

Método de priorización para la identificación de los parámetros determinantes que generan los cambios de gran magnitud en los proyectos de construcción

A prioritisation technique to identify key parameters that generate large changes in construction projects

Gerardo Andrés Casas Rivera

✉ ga.casas54@uniandes.edu.co

Arquitecto, Universidad de los Andes, Colombia. Magíster en Construcción, Universidad Nacional de Colombia.

Herbert Giraldo Gómez

✉ hgiraldog@unal.edu.co

Ingeniero civil, Magíster en Construcción, Universidad Nacional de Colombia.

Resumen

La industria de la construcción ha desarrollado diversos métodos y modelos con el fin de mejorar la producción, disminuir las pérdidas y prevenir los cambios en los proyectos. Estos cambios se pueden originar por las contingencias de fuerza mayor, imprevisibles o previsibles, que están determinados por los parámetros generales de la construcción, y que por sus relaciones de influencia y dependencia, generan jerarquía entre ellos. Este artículo muestra un modelo de priorización para identificar los más determinantes, mediante la creación de una herramienta computarizada.

Palabras clave: parámetros, determinantes, cambios, proyectos, construcción, modelo.

Abstract

The construction industry has developed various techniques and models in order to improve production, reduce loss, and prevent project changes. These changes may have arisen from contingency plans determined by the general construction parameters, and by the relationships of influence and dependence that generate a certain order between them. This article shows a prioritisation technique to identify the most determinant techniques and models to improve production, through the creation of a computerised tool.

Key words: parameters, determinant techniques and models, changes, projects, construction, model.

Industria de la construcción

Industria y construcción

Desde la aparición del hombre hace miles de años, la constante que ha motivado el desarrollo de las creaciones de la humanidad ha sido la evolución del proceso o mejoramiento continuo. Este concepto tiene su auge a finales del siglo XIX y principios del XX, con modelos como los de Taylor, Ford, Fayol y otros autores que postularon nuevas metodologías desde el punto de vista administrativo, organizacional y del trabajador, que años después se transformaron en modelos como el de Toyota, que buscaba la eficiencia; el *lean management*, que identifica y elimina las pérdidas dando un flujo constante y rápido hacia el cliente, o la teoría de las restricciones (TOC), que identifica los cuellos de botella que entorpecen la producción.

Estas mejoras de la industria manufacturera permearon la construcción y generaron teorías como la ingeniería concurrente, la incorporación de nuevas tecnologías, la planificación global, el *Building Information Modeling* (BIM) o el *lean construction*, que buscan la eliminación de las actividades que no generen valor agregado a los procesos.¹ También, existen los temas de gestión de activos, de riesgos y análisis de criticidad, que apuntan al buen y correcto desarrollo del proyecto en distintas fases, siendo la gestión de activos más fuerte en los procesos de puesta en marcha y funcionamiento de proyecto. La gestión de riesgos los identifica, ponderiza y gestiona planes para mitigarlos o eliminarlos; entre tanto, el análisis de criticidad jerarquiza los posibles impactos en los proyectos para establecer una correcta toma de decisiones.

Por último, tenemos el concepto de *constructividad*, que es “la manera en la cual el diseño facilita su construcción”,² que en otras palabras es el estudio de los conflictos existentes entre el diseño y la construcción, y que son una de las causas importantes de pérdida de eficiencia y productividad en la industria.

Esta noción se relaciona con el tema de la constructabilidad que, a diferencia de la constructividad, no se centra en el diseño, sino en el proceso general de la construcción.³

Actualmente, en Colombia se ha incrementado el interés por la industrialización y las mejoras de los procesos, que permiten una mejor planeación, ejecución y control de los proyectos, no solo por ser la construcción uno de los indicadores del producto interno bruto, sino por la creciente concientización mundial de la conservación de los recursos, tanto humanos como naturales. Esto se evidencia en la utilización de técnicas para mejora de tiempos en un 83% de los casos y en el manejo de indicadores de desempeño y productividad, siendo el 24% técnicas del *lean construction*.⁴

Arquitecto y proyecto

En el postulado de la constructividad y constructabilidad, el proceso del proyecto desde su concepción hasta su desarrollo es llevado por un solo actor, el arquitecto, quien define qué se debe construir. Históricamente, el papel del arquitecto ha ido perdiendo varios campos de acción, debido a la creciente especialización del trabajo, y ello ha condensado su trabajo en proyectar y diseñar la edificación. En la figura 1 se observa esta evolución de la separación de las actividades en la industria de la construcción.

Esta especialización nos advierte que el arquitecto, de forma integral, debe tener el conocimiento de

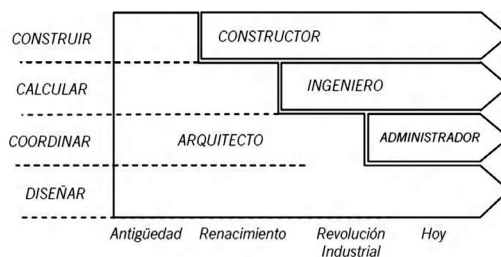


Figura 1. Evolución de la separación de las actividades. Fuente: Loyola Vergara y Goldsack Jarpa, *Constructividad y arquitectura*.

1 Otero Botero, *Construcción sin pérdida*.

2 Loyola Vergara y Goldsack Jarpa, *Constructividad y arquitectura*, XV.

3 Gould y Joyce, *Construction Project Management*.

4 Camacol, *Caracterización del sector de la construcción*.

las otras disciplinas para que en el momento de pasar el relevo del proyecto no se generen conflictos o problemas en la construcción. Tales relevos se evidencian en los diferentes actores del proyecto (*stakeholders*)⁵ que ingresan y salen del proyecto en sus diferentes etapas; los más relevantes son el gerente de proyectos, que abarca todo el proceso desde su concepción hasta su proceso de cierre, y el director de obra, que se encarga de la parte misma de la construcción. De este modo, el arquitecto entra en el proceso general como un actor más, el de diseñador, pero sus decisiones impactan todas y cada una de las fases del proyecto.

Así, definido el papel del arquitecto en la construcción como diseñador de cada fase del proyecto, iniciando con las ideas generales, pasando por la definición, la ejecución, puesta en funcionamiento y cierre, se empiezan a incrementar y requerir una serie de esfuerzos y recursos; por ello las fases iniciales son las de mayor precaución e intervención del arquitecto, pues es ahí donde se tiene la mayor oportunidad de lograr grandes impactos en el proyecto, pero con menores costos. En la figura 2 se ve la curva de costo e impacto de las decisiones de diseño.

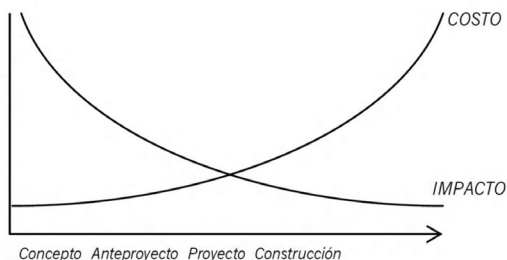


Figura 2. Curva de costo e impacto en las decisiones de diseño. Fuente: Loyola Vergara y Goldsack Jarpa, *Constructividad y arquitectura*.

Al ser el paso del diseño a la construcción el punto de quiebre donde se requiere el mayor esfuerzo y dedicación de parte del arquitecto, es decir, en la definición y detalles del proyecto, lugar donde las decisiones empiezan a tener una relevancia considerable en el costo, se realiza una comparación con lo estipulado en el Decreto 2090 del 13 de septiembre

de 1989, por el cual se aprueba el reglamento de honorarios para los trabajos de arquitectura. En este se observa cómo en este punto de definición de los detalles, los honorarios para la realización de este trabajo no son equiparables al volumen de entregables, y que son parte fundamental para el director de obra y gerente de proyectos, pues ahí se contem-

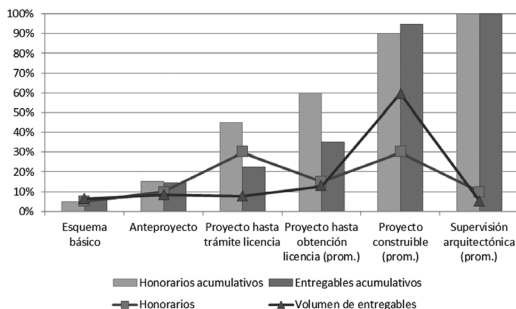


Figura 3. Relación entre honorarios de diseño y volumen estimado de entregables. Fuente: elaboración propia.

plan todas las definiciones de ejecución de la obra (fig. 3).

Por lo anterior, se quiere resaltar nuevamente el hecho de que el arquitecto debe tener un conocimiento integral de la construcción, pues sus diseños son un reflejo de las decisiones que se deben tomar en obra; por lo tanto, los detalles definen que tanto del conocimiento constructivo, de cálculo y de gestión se transfieren al diseño, para que al ser ejecutados no sufran cambios. Como lo indicaba el arquitecto Louis Kahn: “Un gran edificio debe comenzar con lo inconmensurable, luego someterse a medios mensurables, cuando se halla en la etapa de diseño, y al final debe ser nuevamente inconmensurable”,⁶ lo cual refleja el hecho de que el diseño debe ser una muestra de una realidad construible o un puente entre lo simbólico y lo material,⁷ de tal manera que los cambios se reduzcan al mínimo.

Cambios

En la industria y la construcción se controlan los cambios en tres temas vitales para los proyectos, el costo, el tiempo y el producto; en el caso de la construcción,

5 García Reyes, Echeverry Campos y Mesa Hernández, *Gerencia de proyectos*.

6 Sanz Botey, *Arquitectura en el siglo XX*, 116.

7 Styhre, *Managing Knowledge in the Construction Industry*.

el producto es la edificación. El cambio en sí mismo no es malo, ya que de por sí el cambio es inherente a los proyectos, sino que las condiciones que infieren a ese cambio pueden darse de forma positiva o negativa; y cuando es negativa, el cambio se toma como un factor que se debe disminuir o eliminar. Estos se pueden dar por tres razones, posibilidades, o como se indica en la literatura, contingencias de fuerza mayor, imprevistas y previsibles, que a su vez actúan en tres campos de acción: natural, económico y humano.⁸

Las contingencias imprevistas de fuerza mayor son aquellas situaciones de carácter extraordinario, como un terremoto. Las contingencias imprevistas son situaciones que tienen una mayor probabilidad de suceder y que afectarían la obra en un gran campo de acciones, como una fluctuación de precios de materiales; por último, las contingencias previsibles son aquellas situaciones altamente probables y que se pueden determinar con mayor precisión como las fechas festivas en el calendario.

Estas contingencias se pueden abarcar de diferentes maneras y en diferentes momentos, pero este artículo se centra y delimita en las contingencias previsibles, pues son las más básicas y se pueden incorporar de manera directa en los diseños, presupuestos y programaciones de obra. Por ejemplo, un proceso de excavación que se sabe de antemano que inicia con la temporada de lluvias, no implica que no se pueda realizar; por el contrario, al saber esta situación se pueden prever partidas presupuestales para motobombas u holguras en la programación, con el fin de evitar reprogramaciones o cargue en el capítulo de imprevistos, lo cual no es cierto, ya que las precipitaciones se podían saber con antelación.

Cabe recalcar que siempre existirán cambios, pero hay que hacer diferencia entre cambios de menor, media y mayor magnitud, pues los dos primeros hacen referencia a los que tienen un impacto bajo frente al proyecto y que se pueden solucionar de forma sencilla y rápida; mientras que los de gran magnitud son cambios que afectarán de forma global el proyecto y generaran alteraciones.

Construcción

El arquitecto, cuando origina el proceso de diseño; el director de obra, el de la construcción, y el gerente de proyectos del proyecto mismo, y teniendo en cuenta las contingencias previsibles, se remiten a diversas referencias para establecer las mejores decisiones acordes con los procesos de construcción. Estas se pueden hallar en manuales, normas, estándares, cartillas y procedimientos. Por lo general, miran de forma particular el proceso de construcción, ya que se centran en cada una de las fases o partes del proyecto, pero no miran en conjunto aquellos contextos generales en las que esas particularidades están inmersas. Estos condicionantes son los denominados parámetros generales de la construcción.

Parámetros

Listado de parámetros

Los parámetros generales son aquellos que determinan el desarrollo de una construcción indistintamente de la ubicación o tipo, ya que abarcan de forma global el concepto de la construcción y son las variables particulares de cada parámetro general las que identifican y caracterizan particularmente un proyecto, pues todos los proyectos son en principio únicos e irrepetibles.

En el documento *Constructividad y arquitectura* se hace referencia a 22 parámetros que fueron sintetizados en la investigación de los autores, y adicionalmente se incorporan otros 2 parámetros relativos a la constructabilidad, hallados en otras bibliografías, y constituyen los 24 parámetros generales de la construcción: terreno, servicios e infraestructura, accesibilidad, clima, normatividad, seguridad, tolerancias, concepto del proyecto, tiempos, sistema contractual, coordinación, comunicación, mano de obra, herramientas, materiales, espacio interior, simplicidad, estandarización, modularización, flexibilidad, prefabricación, premontaje, procedimientos constructivos y secuencias constructivas.

8 Suárez Salazar, *Costo y tiempo en la edificación*.

Clasificación

Establecidos los parámetros, se procede a darles una organización en la que los actores del proyecto puedan abarcarlos de manera sencilla y aprehensible planteando una organización basada en el proceso mismo del desarrollo de los proyectos, es decir, del concepto al cierre de la construcción.

En primer lugar, se toman aquellos parámetros que hacen parte del acercamiento inicial al proyecto y que, de por sí, son los que determinan el esquema inicial de diseño, y a estos los denominamos *entorno*. Luego se deben incorporar los parámetros mismos de la construcción y son los que enmarcan las labores de ejecución del proyecto, los cuales denominamos *obra*. Por último, introducimos los conceptos de mejora de la industria, a los que denominaremos *planeación*. En la figura 4 se ve el núcleo de parámetros.

De esta organización básica se empiezan a generar relaciones entre cada uno de los temas del proyecto y se deberá identificar cuál de ellos es el más determinante según la construcción.

Parámetros

Los núcleos de parámetros se han establecido con el fin de agruparlos por sus similitudes de temas y variables, e incluirlos dentro del proceso de diseño,

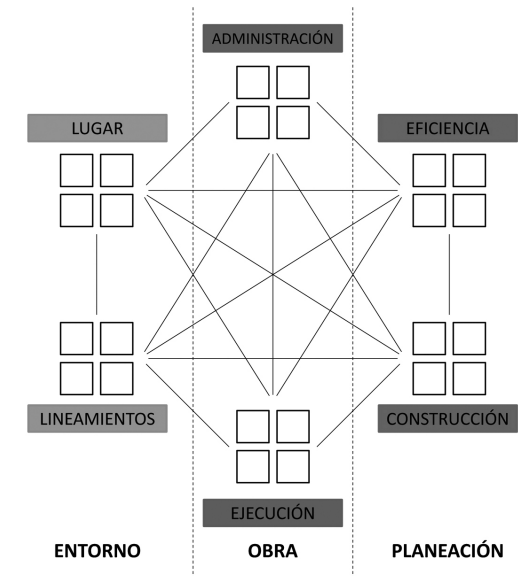


Figura 4. Núcleo de parámetros. Fuente: elaboración propia.

pues como se ha establecido son las variables particulares las que definen la individualidad de un proyecto de construcción. Por ejemplo, el clima es un parámetro general de la construcción, aplicable en cualquier contexto del mundo, ya sea en una ciudad como Bogotá, Nueva York o Tokio, pero son las variables particulares, como su altitud, humedad, radiación solar, etc., las que definen la interrelación entre los demás parámetros (tabla 1).

Tabla 1. Parámetros generales

Entorno	Lugar							
	01	Terreno	02	Servicios e infraestructura	03	Accesibilidad	04	Clima
	Lineamientos							
	05	Normatividad	06	Seguridad	07	Tolerancias	08	Concepto del proyecto
Obra	Administración							
	09	Tiempos	10	Sistema contractual	11	Coordinación	12	Comunicación
	Ejecución							
	13	Mano de obra	14	Herramientas	15	Materiales	16	Espacio interior
Planeación	Eficiencia							
	17	Simplicidad	18	Estandarización	19	Modularización	20	Flexibilidad
	Construcción							
	21	Prefabricación	22	Premontaje	23	Procedimientos constructivos	24	Secuencias constructivas

Fuente: elaboración propia.

Entorno

El entorno agrupa los parámetros que tienen que ver con el sitio, de forma física y virtual, y son los que indican las condiciones dadas del sitio del proyecto para comenzar con el diseño y la construcción. Este tema se divide en dos grandes núcleos: lugar y lineamientos.

Obra

Son parámetros inherentes a la labor de construcción propiamente dicha. Estos se encuentran dentro de las consideraciones físicas y de orden gerencial o administrativo. Está dividido en dos grandes núcleos: administración y ejecución.

Planeación

Es el tema que comprende la optimización de la obra, en la cual se deben mejorar los procesos y hacerlos cada vez más efectivos y óptimos para su realización. La planeación tiene dos núcleos: la eficiencia y la construcción.

Método de priorización

Parámetros determinantes

Los parámetros son un grupo de factores y variables que hacen particular cada edificación y que pueden llegar a determinar un posible cambio en el proyecto. Por sí solos, no determinan el cambio, sino sus relaciones e interacciones entre ellos, ya que a priori no se puede establecer cuál de ellos es más relevante, pues al ser cada proyecto particular, el parámetro determinante de la misma forma se establece como particular. Por ejemplo, la precipitación en un trabajo de pintura exterior se vuelve relevante, pero si se tiene en cuenta la lluvia para el sistema contractual, empieza a perder relevancia. Por esta razón, se deben identificar cuáles son los parámetros determinantes de un proyecto dado.

Primero se debe definir qué es determinante: aquel que fija los términos de algo;⁹ en este caso es un pa-

rámetro que se distingue entre los demás para establecer su jerarquía de relevancia dentro del proyecto. Para esto debe cumplir dos condiciones: 1) debe influenciar a los demás, debido a su carácter de relevancia, adicional al hecho de que fija los términos de esos parámetros, y 2) debido a que debe fijar los términos del conjunto, tiene que ser el referente de otros parámetros para que estos tengan sentido, que en otras palabras, es que debe ser influenciado.

Así, estos parámetros deben interrelacionarse como un conjunto, el cual se puede definir con el concepto de sistema, que es el "conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto".¹⁰ De tal manera se debe entender que este sistema sigue principios establecidos en la teoría general de sistemas (TGS), como búsqueda de objetivos, insumos y productos, totalidad, transformación, entropía, equifinalidad, regulación, diferenciación, interrelación y jerarquía.¹¹ Por este motivo se debe establecer un modelo de priorización de parámetros que identifique el más determinante e indique el que posiblemente origine un cambio de gran magnitud.

Relaciones entre parámetros

Al establecer una relación desde el primer parámetro hasta el último, indicando un orden entre ellos, este tipo de relación se denomina *permutación con repetición*,¹² y es definida con la fórmula n^r , donde n son los elementos de donde se puede elegir y r es la cantidad de los elementos que se van a escoger; es decir, si tuviéramos solo una variable en cada parámetro, tendríamos solo una relación posible ($1^{24} = 1$), que es equivalente a decir que la relación existente entre los parámetros al mismo tiempo es solo uno. Con dos variables serían 16'777.216 posibilidades, y con 10 el resultado sería de 10^{24} o 10 yottas, o en escala larga a unos 10 cuatrillones de posibilidades (10^{24} 00.000'000.000'000.000'000.000). Con este resultado, se observa que la cantidad de posibles relaciones se vuelve impráctica de manejar y al final no indica cuál es más determinante. Por esto se debe establecer una forma de crear relaciones entre los parámetros, pero obteniendo resultados manejables.

9 Larousse, *Gran enciclopedia Larousse*.

10 Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española*.

11 INEI, "¿Qué es la teoría general de sistemas?".

12 Lipschutz, *Probabilidad*.

Para esto se toma el modelo de combinaciones con repeticiones, o el principio del juego de dominó, que a partir de un número finito se obtienen un número reducido de relaciones, o fichas, y con todas las fichas se puede comprender el todo (fig. 5).

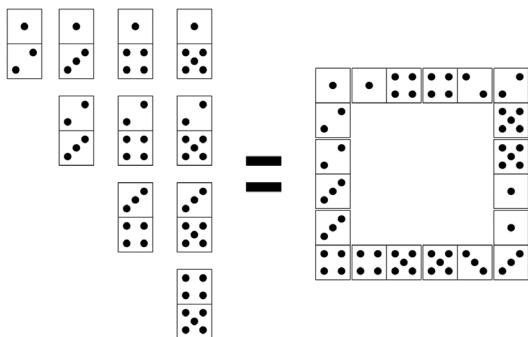


Figura 5. Fichas de dominó. Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, si tomamos cada número del juego de dominó y lo relacionamos con un parámetro, es decir, 24 números, obtenemos 276 posibles combinaciones o fichas, con lo cual se cumple el primer criterio para establecer un método de priorización que es obtener un número reducido de posibles resultados.

Método de priorización

Una vez establecida la forma de relacionar los parámetros, se debe hacer hincapié en el hecho de que al reducir el número de posibles relaciones, las variables inmersas en cada parámetro deben ser buscadas y estudiadas por cada uno de los actores que intervienen en el proyecto, a fin de sopesar todas las posibles variables que determinan una construcción. Por ejemplo, en el parámetro de clima se deben considerar todas las variables, por ejemplo, precipitaciones, humedad, temperatura, presión atmosférica, viento, etc.

Adicionalmente, se puede observar que cada combinación o ficha del modelo establece una relación uno a uno, dejando de lado los demás parámetros; esto tiene como objetivo el no distorsionar la relación dada entre los dos parámetros analizados por

las consideraciones de otros parámetros, ya que estos serán analizados posteriormente. A este concepto se le denomina *ceteris paribus* o *con todo lo demás constante*, es decir, establecer solo una relación y definir su tipo de interacción sin que las demás relaciones las afecte.

Desde este punto de vista, se debe plantear un modelo que determine la jerarquía de cada uno de los parámetros, y por tal razón se utiliza el *método de priorización de variables basado en matrices*.¹³ Este modelo establece una forma de organizar los parámetros según la relación de dependencia e influencia.

Para utilizar este modelo se utiliza la matriz de parámetros, las relaciones uno a uno (fichas de dominó), y un tercer insumo que es una escala de influencia, establecida de forma determinística en una escala de máximo, medio y mínimo (tabla 2).

Tabla 2. Escala de relaciones de influencia

Tipo de relación	Valor numérico	Descripción
Alta o muy influyente	2	Cuando el parámetro que está influenciando, afecta, cambia o modifica en la totalidad o mayoría de las variables (> 70%) del parámetro influenciado.
Media o poco influyente	1	Cuando el parámetro que está influenciando afecta, cambia o modifica una gran parte de las variables (70%-30%) del parámetro influenciado, sin llegar a la totalidad.
Baja o nada influyente	0	Cuando el parámetro que está influenciando, afecta, cambia o modifica muy pocas variables o en algunos casos no hay relación alguna entre el parámetro influenciado (< 30%).

Fuente: elaboración propia.

Al establecer la relación uno a uno, se debe hacer por el conjunto total de las variables contenidas en el parámetro y no en la individualidad de cada variable, es decir, no se hará una relación uno a uno entre variables; es necesario interpretar todo el conjunto de variables del parámetro y contrastarlas contra todas las variables del otro parámetro, dándole un puntaje según las descripciones dadas por el rango de escala de relaciones de influencia.

13 UPLA, "Método de priorización de variables basado en matrices".

Con la escala de influencia se debe diligenciar la matriz de priorización, que busca la contrastación de cada parámetro dentro del conjunto general, confrontando cuanto de X parámetro influye en Y parámetro. En la tabla 3 se ejemplifican las relaciones de influencia entre parámetros y la figura 6 muestra la matriz de priorización con cuatro supuestas variables (A, B, C y D).

Tabla 3. Ejemplo de relaciones de influencia entre parámetros

P.	influye	P.	valor
A	influye	B	2
A	influye	C	1
A	influye	D	0

P.	influye	P.	valor
B	influye	A	1
B	influye	C	0
B	influye	D	1

P.	influye	P.	valor
C	influye	A	0
C	influye	B	1
C	influye	D	0

P.	influye	P.	valor
D	influye	A	1
D	influye	B	2
D	influye	C	1

Fuente: UPLA, "Método de priorización de variables basado en matrices".

		Dependencia – Eje X				Σ
		A	B	C	D	
Influencia – Eje Y	A		2	1	0	3
	B	1		0	1	2
	C	0	1		0	1
	D	1	2	1		4
Σ		2	5	2	1	

Figura 6. Matriz de priorización con cuatro supuestas variables (A, B, C y D). Fuente: UPLA, "Método de priorización de variables basado en matrices".

Con los valores se realiza una sumatoria por columna y por fila, a fin de obtener valores de X y Y (coordenadas) y de ilustrarlas en el plano cartesiano con un punto medio relativo de la nube de puntos dada por la matriz de priorización (fig. 7).

Luego se hace un desplazamiento desde el (0,0) relativo al (0,0) absoluto para crear cuadrantes con valores negativos y positivos, los cuales se utilizarán para identificar los parámetros determinantes (fig. 8).

Al realizar este procedimiento, se observa que los parámetros se localizan en alguno de los cuatro cuadrantes, y cada cuadrante representa una característica particular para cada uno de los parámetros

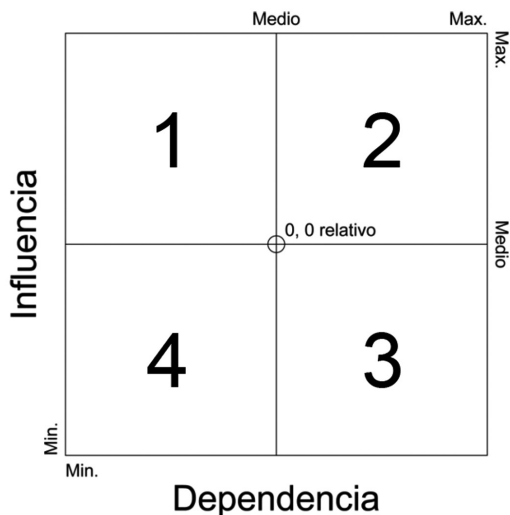


Figura 7. Cuadrantes de la gráfica de coordenadas. Fuente: elaboración propia.

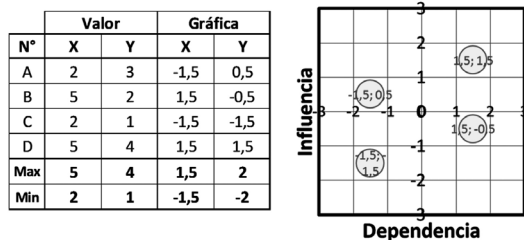
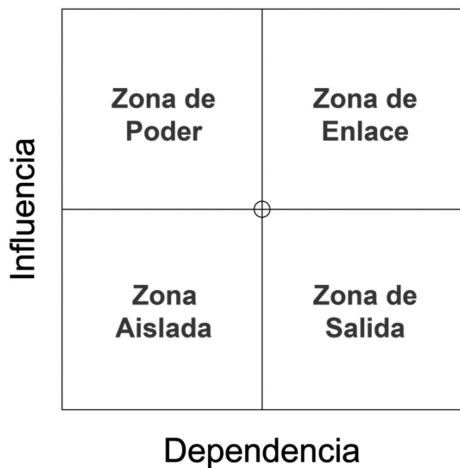


Figura 8. Coordenadas relativas y coordenadas absolutas para los parámetros del ejemplo (A, B, C y D). Fuente: elaboración propia.

establecidos dentro de ellos, los cuales se describen a continuación y se diagraman en la figura 9:

- Los parámetros que son muy influyentes, pero poco dependientes, están en la zona de poder, y se debe a que es muy relevante dentro del proceso del proyecto, pero no establece relaciones de dependencia con los demás.
- Los parámetros que son muy influyentes y muy dependientes se establecen en la zona denominada de enlace, debido a las relaciones que crean entre los parámetros que influye y del cual es influenciado.
- Los parámetros muy dependientes y poco influyentes se ubicarán en el cuadrante de la zona de salida, ya que al ser dependientes de los demás, estos se resuelven por defecto al solucionar los parámetros ubicados en la zona de poder y de enlace.

– Por último, los parámetros que no generan relaciones de dependencia, ni de influencia, se encuentran ubicados en la zona aislada.



Teniendo en cuenta este resultado de enlaces y relaciones entre los parámetros y las definiciones dadas sobre los parámetros determinantes, podemos inferir que aquellos puntos que se localicen dentro del cuadrante de la zona de enlace son los parámetros determinantes en los proyectos de construcción y que pueden generar, dentro de las contingencias previsibles, los mayores cambios o de gran magnitud en el proceso de ejecución de la edificación. En nuestro ejemplo, estaríamos indicando que el parámetro D es el determinante para el proyecto.

Herramienta computarizada

Modelo como herramienta

Establecido el método de priorización, este se utiliza para generar una herramienta computarizada que se alimenta de los 24 parámetros mencionados. Ello genera las 276 relaciones posibles en los dos sentidos, de A a B y de B a A (fig. 10).

Tema Núcleo	Entorno								Obra								Planeación								
	Lugar				Lineamientos				Administración				Ejecución				Eficiencia				Construcción				
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
01 Terreno		2	0	0	1	1	0	1	2	2	1	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	0	1	0	21
02 Servicios e infraestructura	1		1	0	2	1	0	2	1	1	0	2	1	0	2	1	0	0	1	1	2	2	0	1	22
03 Accesibilidad	1	1		1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	25
04 Clima	0	2	2		2	2	0	1	1	0	2	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	28
05 Normatividad	2	0	2	1		1	0	1	2	2	1	1	1	0	2	2	2	0	1	2	1	2	2	1	29
06 Seguridad	0	0	0	1	0		1	2	0	0	0	2	1	0	2	1	1	0	2	1	0	2	1	0	17
07 Tolerancias	1	1	1	1	0	1		1	0	1	0	1	2	2	2	0	2	2	2	1	1	1	1	1	25
08 Concepto del proyecto	2	2	2	0	2	0	2		1	1	0	2	2	1	1	1	0	0	2	2	2	1	1	1	26
09 Tiempos	2	0	0	2	2	1	2	2		1	1	1	2	2	1	0	2	1	0	1	0	1	1	2	27
10 Sistema contractual	1	2	0	1	0	2	2	2	2		2	1	0	2	0	0	2	2	2	0	1	0	0	0	24
11 Coordinación	1	1	0	0	1	1	1	2	2	0		1	2	0	2	0	2	2	2	1	1	2	1	2	26
12 Comunicación	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	1		0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	1	0	16
13 Mano de obra	2	2	2	2	1	2	1	0	2	1	2	0		2	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1	28
14 Herramientas	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0		1	1	1	1	1	2	2	1	0	1	19
15 Materiales	0	0	1	1	2	0	0	1	2	0	2	0	2	2		1	0	1	0	1	0	1	0	1	18
16 Espacio interior	2	2	0	1	2	2	1	0	2	1	2	1	1	2	2		0	1	1	1	0	1	1	1	27
17 Simplicidad	1	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	2	2	2		1	1	2	0	0	1	1	18
18 Estandarización	0	0	0	2	0	1	1	0	2	1	1	1	2	2	2	2	2		1	1	1	1	1	1	25
19 Modularización	2	1	0	1	1	0	0	1	2	0	1	2	2	0	2	2	0	2		2	2	2	2	2	29
20 Flexibilidad	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	2	1	2	0	2	2	0	2	0		2	2	1	1	33
21 Prefabricación	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	0	0	0	1		0	1	2	34
22 Premontaje	1	0	0	1	2	0	2	2	2	0	1	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2		2	2	29
23 Procedimientos constructivos	1	2	0	1	2	2	0	2	2	0	0	2	2	2	2	2	0	0	2	2	1		2	31	
24 Secuencias constructivas	1	2	0	0	1	2	2	2	1	1	0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	0	0		0	26
	25	24	16	21	27	26	22	31	36	17	23	26	31	27	35	25	21	21	30	27	23	23	25		

Figura 10. Herramienta computarizada con los 24 parámetros. Fuente: elaboración propia de la herramienta computarizada y valores aleatorios.

La herramienta diligencia las tablas de coordenadas necesarias para la graficación, aislando parámetro por parámetro los valores dados en las sumatorias y los organiza para su fácil comprensión, resaltándolos mediante un proceso de valores lógicos. En la figura 11 se observan los parámetros generales para la ejecución de proyectos.

Esta tabla organiza los parámetros con las sumatorias y su posterior conversión a valores negativos y positivos para luego registrar mediante una conjunción lógica aquellos parámetros que se encuentran en la zona de enlace de nuestro modelo, para identificarlos como determinantes. En la figura 12 se muestra la gráfica de identificación de los parámetros determinantes que salen del ejemplo que se está realizando.

Parámetros	N°	Valor		Gráfica		
		X	Y	X	Y	
01 Terreno	01	25	21	●-1	●-4	●-1
02 Servicios e infraestructura	02	24	22	●-2	●-3	●-1
03 Accesibilidad	03	16	25	●-10	● 0	●-1
04 Clima	04	21	28	●-5	● 3	●-1
05 Normatividad	05	27	29	● 1	● 4	● 1
06 Seguridad	06	26	17	● 0	●-8	●-1
07 Tolerancias	07	22	25	●-4	● 0	●-1
08 Concepto del proyecto	08	31	26	● 5	● 1	● 1
09 Tiempos	09	36	27	●10	● 2	● 1
10 Sistema contractual	10	17	24	●-9	●-1	●-1
11 Coordinación	11	23	26	●-3	● 1	●-1
12 Comunicación	12	26	16	● 0	●-9	●-1
13 Mano de obra	13	31	28	● 5	● 3	● 1
14 Herramientas	14	27	19	● 1	●-6	●-1
15 Materiales	15	35	18	● 9	●-7	●-1
16 Espacio interior	16	25	27	●-1	● 2	●-1
17 Simplicidad	17	21	18	●-5	●-7	●-1
18 Estandarización	18	21	25	●-5	● 0	●-1
19 Modularización	19	21	29	●-5	● 4	●-1
20 Flexibilidad	20	30	33	● 4	● 8	● 1
21 Prefabricación	21	27	34	● 1	● 9	● 1
22 Premontaje	22	23	29	●-3	● 4	●-1
23 Procedimientos constructivos	23	23	31	●-3	● 6	●-1
24 Secuencias constructivas	24	25	26	●-1	● 1	●-1
Max		36	34	10	9	
Min		16	16	-10	-9	

Figura 11. Parámetros generales para la ejecución de proyectos. Fuente: elaboración propia de la herramienta computarizada.

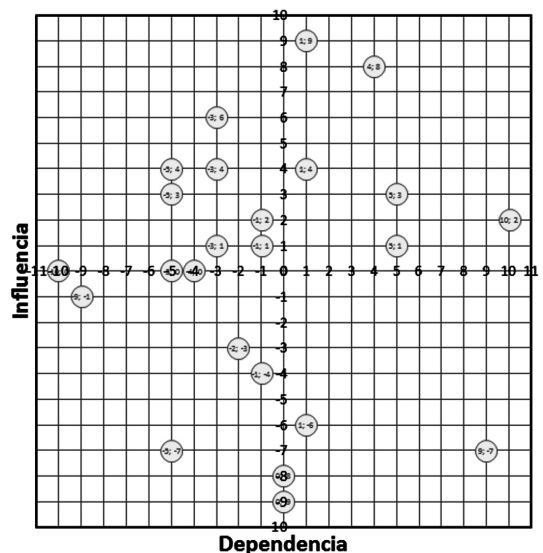


Figura 12. Identificación de los parámetros determinantes que salen del ejemplo. Fuente: elaboración propia de la herramienta computarizada.

Resultados

La industria de la construcción ha producido diversos procesos de mejora en los elementos que influyen en las construcciones y que determinan su proceso de ejecución. Ello ha mostrado cómo se puede mejorar la producción y disminuir los cambios que se generan en los proyectos, pero aun con esto es necesario establecer los parámetros que determinan estos procesos y que están presentes en los proyectos de construcción.

Esta investigación establece y organiza en una matriz general los parámetros de construcción, que está dividida en tres grandes temas, con seis núcleos y cuatro parámetros en cada uno. Así logra un total de veinticuatro parámetros presentes en los proyectos de construcción y que generan las dinámicas y los posibles cambios en el proceso de ejecución de proyectos, aplicables a cualquier contexto.

Esta matriz es importante resaltarla, por su importancia como lista de chequeo antes de que inicie la construcción, pues es el punto límite entre costo e impacto, ya que establece de forma estructurada un acercamiento al conocimiento general del proyecto que tienen a cargo los tomadores de decisión en los proyectos de construcción, como lo es el arquitecto, el director de obra y el gerente de proyectos.

Con la matriz se utilizó un modelo de priorización con el cual se pudo establecer cuáles son los más determinantes según su influencia y dependencia. Estas relaciones son de gran importancia, de tal manera que gran parte del conocimiento del proyecto no solo se da por la obtención de la información, sino por la aprehensión misma de las relaciones que se dan por esos diferentes parámetros.

Con el modelo establecido se realizó una herramienta computarizada, con el cual se pueden identificar cuáles son los parámetros que determinan un tipo específico de proyecto, teniendo como base la información recopilada, organizada y analizada. El logro de esta herramienta es la de facilitar su implementación en un proyecto determinado, sin tener que realizar la matriz cada vez que se requiera ejecutar el modelo, de tal forma que sea útil y práctica para un profesional de la construcción.

La herramienta generada sirve para analizar los parámetros dados en un tipo específico de proyecto, pero los resultados tienen como función guiar y alertar sobre posibles cambios que se pueden presentar, y son los tomadores de decisión los que deben generar acciones para responder ante estas alertas. Ya sea el caso del arquitecto cuando modifica el diseño, el director de obra en una matriz de riesgos alimentada por el modelo de priorización o el gerente de proyectos cuando evalúa impactos futuros que se puedan dar. Son estas acciones las que dan validez y relevancia al modelo.

Conclusiones


Es relevante e importante el rol de arquitecto dentro del proceso general de la construcción, pues es quien define el proyecto y, a su vez, es el actor que incide directamente en el paso del diseño a la construcción. El arquitecto debe ser una persona íntegra dentro del contexto de la construcción, ya que su rol le exige amplios y suficientes conocimientos en cálculos estructurales o ingenieriles, construcción, administración o gerencia de proyectos, sin que esto implique que desarrolle estos temas; por el contrario, debe ser un facilitador para los especialistas a través del diseño, que es su rol específico dentro de la construcción.

De esta manera, se plantea la posibilidad de revisar en otras investigaciones la incidencia del arquitecto y su conocimiento en la construcción. También se sugiere la revisión de los diversos currículos de diferentes universidades para establecer el grado de conocimiento constructivo que se imparte en los nuevos arquitectos, a fin de determinar cuál es su impacto en la construcción y su desenvolvimiento profesional.

En la matriz de parámetros se plantea para nuevas investigaciones la recopilación de variables que se puedan aplicar a otro tipo de contextos.

En cuanto al modelo de priorización, se plantea la posibilidad de crear uno nuevo o modificar el existente, con el objetivo de usarlo en otras etapas del proyecto que no se contemplaron en esta investigación, como la fase construcción o la de la entrega del proyecto.

En el tema de los parámetros determinantes, se podría realizar una investigación acerca de aquellos tipos de parámetros reiterativos en ciertos tipos de proyectos bajo unas circunstancias establecidas, con lo cual es posible crear teorías generales sobre estos proyectos, ya sea por medio de estudios de diversos casos o por la realización de modelos estadísticos.

Por último, del modelo de priorización y la gráfica de puntos puede plantearse el análisis de los otros tres cuadrantes o zonas de la matriz (zona de poder, de salida y aislada), y generar conclusiones de la relevancia de los parámetros ubicados en estos lugares. 

Bibliografía

Botero Botero, Luis Fernando. *Construcción sin pérdida*. Bogotá: Biblioteca Construdata-Legis, 2006.

Camacol (Cámara Colombiana de la Construcción). *Caracterización del sector de la Construcción*. Bogotá, 2012.

García Reyes, Jorge, Diego Echeverry Campos y Harrison Mesa Hernández. *Gerencia de proyectos*. Bogotá: Ediciones Uniandes, 2013.

Gould, Frederick E. y Nancy E. Joyce. *Construction project management*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2003.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). "¿Qué es la teoría general de sistemas?". 2012. <http://www.inei.gob.pe> (último acceso: agosto de 2012).

Larousse. *Gran enciclopedia Larousse*. Barcelona: Planeta, 1973.

Lipschutz, Seymour. *Probabilidad*. México: McGraw-Hill, 1992.

Loyola Vergara, Mauricio y Luis Goldsack Jarpa. *Constructividad y arquitectura*. Santiago: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, 2010.

Presidencia de la República de Colombia. "Decreto 2090 de 1989, por el cual se aprueba el reglamento de honorarios para los trabajos de arquitectura". *Diario Oficial* del 13 de septiembre de 1989.

RAE (Real Academia Española). *Diccionario de la lengua española*. 2001. <http://www.rae.es/rae.html> (último acceso: agosto de 2012).

Sanz Botey, José Luis. *Arquitectura en el siglo XX: la construcción de la metáfora*. Madrid: Literatura y Ciencia, 1998.

Styhre, Alexander. *Managing Knowledge in the Construction Industry*. New York: Spon Press, 2009.

Suárez Salazar, Carlos Javier. *Costo y tiempo en la edificación*. México: Limusa, 2005.

UPLA (Universidad Peruana de Los Andes), Oficina Universitaria de Planeación. "Método de priorización de variables basado en matrices". 2010. [http://www.planificacion.upla.edu.pe/porta/images/REFLEXIONES/METODOPARAPONDERARGECYT\(conf\).pdf](http://www.planificacion.upla.edu.pe/porta/images/REFLEXIONES/METODOPARAPONDERARGECYT(conf).pdf) (último acceso: 27 de julio de 2012).