

Identificación y análisis de las variables clave que explican la variación del factor de ajuste k en la programación de proyectos de edificación en altura

Identification and analysis of the key variables explaining the variation of adjustment factor k in project scheduling for high-rise construction

Identificação e análise das variáveis chaves que explicam a variação do fator de ajuste k na programação de projetos de edificação em altura

DOI: rces.v25n37.a8

Recibido: 01/04/2015

Aceptado: 01/10/2015

Christian Acuña-Opazo

Académico e investigador. Departamento Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Serena, La Serena. Chile. Candidato a Doctor.
Correo electrónico: cacuna@userena.cl

Óscar Contreras González

Académico e investigador. Departamento Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Serena, La Serena. Chile. Candidato a Doctor.
Correo electrónico: ocontrer@userena.cl

Diego Muguño Cortés

Estudiante de Ingeniería Civil Industrial. Universidad de La Serena.
Departamento Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Serena, La Serena. Chile. Correo electrónico: dmugueno@alumnosul.cl

Identificación y análisis de las variables clave que explican la variación del factor de ajuste k en la programación de proyectos de edificación en altura

Resumen

En la presente investigación se realiza un análisis estadístico multivariado de los factores clave que explican la variabilidad del factor de ajuste temporal K , el cual se determina para corregir la duración de las actividades de los proyectos de edificación en altura, con la finalidad de mejorar la gestión operacional de dichos proyectos con respecto a la programación.

Los edificios considerados en el presente trabajo se caracterizan por tener una distancia vertical de al menos cinco pisos para los proyectos habitacionales de la Región de Coquimbo, Chile. Para ello, se efectúa una investigación bibliográfica y entrevista presencial, con el fin de obtener una lluvia de ideas y determinar preliminarmente los factores de interés. Luego, se aplica el análisis factorial y la metodología multicriterio a un panel de expertos y profesionales encuestados para obtener así una serie de indicadores que permitan seleccionar las variables con coeficiente de contribución alto. En virtud de lo anterior, los resultados evidencian que el factor de ajuste temporal K es explicado principalmente por cinco factores internos y la misma cantidad de factores externos; estos pertenecen a las siguientes áreas clave: personal de obras en terreno, disponibilidad de materiales y equipos, programador de proyectos, relación con proveedores y modificaciones normativas. De esta forma, la gestión que se realice sobre estas variables provocará un impacto positivo al mejorar el objetivo de terminar el proyecto en los tiempos programados.

Palabras clave

Proyecto; Gestión; Programación.

Clasificación JEL: C51, M10, M21

Identification and analysis of the key variables explaining the variation of adjustment factor k in project scheduling for high-rise construction

Abstract

In the present study, a multivariate statistical analysis of the key factors that explain the variability of seasonal adjustment factor K , which is determined to correct the duration of the project activities of high-rise construction, with the goal of improving the operational management of such projects regarding deadlines. The buildings considered in this study include housing projects with a height of at least five floors in the region of Coquimbo, Chile. For this, a bibliographic research and personal interview is conducted in order to determine preliminary factors of interest. Then, factor analysis and multi-criteria methodology is applied to a panel of experts and professionals surveyed in order to obtain a series of indicators to select variables with a high contribution coefficient. In light of this, the results show that the seasonal adjustment factor K is mainly explained by five internal factors and five external factors, which are described in the following key areas: personnel at work in the field, availability of materials and equipment, project developer, relationships with suppliers, and regulatory changes. Thus, the management performed on these variables will have a positive impact by improving the aim of finishing the project within the scheduled deadlines.

Keywords

project, management, scheduling.

Identificação e análise das variáveis chaves que explicam a variação do fator de ajuste k na programação de projetos de edificação em altura

Resumo

Na presente investigação, se realiza uma análise estatístico multivariado dos fatores chaves que expliquem a variabilidade do fator de ajuste temporal K, o qual se determina para corrigir a duração das atividades dos projetos de edificação em altura, com a finalidade de melhorar a gestão operacional de ditos projetos, com respeito ao programado. Os edifícios considerados no presente trabalho, se caracterizam por ter uma distância vertical de pelo menos cinco andares para os projetos habitacionais da Região de Coquimbo, Chile. Para isto, se efetua uma investigação bibliográfica e entrevista presencial, com o fim de obter uma chuva de ideias e determinar preliminarmente os fatores de interesse. Logo, se aplica a análise fatorial e a metodologia multicritério a um painel de especialistas e profissionais entrevistados e obter assim, uma série de indicadores que permitam selecionar as variáveis com coeficiente de contribuição alto. Em virtude do anterior, os resultados evidenciam que o fator de ajuste temporal K, é explicado principalmente por cinco fatores internos e a mesma quantidade de fatores externos, sendo estes pertencente às seguintes áreas chaves: pessoal de obras em terreno, disponibilidade de materiais e equipamentos, programador de projetos, relação com fornecedores e modificações normativas. Assim, a gestão que se realize sobre estas variáveis provocará um impacto positivo ao melhorar o objetivo de terminar o projeto nos prazo previsto.

Palavras-chave

Projeto; gestão; programação.

1 Introducción

Actualmente, la edificación está adquiriendo relevancia a nivel mundial, ya que aproximadamente el 50% de la población se concentra en ciudades, lo cual provoca el agotamiento de los suelos y el requerimiento de un mayor tiempo para el desplazamiento de los habitantes. Es por ello que se deben replantear ciudades más compactas, que busquen la mayor utilización del suelo, con edificaciones basadas en principios sostenibles que se integren a la estructura espacial urbana, para mitigar la segregación socioespacial de las zonas urbanas (Villate, 2008).

El presupuesto y la planificación de una obra suponen una base fundamental, ya que esa información proporciona antecedentes importantes sobre costos y duración del proyecto. Por ello, aquellos datos deben ser ajustados lo más fielmente a la realidad, evitando de antemano que la ejecución del proyecto difiera significativamente de los valores iniciales (Contreras, 2012).

No obstante, existe una infinidad de condiciones en que se encuentra inmersa una obra de este tipo, las cuales impiden de una u otra forma el cumplimiento con los plazos estipulados en la etapa de diseño. Si bien hay inconvenientes que puedan aparecer de forma inesperada (Sabbatino, 2011), muchas de las complicaciones para concretar una actividad son predecibles. Es por ello que la planificación ha resultado una buena medida para mejorar esos inconvenientes, pero se debe considerar la gestión de variables exógenas y endógenas que permitan actuar sobre ella en forma anticipada, para lograr efectos deseados que beneficien a la operación, las personas y la gestión, y así obtener proyectos aún más rentables.

En Chile recientemente se está gestando la construcción de proyectos con alturas considerables,

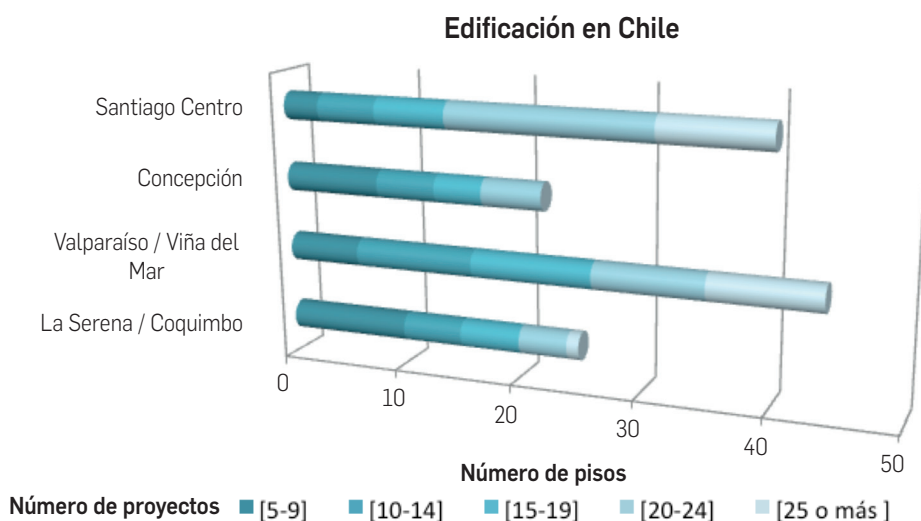
transformándose en una tendencia creciente de edificación en la zona norte de Chile. Sin embargo, la sismicidad del suelo chileno ha condicionado el diseño de estructuras y ha limitado su desarrollo. Respecto al actual contexto del tema abordado, se presenta la oferta de edificios habitacionales en las localidades más importantes de Chile (figura 1), utilizando como referencia el sitio web *Portal inmobiliario*, que concentra entre el 75% y el 80% del mercado existente. Como alcance general, se considera departamentos nuevos (de 700 a 10.000 UF -unidades de fomento-, equivalente a US 36.26/UF al 21 de agosto de 2015), contando con 131 proyectos para las ciudades turísticas de las regiones de Coquimbo, Valparaíso, BioBio y Metropolitana.

En este sentido, la Región de Coquimbo se ha caracterizado por presentar un crecimiento económico y social sostenido, en donde existen pilares que fundamentan este crecimiento, por ejemplo: la industria turística de la zona, la cercanía a los centros mineros de las regiones de Atacama y Antofagasta, la tranquilidad del lugar y el moderado costo devida con respecto a las zonas anteriormente indicadas (Contreras, 2012), así como sus estables condiciones climáticas.

Dado que las personas desean vivir o vacacionar en la zona costera, la Región de Coquimbo ha experimentado un fuerte impulso en la industria de la construcción en los últimos años, lo cual puede evidenciarse en la tabla 1 anterior, donde la información presentada muestra el nivel de crecimiento mediante el Índice Nacional de la Construcción Regional (INACOR), representando uno de los más altos a nivel nacional. Debido a que existe una gran cantidad de proyectos que excede los plazos establecidos para concluir una obra de construcción (Contreras y Kauer, 2013), se han realizado intentos por modificar y mejorar las metodologías de programación que utilizan fundamentos probabilísticos, de simulación y algoritmos

neuronales, en virtud de disminuir el factor de ajuste K planteado por Contreras (2012 y 2013). Siguiendo al autor (Contreras,2013), se propone que existen variables externas a las que están expuestas las empresas constructoras, como son condición de mercado del recurso humano, insumos o materia prima, y condición climática de la región, lo que afectaría tanto en sus duraciones como en sus costos.

Figura 1. Distribución de edificios según altura medida en pisos



Fuente: Portal inmobiliario, 2014

Tabla 1. INACOR, con series crecientes en medias móviles de tres meses

Región / indicadores parciales	Arica y Parinacota	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	O'Higgins	Maule	BioBio	Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Aysén	Magallanes	Metropolitana
Empleo sectorial	-0,7	58,4	-18,2	-23,4	57,5	8,8	61,8	34,0	-7,1	-4,8	-20,8	9,7	-35,0	18,2	10,1
Permisos de edificación	-80,3	74,4	63,8	-77,1	18,7	5,6	-55,3	-32,1	-25,3	-34,0	-5,8	-5,5	-33,4	-21,1	-20,0
Consumo de cemento	-15,0	-30,4	12,5	-22,8	-8,6	7,5	-9,6	-8,9	-16,0	-6,8	-3,2	7,0	-29,0	5,8	1,3
INACOR	-5,6	10,0	10,8	-30,0	11,9	10,0	17,4	--	-2,0	-0,7	-7,7	8,0	-33,4	6,3	5,4

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción con base en estadísticas del INE, 2014

Se determina una función de ajuste K a ser aplicada a la programación de la duración de las actividades, con el fin de buscar una mayor precisión entre las duraciones programadas y las duraciones reales. Lo anterior basado en la proposición de Contreras(2012). Así entonces, se determina la función de ajuste K :

$$K = f(c, t, i) \quad (1)$$

En donde:

K es el factor de ajuste a la programación de las duraciones

c es el porcentaje de variación de las condiciones climáticas a considerar en la región o localidad

t es el porcentaje de variación de la tasa de cambio de la moneda US respecto a un año determinado

i es el porcentaje de crecimiento del desarrollo industrial regional o nacional, según sea el o los índices a considerar

Sin embargo, no se ha logrado el éxito esperado. De acuerdo con algunos autores, como Garza (2006) y Wallace (2011), las variables que restringen un proyecto son tiempo, costo y calidad. Estas, de una u otra forma, afectan en cierto porcentaje la rentabilidad de la empresa.

Un proyecto tendrá éxito dependiendo de la habilidad que tenga una organización para obtener un producto de excelente calidad, en el tiempo y presupuesto estimado (Romany Danny, 2013). Sin embargo, no ha sido una realidad lejana que las empresas presenten problemáticas que guardan relación con la programación y secuencia de las actividades de un proyecto, en donde la priorización y/o limitaciones de recursos económicos, humanos y otros elementos relevantes han causado perjuicios en la asignación óptima de estos a dichas actividades en los tiempos planificados. Es inevitable que en la misma ejecución de proyectos aparezcan factores que modifiquen lo planeado y comience a cobrar relevancia la gestión de riesgos.

Según Campero(2000), si se consideran antecedentes previos, el 90% de los proyectos desarrollados a nivel mundial finaliza fuera de los márgenes presupuestados, tanto en costos como en tiempo, y de ese grupo, el 85% lo hace excediendo dicho presupuesto. Otras estadísticas tomadas en Estados Unidos resaltan la importancia del tema. Por ejemplo, el 17% de los proyectos terminan con éxito, el 50% requieren cambios de alcance y el 33% no lo terminan, y los costos asociados a 83% de los proyectos fracasados supera los \$80 mil millones (Lledo y Rivarola, 2007). Si se contextualiza este tema en el desarrollo de la edificación en altura, se cumple la misma premisa incumplimientos, puesto que resulta difícil efectuar lo programado, debido a múltiples variables que afectan a tales proyectos, como son: condición de mercado de la mano de obra, insumos, condiciones climáticas de la región, entre otros (Contreras, 2012).

Como último dato, se ha establecido en la región de Coquimbo que el 95% del manejo operacional de la programación de proyectos se realiza con cartas Gantt; con ello solo se considera la duración de las actividades en términos determinísticos, olvidando que existe una probabilidad de que el proyecto a considerar finalice más tarde de lo estipulado. Si bien se han hecho intentos por mejorar las metodologías para disminuir la brecha de lo real vs lo teórico, no se ha logrado el éxito esperado, ya que incluso utilizan algoritmos poco útiles, que son de baja comprensibilidad para la comunidad (Contreras y Kauer, 2013). Si se considera el avance de tecnología y herramientas computacionales relacionadas con las estadísticas, es pertinente evaluar cuáles son las variables más influyentes en la explicación de la brecha existente entre lo programado y lo realmente logrado. Por lo tanto, las herramientas aplicadas en el análisis multivariado permiten reducir el número de variables, explicando la mayor parte de la variabilidad del fenómeno en conjunto, y como ejemplo se tiene el análisis factorial (Cuadras, 2014).

Una pregunta relevante frente al actual escenario es: ¿cuáles son las variables internas y externas de mayor impacto en el factor de ajuste a la programación de proyectos de edificación en altura? Frente a este cuestionamiento, el objetivo de la presente investigación es “identificar y analizar las variables internas y externas de mayor impacto en el factor de ajuste en la programación de proyectos en altura” con el propósito de explicar la brecha que da origen a dicho factor de ajuste en la programación de las duraciones de proyectos de construcción con las características descritas.

2 Metodología

2.1 Descripción metodológica

Para la realización del estudio empírico y posterior cumplimiento del objetivo definido, la metodología de la presente investigación se desarrolló en tres fases: i) identificación y selección del panel de expertos, ii) levantamiento de información y selección de variables, y iii) análisis estadístico factorial y multicriterio.

El propósito es establecer el estado de información sobre los dos pilares fundamentales del presente estudio: la edificación y la programación de proyectos. En la primera fase se realizó la definición de los criterios que debían cumplir los informantes clave para el proceso de levantamiento de la información. Según recomendaciones de algunos autores, como Landeta (1999) y Varela *et al.* (2011), el número de participantes dependerá de los objetivos definidos y del presupuesto disponible para el estudio, considerándose no menor a 7 ni mayor a 30 expertos. Para respetar el alcance planteado en este estudio, el universo de expertos son los académicos y pro-

fesionales dedicados a la actividad de edificación y programación de proyectos, cuya caracterización se describe en la tabla 2 presentada a continuación, que sigue la propuesta de Alfaro *et al.* (2005).

Tabla 2. Perfil de participantes, método Delphi

Perfil de los participantes. Panel de Expertos		
Sujetos participantes	Condiciones	Aporte
Académicos del Departamento de Ingeniería en Construcción y carreras afines.	Experiencia mayor a 3 años. Alto dominio de herramientas y métodos (conocimiento pertinente).	
Profesionales de construcción con cargos en administrador de obras, oficina técnica o jefe de terreno.	Experiencia mínima de 2 años en proyectos de edificación en altura (PEA). Altura de PEA de 5 pisos (o 12 metros) como valor mínimo.	Identificación, selección y evaluación de variables que inciden en el factor de ajuste K.
Programadores afines a la actividad de la construcción (edificios).	Participación de al menos 6 meses en la construcción de PEA ubicados en zonas costeras de las Regiones de Coquimbo y Valparaíso, como también en las Regiones urbanas de Concepción y Metropolitana.	

Fuente: Elaboración propia

La distribución de los integrantes que participaron en los procesos de la etapa 2 se muestra en la tabla 3. El criterio consensuado responde a una representatividad

dad equitativa entre académicos y profesionales; los primeros proporcionan el conocimiento actualizado sobre herramientas y métodos, y los segundos observan y resuelven en la práctica los problemas principales de la programación de proyectos.

Tabla3. Distribución de participantes

Distribución porcentual de participantes. Panel de expertos		
Ciudad	Académicos	Profesionales
La Serena-Coquimbo	8%	7%
Valparaíso-Viña del Mar	15%	13%
Concepción	10%	7%
Santiago	27%	12%
Total (%)	60%	40%

Fuente: Elaboración propia

El propósito de la segunda fase es la identificación, selección y conceptualización de las futuras variables internas y externas más relevantes en el tratamiento de la programación de proyectos, que aminoren la brecha del factor de ajuste K . Para este proceso se recurre a la metodología Delphi, que según Linstoney Turrof (1975) es un método de estructuración de un proceso comunicativo grupal efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos tratar un problema complejo. Este método tiene por finalidad obtener algún tipo de acuerdo entre personas seleccionadas, tomando como base un perfil establecido, a condición de que su opinión pueda considerarse relevante, y reduce así el grado de error asociado a toda forma objetiva de predicción del futuro (Muruais y Sánchez, 2012). La obtención de la información se realizó por medio de los correos electrónicos de los participantes de la etapa anterior y a través de la aplicación de instrumentos estructurados y previamente validados, con la finalidad de cumplir con una de las caracte-

rísticas de esta técnica: el anonimato, puesto que cada experto desconoce la identidad de los demás integrantes del panel (Muruais y Sánchez, 2012).

Los instrumentos aplicados corresponden a cada una de las dos subetapas en que se dividió esta segunda fase de levantamiento de información. La primera subetapa consistió en una entrevista realizada a 15 expertos académicos y profesionales, distribuidos porcentualmente en un 60% y 40%, respectivamente, correspondientes a universidades y empresas del rubro y distribuidos en la región antes mencionada. Con lo anterior fue posible identificar las variables que mayor relevancia presentaban a la hora de gestionar proyectos de edificación en altura. La segunda subetapa se llevó a cabo por medio de la aplicación de un instrumento de evaluación, cuyo objetivo es priorizar y valorizar las variables antes identificadas y cuyo diseño permitió determinar los pesos porcentuales de cada variable (interna y externa) mediante el método AHP (Saaty, 1989; Mautua, 2006). El resultado de la aplicación del instrumento se sometió a la evaluación de un panel de 23 expertos con experiencia y conocimiento en proyectos de construcción en altura, distribuidos de la misma manera que en la subetapa de entrevista.

Para la tercera y última fase se aplicaron análisis estadístico multivariado y multicriterio (calificación y ordenamiento) para comparar, seleccionar y correlacionar los factores. Para cumplir con lo anterior, se efectuó un análisis factorial con rotación Varimax, con el propósito de agrupar las variables en factores que permitan su análisis global y simple.

Para aceptar el análisis factorial como pertinente es necesario determinar el índice KMO, el cual debe presentar un valor superior a 0,50, además de realizar la prueba de esfericidad de Bartlett, cuyo valor de significancia es menor al 5% (Frias Soler, 2011).

2.2 Determinación de la muestra

Puesto que las percepciones de los profesionales son diferentes y se pretende encontrar ciertos valores esperados para cada variable que se desea medir, se utiliza un muestreo estratificado (Salkind, 1999), acogiendo la propuesta de Torres y Paz (Torres y Paz, 2002). Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución muestral del panel de expertos

Distribución muestral. Panel de expertos		
Ciudad	Académicos	Profesionales
La Serena-Coquimbo	6	5
Valparaíso-Viña del Mar	10	9
Concepción	7	5
Santiago	18	9
Total	42	28

Fuente: Elaboración propia

2.3 Confiabilidad del instrumento

Para la determinación de la confiabilidad, validez y consistencia interna del instrumento que permitirá seleccionar, agrupar y validar las diferentes variables del estudio, según algunos autores (Cortina, 1993; Hebson, 2001; Corral, 2008), se utilizará el coeficiente de Alfa de Cronbach (1951). Los criterios utilizados para la interpretación de este coeficiente son los valores propuestos por Nunnally y Bernstein (1995), los que se especifican a continuación: valores del coeficiente menores de 0,6 son bajos; entre 0,61 y 0,70 son adecuados; entre 0,71 a 0,80 son buenos, y mayores de 0,80 son altos.

Por lo anterior, se utilizan diferentes indicadores para desechar o reformular las preguntas realizadas, a saber: Alfa de Cronbach, fiabilidad compuesta (IFC) (Gefen y Straub, 2005), cargas factoriales (CF), varianza extraída promedio (AVE) (González *al.*, 2014) y correlación Pearson (Lucero y Meza, 2006).

3 Resultados

3.1 Ranking de variables

Por medio de las entrevistas, se identifican las siguientes variables que se presentan en la tabla 5. (Siguiente página).

3.2 Aplicación método AHP

Con la aplicación de la metodología multicriterio se logran ordenar tanto las variables internas como externas, según el peso relativo otorgado por la metodología AHP. Los resultados se presentan en las figuras 2 y 3, respectivamente. (Ver figuras en siguiente página)

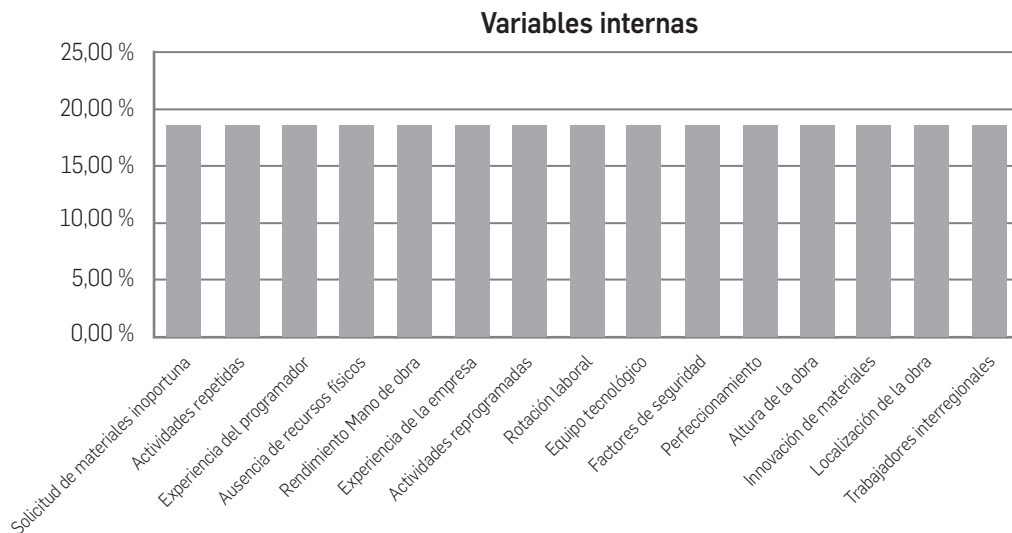
En la tabla 6 se puede observar la representación de la matriz de juicios determinada para las variables internas y externas. Como puede apreciarse, ambas variables presentan una razón de inconsistencia (RI) inferior al 10%, por lo que se validan las orientaciones de ambas variables presentes en las figuras 2 y 3 anteriormente indicadas.

Tabla 5. Variables del estudio por tipo y calificación

Variable interna	Calificación	Variable externa	Calificación
Altura de la obra	10,02	Condiciones climáticas	9,80
Localización de la obra	11,89	Tipo de cambio	9,13
Experiencia de la empresa	6,94	Festividades	8,91
Solicitud inoportuna	1,73	Paralización mandante	11,60
Experiencia del programador del proyecto	4,50	Tramitaciones burocráticas	2,29
Actividades reprogramadas	5,55	Cambios reglamentarios	3,81
Actividades repetidas	3,30	Precio (costo) materiales	6,11
Trabajadores interregionales	12,41	Mercado proveedor	5,96
Factores de seguridad	8,10	Lejanía del proveedor	8,37
Rotación personal	7,66	Condiciones crédito proveedores	9,12
Perfeccionamiento	9,21	Incumplimiento proveedor	3,26
Rendimiento mano de obra	5,23	Desempleo	3,22
Equipo tecnológico	7,86	Oferta laboral complementaria	8,37
Innovación de materiales	11,21	PIB	8,24
Ausencia de RR.FF.	4,26	Tamaño mercado	9,83

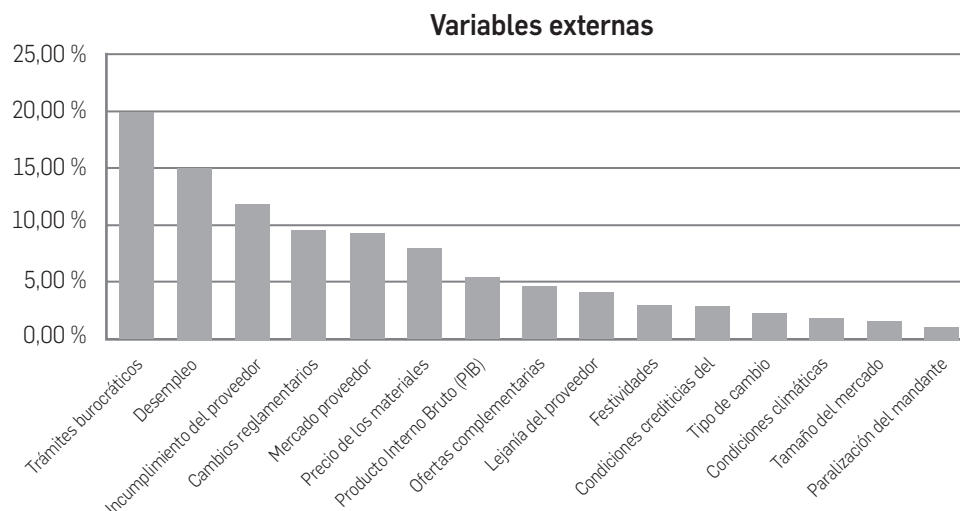
Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Variables del estudio por tipo y calificación



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Peso relativo de variables externas para método AHP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Matriz de inconsistencia según tipo de variable

Variables	IC	CA	RI (%)
Internas	0,1695	1,7160	9,88
Externas	0,1609		9,37

Fuente: Elaboración propia

3.3 Confiabilidad del instrumento

Para la confiabilidad, validez y consistencia interna del instrumento aplicado se utilizaron diferentes indicadores para desechar o reformular las preguntas

propuestas, tales como: Alfa de Cronbach, índice de fiabilidad compuesta (IFC), cargas factoriales, varianza extraída promedio y correlación Pearson. Sin embargo, considerando el coeficiente Alfa de Cronbach y cargas factoriales, se decidió eliminar 16 subpreguntas para mejorar la confiabilidad del mismo, obteniéndose finalmente los resultados presentes en la tabla 7.

Ver tabla 7 siguiente página

A continuación, en la tabla 8 se observa el coeficiente Alfa de Cronbach y correlación Pearson calculados para la medición de la fiabilidad y consistencia global del instrumento.

Tabla 7. Indicadores de confiabilidad, validez y consistencia interna

Factores	Alfa Cronbach	IFC	Carga factorial	AVE
Ausencia de recursos físicos	0,909	0,9352	0,8151	0,6776
Avance tecnológico	0,703	0,8230	0,7313	0,5400
Entorno mano de obra	0,928	0,9474	0,8836	0,7830
Mejoramiento del empleo	0,833	0,9036	0,8325	0,7041
Manejo de proyectos	0,849	0,8982	0,7203	0,5296
Pedidos de materiales	0,954	0,9632	0,8861	0,7901
Industria	0,670	0,8289	0,7338	0,5554
Servicios	0,913	0,9397	0,8913	0,7961
Incumplimiento del proveedor	0,924	0,9423	0,8652	0,7707
Características del proveedor	0,960	0,9686	0,8961	0,8179
Condiciones crediticias	0,896	0,9326	0,8805	0,7759
Legislación	0,875	0,9153	0,8520	0,7313
Otras externalidades	0,922	0,9499	0,8361	0,7050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Coeficiente de correlación de Pearson y Alfa de Cronbach

Indicador	Alfa Cronbach	Pearson
Valor	0,943	0,792

Fuente: Elaboración propia

3.4 Análisis factorial

Para la aplicación de un análisis factorial es necesario determinar el índice KMO y realizar la prueba de esfericidad de Bartlett, cuyos resultados se presentan a continuación:

- a) Para las variables internas, los indicadores KMO y significancia del test de Bartlett muestran la aplicabilidad del análisis factorial.

En la tabla 9 queda evidenciada la recomendación de aplicar el análisis factorial a la investigación en desarrollo para obtener una mejor comprensión del fenómeno en estudio.

En la tabla 10 se aprecian las 15 variables internas analizadas que contribuyen a la explicación del factor de ajuste K , explicadas por tres factores comunes extraídos y con un 72,51% de la varianza explicada.

Tabla 9. KMO y prueba de Barlett para variables internas

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin	0,753
Chi-cuadrado aproximado	331,566
Prueba de esfericidad de Barlett	
Gl	105
Sig.	0,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Matriz de puntuaciones factoriales para las variables internas

	Componente			Puntuación		
	1	2	3	1	2	3
ACTREPR	0,826			0,187		
TRABIN	0,816			0,210		
EQUIPTEC	0,803			0,191		
PERFMO	0,794			0,188		
EXPROGR	0,689			0,105		
ACTREP	0,688			0,192		
ALTOBRA	0,585			0,070		
EVANTINS		0,897			0,321	
RENDMO		0,764			0,269	
INOPSOLMAT		-0,696			-0,234	
INNOVAMAT		0,606			0,215	
AUSENCIARRFF			0,865			0,491
EXPEREMP			0,706			0,258
ROTACION			0,605			0,208
LOCOBRA			0,599			0,205

Fuente: Elaboración propia

Nomenclatura:

ACTREPR: Actividades repetidas; TRABIN: Trabajadores internos; EQUIPTEC: Equipo tecnológico; PERFMO: Perfeccionamiento; EXPROGR: Experiencia del programador; ACTREP: Actividades reprogramadas; ALTOBRA: Altura obra; RENDMO: Rendimiento mano de obra; INOPSOLMAT: Inoportunidad de solicitud de materiales; INNOVAMAT: Innovación de materiales; AUSENCIARRFF: Ausencia de recursos físicos; EXPEREMP: Experiencia del programador; ROTACION: Rotación laboral; LOCOBRA: Localización obra.

b) Para las variables externas, los indicadores KMO y significancia del test de Bartlett muestran la aplicabilidad del análisis factorial (tabla 11).

Tabla 11. KMO y prueba de Barlett para variables externas

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin	0,588
Chi-cuadrado aproximado	335,559
Prueba de esfericidad de Barlett	
GI	105
Sig.	0,000

Fuente: Elaboración propia

Al igual que como ocurre con las variables de tipo internas, las variables externas también presentan un índice KMO y una prueba de Barlett apropiadas para la aplicación de un análisis factorial.

En la tabla 12 se aprecian las 15 variables externas analizadas que contribuyen a la explicación del factor de ajuste *K*, explicadas por cuatro factores comunes extraídos. Ver tabla 12 siguiente página.

Nomenclatura:

TRAMBUR: Tramitaciones burocráticas; CAMBREG: Cambios reglamentarios; MERCPROV: Mercado proveedor; PREMAT: Precio materiales; TIPOCAMB: Tipo de cambio; CLIMA: Clima; PARMAND: Paralización del mandante; FESTIVOS: Días festivos y feriados; INCPROV: Incumplimiento proveedor; CONDCRED: Condiciones crediticias proveedor; OFERCOMP: Ofertas complementarias; PIB2: Producto interno bruto; DEEMPL: Desempleo; LOCPROVVE: Localización del proveedor (lejanía); MERCOMP: Mercado competidor. Finalmente, se determinan acciones importantes en el quehacer diario de un proyecto de edificación que permiten mejorar la situación actual, pero que en la práctica han representado más de un inconveniente para la gestión inmobiliaria. Entre las respuestas más frecuentes se encuentran las referenciadas en la tabla 13, las cuales surgen por los aportes y restricciones que diversos especialistas han señalado en el último instrumento aplicado.

Ver tabla 13 siguiente página

4. Discusión

Considerando los resultados de la aplicación de la metodología AHP, se cumple la validación y jerarquización de las variables incluidas en la presente investigación. De acuerdo a lo anterior, si bien las variables internas y externas son consistentes para el estudio, también es cierto que la alta tasa RI es debida a la escasa preocupación o conocimiento para afrontar condiciones a largo plazo al inicio de un proyecto, que permitan reducir la importante brecha que se produce entre planificar y concretar la construcción del mismo, especialmente si se trata de variables que la misma empresa posee bajo su control.

Tabla 12. Matriz de puntuaciones factoriales para las variables externas

	Componente				Puntuación			
	1	2	3	4	1	2	3	4
TRAMBUR	0,852				0,823			
CAMBREG	0,838				0,270			
MERCPROV	0,838				0,237			
PREMAT	0,798				0,248			
TIPOCAMB	0,568				0,105			
CLIMA		0,914				0,349		
PARMAND		0,853				0,311		
FESTIVOS		0,822				0,306		
INCPROV		0,642				0,207		
CONDCRED			0,940				0,393	
OFERCOMP			0,819				0,336	
PIB2			0,585				0,191	
DESEMP				0,816				0,219
LOCPROVE				0,727				0,275
MERCOMP				0,706				0,297

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Planes de actividades complejas e importantes

Aspectos difíciles de mejorar	Frecuencia
1. Adquisiciones de materiales críticos	13
2. Adquisiciones de nuevas metodologías de trabajo	9
3. Prevención de riesgos y accidentes laborales	7
4. Mejoramiento de proyectos (cantidad y calidad)	12
5. Prevención de acontecimientos climáticos adversos	12

Fuente: Elaboración propia

Respecto de las variables, se infiere que desde una perspectiva interna, variables como el manejo eficiente de los recursos físicos, el rendimiento de los trabajadores y el encargado de gestionarlos elementos anteriormente señalados cobran relevancia en el cumplimiento de plazos.

Externamente, se debe considerar restricciones legales, técnicas de la obra y condiciones económicas que enfrenta la región. Por ende, el constante monitoreo y la previsión de hechos que pongan en riesgo la construcción y desarrollo de la obra destacan en esta investigación.

Respecto de la confiabilidad del instrumento, podemos decir que de acuerdo con Gefen y Straub (2005), se aceptan los indicadores de Alfa de Cronbach y fiabilidad compuesta, dado que son mayores a 0,70 y 0,80, respectivamente. El caso del factor de la industria se debe considerar para futuros análisis, por ser una variable importante en la investigación. Respecto a la validez —siguiendo el razonamiento de Chin (1998) y González *et al.* (2014), quienes expresan que las cargas factorial y varianza extraída (AVE) deben superar el valor de 0,60 y 0,50, respectivamente—, se evidencia que todos los factores muestran una validez aceptable. Sin embargo, es destacable el resultado obtenido por los factores de industria y avance tecnológico, que ligeramente superan el valor mínimo aceptable. Lo anterior es posible dado que ambos tienen relación con otras variables externas no controlables por las empresas constructoras, como es, por ejemplo, la inversión y desarrollo tecnológico realizados por economías desarrolladas y/o más innovadoras.

Con lo anterior, es posible concluir que el instrumento se considera aceptable, según lo evidenciado por algunos autores como George y Mallery (1995) y Kottner y Streiner (2010). En consecuencia, no es ne-

cesario realizar nuevas formulaciones a las preguntas ya editadas con anterioridad.

La aplicación de Varimax como método de extracción por componentes principales en el análisis factorial explica la varianza común en 3 factores, donde el 72,51% de ella es explicada por el factor 1, que además concentra las variables más significativas que impactan en la explicación del factor de ajuste K . Ellas son: ACTREPR: Actividades repetidas; TRABIN: Trabajadores internos; EQUIPTEC: Equipo tecnológico; PERFMO: Perfeccionamiento; EXPROGR: Experiencia del programador; ACTREP: Actividades reprogramadas; ALTOBRA: Altura obra. Como puede apreciarse, todas estas variables son de un grado de control medianamente alto por parte de la empresa, a diferencia del resto de las variables internas, en las cuales este grado de control depende de otros factores.

Por otro lado, a nivel externo las variables que componen el factor 1 son: TRAMBUR: Tramitaciones burocráticas; CAMBREG: Cambios reglamentarios; MERCPROV: Mercado proveedor; PREMAT: Precio materiales; TIPOCAMB: Tipo de cambio. En este caso, la ausencia de control por parte de la empresa es alta, y las variables se relacionan principalmente con elementos legales y económicos del mercado, lo que provoca un factor de competencia toda vez que la empresa constructora logre incrementar el manejo de estas variables por medio de la experiencia.

Además, la explicación de las variables internas (presentes en el factor 3) y de las variables externas (presentes en el factor 4), junto con las justificaciones de los participantes clave encuestados, se tornan complejas por tres razones:

i) El presupuesto económico de las empresas es ajustable y su asignación a actividades ya se encuentra establecida, por lo que hay que plantear mediciones

y mejoramiento de recursos y métodos que no demanden una gran cifra monetaria.

ii) La metodología de la empresa se encuentra definida y, por tanto, los obreros encuentran adecuadas las actividades que realizan cotidianamente, lo que dificulta la ejecución inmediata de cambios con los trabajadores.

iii) La resistencia al cambio por parte de la dirección de la empresa constructora se torna una constante que inhibe las modificaciones radicales en el diseño del proyecto para la ejecución y desarrollo en el menor tiempo posible.

Considerando lo anterior, se toman en cuenta estos aspectos para no actuar de esta manera o, bien, para restar la prioridad que presentarían.

5. Conclusiones y futuras líneas de investigación

A partir de esta investigación se ha podido evidenciar que la metodología desarrollada validó el uso del factor de ajuste K en la programación de proyectos de edificios en altura para la región estudiada. Dicho factor es un índice de ajuste que responde a los cambios de las variables tanto internas como externas que afectan la industria de la construcción. Estas fueron evaluadas en el presente trabajo y validadas tanto por los expertos como por el tratamiento estadístico aplicado.

Lo anterior nos hace ver la necesidad de contar con la aplicación de este factor en las programaciones de los proyectos de edificación que presenten las características de altura para la región en estudio. Ello traerá a los dueños de los proyectos o inversionistas una mayor certeza de las fechas de término de sus

proyectos. Sin embargo, dada la información de los expertos, es posible extrapolar la aplicación del factor de ajuste K a cualquier proyecto de edificación en altura en otra región de nuestro país, solo se debería tener presente el ajuste de las variables propias de la región en aplicación.

Como futuro en la investigación presentada se ha planificado realizar un análisis geográfico de nuestro país, con el fin de establecer una zonificación de tipo socioeconómico que permita caracterizar las diferentes variables, tanto internas como externas, que afectan a la industria de la construcción, para así identificar y conocer una tabla con los diferentes rangos del factor K , con el objetivo de poder ser aplicado en todo el país.

Referencias

- Alfaro, R., Castro, V. y Romero, B. (2005). *Pronóstico Delphi*, s.l. Universidad de El Salvador.
- Campero, M. (2000). *Administración de proyectos civiles*. Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Chin, W. (1998). *Issues and Opinion on Structural Equation Modeling*, s.l. MIS Quartely.
- Contreras, G, O. y Kauer, R. (2013). *Determinación de las variables cualitativas como factores claves en la programación de los proyectos de edificación en altura, región Coquimbo, Chile*. Pucón: IV Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos.
- Contreras, O. (2012). Aplicación y análisis del modelo PERT/CPM modificado en la programación de la duración de las actividades en la construcción de edificios en altura en Coquimbo, Chile, s.l. Mar del Plata, Argentina: III Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos. *Iberoamerican Journal of Project Management*, 3(1). Recuperado de <http://journal.riipro.org/index.php/IJOPM/index>.

- Corral, Y. (2008). *Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos*, s.l.S.n.
- Cortina, J. (1993). *What is coefficient alpha? An examination of theory and applications*, s.l.S.n.
- Cuadras, C. (2014). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. Barcelona: CMC.
- El Inmobiliario. (2014). www.elinmobiliario.cl
- Frias, D. y Soler, M. (2011). *Prácticas del análisis factorial exploratorio en la investigación sobre conducta del consumidor y marketing*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Garza, M. (2006). *Modelo de indicadores de calidad en el ciclo de vida de proyectos inmobiliarios*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gefen, D. y Straub, D. (2005). *A Practical Guide to Factorial Validity using PLS-graph: Tutorial and Annotated Example*, s.l. Communication of the Association for Information System.
- George, D. y Mallery, P. (1995). *SPSS/PC+ step by step: A simple guide and reference*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- González, M. I., Donate, M., Guadamillas, F. y Alegre, J. (2014). *Relación entre el dinamismo percibido, postura tecnológica y los resultados de innovación*. España: Journal of Technology Management & Innovation.
- Hebson, R. (2001). *Understanding internal consistency reliability estimates: a conceptual primer on coefficient alpha*, s.l.S.n.
- Kottner, J. y Streiner, D. (2010). *Internal consistency and Cronbach's alpha: a comment on Beeckman et al*, s.l. International Journal of Nursing Studies.
- Landeta, J. (1999). *El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.
- Linstone, H. y Turrof, M. (1975). *The Delphi Method, techniques and applications*, s.l. Adison Wesley Publishing.
- Lledo, P. y Rivarola, G. (2007). *Gestión de proyectos, como dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos*. Buenos Aires: Prentice Hall y Pearson Education.
- Lucero, I. y Meza, S. (2006). *Validación de instrumentos para medir conocimientos*. Argentina: UNNE.
- Maurtua, D. E. (2006). *Criterios de selección de personal mediante el uso de AHP: Aplicación en la empresa Exotic Foods S.A.C*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Maurtua, D. E. (2006a). *Criterios de selección de personal mediante el uso de AHP: Aplicación en la empresa Exotic Foods S.A.C*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Muruais, J. y Sánchez, J. C. (2012). *Aplicación del método Delphi para identificar los factores claves de fidelización entre proveedor y cliente dentro de un sector eléctrico. Tecnologi@ y Desarrollo: SEPARATA, X*, pp. 1-15.
- Roman, D. y Danny, M. (2013). *Esquema para la identificación y análisis de factores de riesgos en tiempo y costos de proyectos IPC en Venezuela*. Venezuela: Universidad Metropolitana.
- Saaty, T. (1989). *The Analytical Hierarchy Process*, s.l. McGraw Hill.
- Sabbatino, D. E. (2011). *Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile*. Santiago: Universidad de Chile.
- Salkind, N. (1999). *Métodos de investigación*. Ciudad de México: Prentice.
- Torres, M. y Paz, K. (2002). *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*, s.l. Universidad Rafael Landívar.
- Varela, M., Bravo, L. y García, R. (2011). *Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud*. Ciudad de México: Elsevier.
- Villate, C. (2008). *La carrera técnica por ganar en el Skyline. Edificación en altura*, VIII, p. 61.
- Wallace, W. (2011). *Gestión de proyectos*. Edinburg: Heriot Watt University.