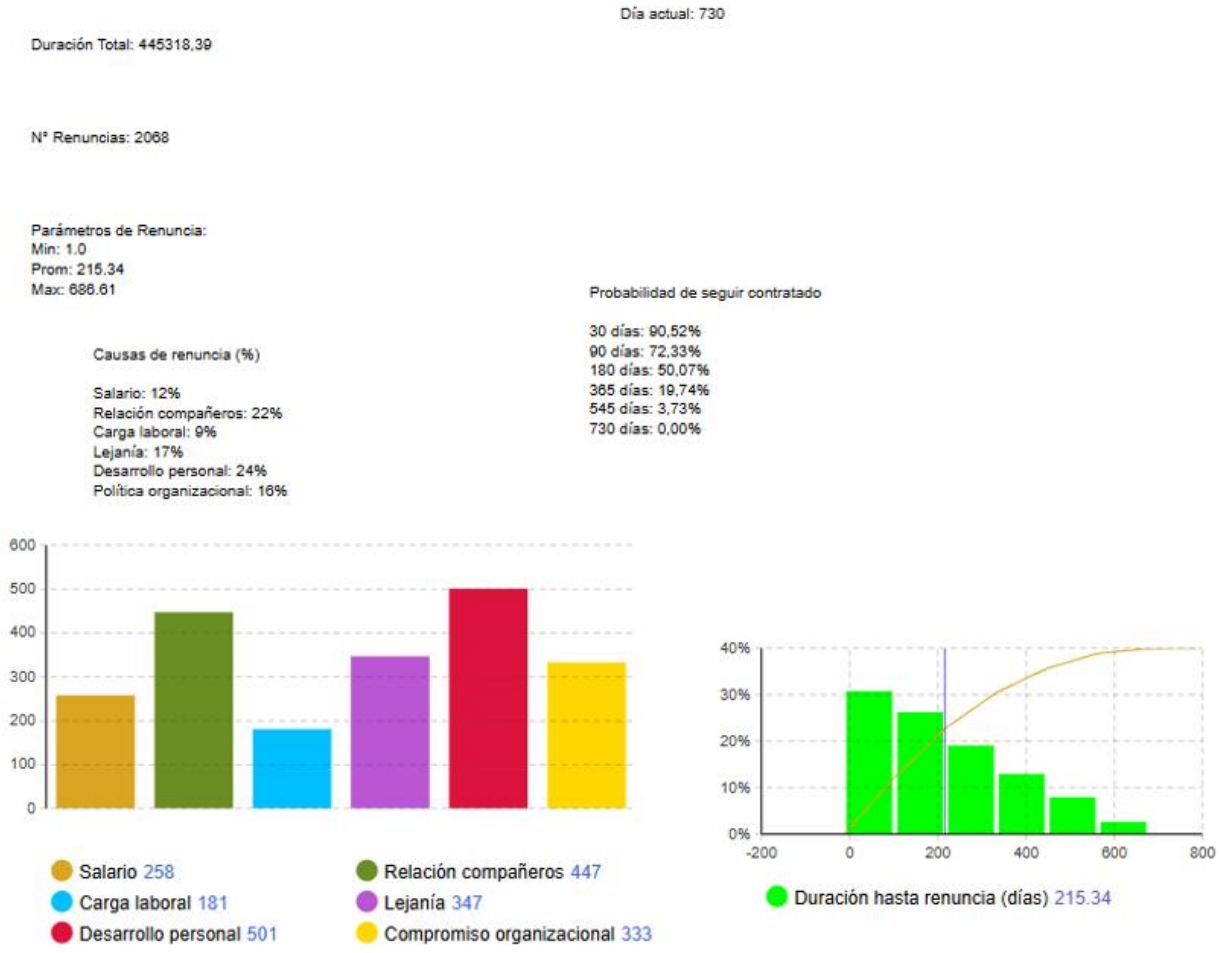


Ilustración 7. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 8,6% (Base) a los 24 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*



Ilustración 8. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 10,7% a los 6 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*

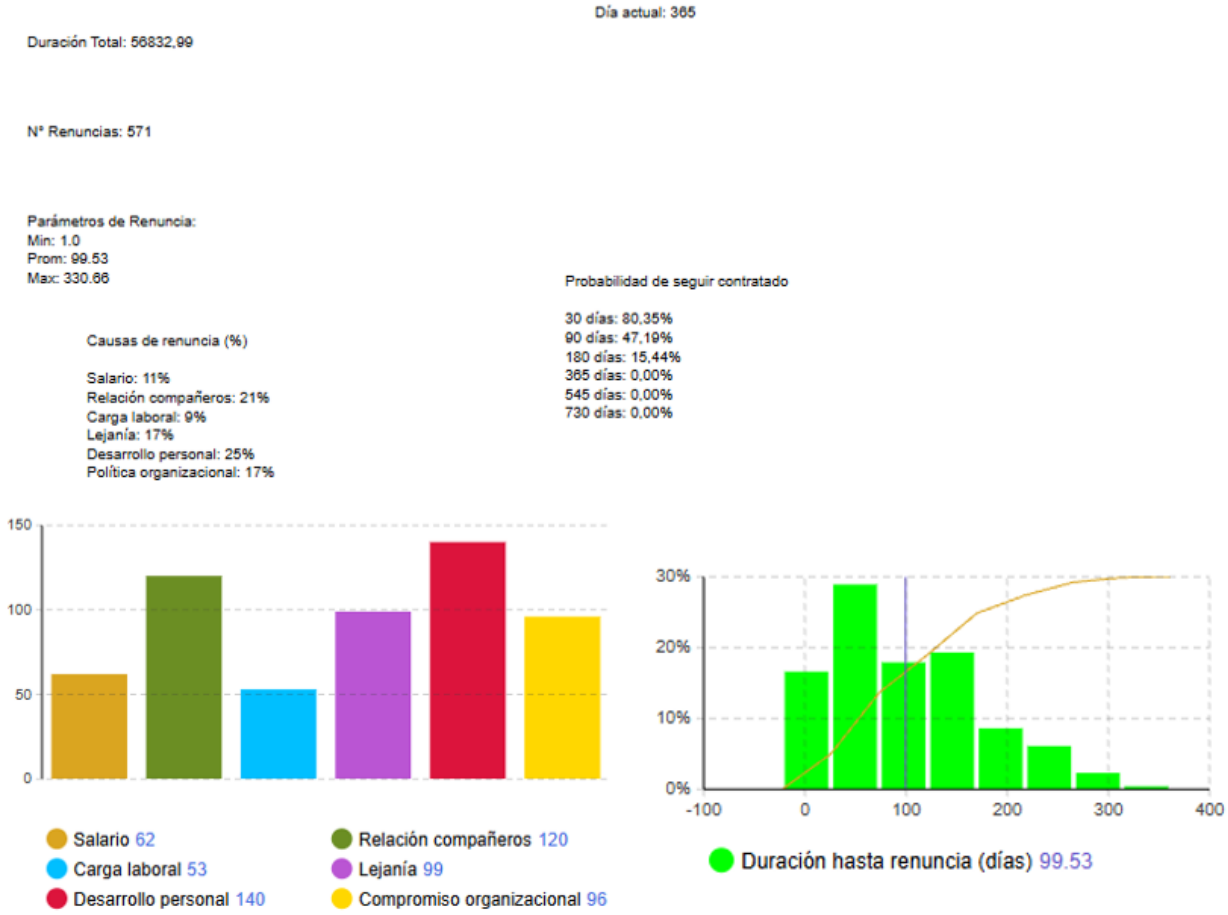


Ilustración 9. *Resultados de software AnyLogic de escenario de 10,7% a los 12 meses.*
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIAS

- Abdolmaleki, G., Naismith, N., Ghodrati, N., Poshdar, M., & Babaeian Jelodar, M. (2024). *An analysis of the literature on construction employee turnover: Drivers, consequences and future direction*. *Construction Management and Economics, 42*(9), 822–846. https://doi.org/10.1080/01446193.2024.2337084
- Aldhuhoori, R., Almazrouei, K., Sakhrieh, A., Al Hazza, M., & Alnahhal, M. (2022). *The effects of recruitment, selection, and training practices on employee performance in the construction and related industries*. *Civil Engineering Journal, 8*(12), 3831–3841. https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-12-012
- Ayodele, O. A., Chang-Richards, A., & González, V. (2020). *Factors affecting workforce turnover in the construction sector: A systematic review*. *Journal of Construction Engineering and Management, 146*(2), Article 03119010. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001725
- Bandini, S., Manzoni, S., & Vizzari, G. (2009). *Agent based modeling and simulation: An informatics perspective*. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 12(4), Article 4. https://www.jasss.org/12/4/4.html
- Bonilla, M., Gbiengu, P., & Nnaji, C. (2024). *Workforce sustainability in U.S. construction: Impact of health and wellbeing, diversity, equity, community, and connectivity on job satisfaction and retention*. *Revista Ingeniería de Construcción, 39*(3), 1–12. https://doi.org/10.7764/RIC.00120.21
- Castillo, A. (2019, noviembre). *Desarrollo de capital humano en la construcción: La visión de los actores sindicales*. OTIC CChC.
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano*. McGraw-Hill Interamericana.
- Comisión Nacional de Productividad. (2020). *Productividad en el sector de la construcción*. https://cnep.cl/estudios-publicados/sectores-y-areas-transversales/productividad-sector-construccion-2020/
- Egbebi, A. O. (2024). *Human resource management in construction*. *International Journal of Research Publication and Reviews, 5*(7), 450–457. https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0724.1613
- Evarist, C., Luvara, V. G. M., & Chileshe, N. (2022). *Perception on constraining factors impacting recruitment and selection practices of building contractors in Dar Es Salaam, Tanzania*. *International Journal of Construction Management*. https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2031556
- Flores, L., González, S., & Puentes, E. (2023, 24 de marzo). *Estudio demanda de mano de obra del sector de construcción*. Centro de Microdatos, Universidad de Chile.
- Gbiengu, P., Khan, M., Nnaji, C., & Karakhan, A. A. (2025). *Enhancing employee retention in construction: Role of workforce sustainability attributes*. International Journal of Construction Management. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2568097
- Gutiérrez Henao, D. C. (2024). *Análisis de la relación entre el compromiso organizacional y la intención de rotación en el talento humano del sector de la construcción de Bucaramanga* [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás].

- Hussain, S., & Xian, S. H. (2019). *Factors affecting employees' turnover intention in construction companies in Klang, Selangor*. *KnE Social Sciences, 3*(22), 108–131. https://doi.org/10.18502/kss.v3i22.5047
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2021). *Separata técnica anual 2020: Encuesta Nacional de Empleo*. https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/ocupacion-y-desocupacion/publicaciones-y-anuarios/separatas/anuales/separata-2020.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2026). *Presentación de resultados de empleo: Trimestre diciembre 2025-febrero 2026*. https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/prensa-y-comunicacion/presentacion-empleo-def-2026_vf.pdf
- Jahan, A., Edwards, K. L., Bahraminasab, M., & Edwards, K. L. (2013). *Multi-criteria decision analysis for supporting the selection of engineering materials in product design*. Butterworth-Heinemann. https://doi.org/10.1016/C2012-0-02834-7
- Jericó, P. (2008). *La nueva gestión del talento*: *Construyendo compromiso.* Prentice Hall.
- Li, G., Zhang, G., Zhang, X., Martek, I., & Chen, D. (2025). *The formation mechanism of employees' turnover intention in AEC industry*. *Buildings, 15*(7), Article 1061. https://doi.org/10.3390/buildings15071061
- Macal, C. M., & North, M. J. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation, 4*(3), 151–162. https://doi.org/10.1057/jos.2010.3
- Nascimento, R. G. da C. B. do, Marcon, G. B., & Antunes Neto, J. M. F. (2024). *The strategic recruitment process and its impacts on the achievement of organizational objectives: Bibliographic review*. *IOSR Journal of Business and Management, 26*(10, Ser. 16), 1–14. https://doi.org/10.9790/487X-2610160114
- Órdenes Guzmán, Á. M. (2025). *Análisis cualitativo y cuantitativo de factores que influyen en la atracción y retención de la fuerza laboral joven en proyectos de construcción en la Región de Valparaíso, Chile* [Memoria de título, Universidad Técnica Federico Santa María].
- Peralta Rojas, D., Araya Araya, F., & Salazar Fica, L. A. (2024). *Estudio exploratorio sobre la relación entre la gestión del talento y la rotación laboral en proyectos de construcción en Chile*. En *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y Tecnología de la Construcción (IX ELAGEC 2024)*. Viña del Mar, Chile.
- Railsback, S. F., & Grimm, V. (2019). *Agent-based and individual-based modeling: A practical introduction* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research, 48*(1), 9–26. https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I
- Thiele, J. C., Kurth, W., & Grimm, V. (2014). *Facilitating parameter estimation and sensitivity analysis of agent-based models: A cookbook using NetLogo and R*. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 17(3), 11. https://doi.org/10.18564/jasss.2503
- Vallejo Chávez, L. M. (2016). *Gestión del talento humano*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). ISBN 978-9942-14-271-9.
- Watkins, M., Mukherjee, A., Onder, N., & Mattila, K. G. (2009). Using agent-based modeling to study construction labor productivity as an emergent property of individual and

crew interactions. *Journal of Construction Engineering and Management, 135*(7), 657–667. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000022

- Ye, G., Yue, H., Yang, J., Li, H., Xiang, Q., Fu, Y., & Cui, C. (2020). Understanding the sociocognitive process of construction workers' unsafe behaviors: An agent-based modeling approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(5), 1588. https://doi.org/10.3390/ijerph17051588