

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DEL
PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO PARA LA
SUBCONTRATACIÓN EN OBRAS DE EDIFICACIÓN.

Memoria de titulación presentada por
PATRICIO GABRIEL MIRANDA NORAMBUENA

Como requisito parcial para optar al título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
SERGIO ALEJANDRO CARMONA MALATESTA

JULIO 2022

AGRADECIMIENTOS.

Dedicado a mis padres Sergio y Carolina, y a mis hermanas, Valentina y Paloma, gracias a su comprensión y apoyo fui capaz de empezar y terminar este proceso.

A mis amigos. Álvaro, Cristóbal, Fernanda, Guillermo, Javier, y Luis, por haberme acompañado incondicionalmente.

Y a Dios, por haber puesto a cada uno de ustedes en mi camino.

RESUMEN.

Debido a la variada naturaleza de las faenas involucradas en un proyecto de construcción, este sector de la economía se caracteriza por utilizar ampliamente la subcontratación, alcanzando en 2019, el 25% del total de subcontratación a nivel nacional de acuerdo con la encuesta nacional laboral (ENCLA, 2019). Sin embargo, en la mayoría de los casos, los criterios de selección de los subcontratistas se basan solamente en factores de costos o criterios de naturaleza netamente cuantitativa, y sin aplicar criterios lógicos que lleven a una selección basada en un análisis racional multivariable, especialmente en proyectos de mediana y pequeña envergadura.

En los años 70, Thomas L Saaty, diseñó el proceso analítico jerárquico (AHP), un proceso multivariable que permite desarrollar y aplicar encuestas de percepción a informantes claves, expertos en su área, a través de una escala de valores estandarizadas, recopilando sus valoraciones al enfrentar dos alternativas a la vez, para poder ajustar, discriminar y evaluar las distintas opciones según los resultados obtenidos.

En esta memoria se propone aplicar el método AHP en la toma de decisiones en un proceso de subcontratación en la construcción, que incorpora las valoraciones y la experiencia de expertos en conjunto con los factores económicos y técnicos.

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que el AHP es un método efectivo para determinar los criterios más influyentes al momento de elegir qué opción subcontratar, y con ello, tomar la mejor decisión según las necesidades de quien contrata.

ABSTRACT.

Due to the varied nature of the tasks and duties involved in a construction Project, this economic sector is characterized by the extensive use of outsourcing, reaching in 2019, 25% of the total outsourcing at the national level according to the national labor survey (ENCLA, 2019). However, in most cases, the criteria for selection of outsourcings are based only on economic factors, or purely quantitative criteria, and without applying logical criterion that can lead to a selection base don a multivariable rational análisis, especially in small and médium projects.

In the 70s, Thomas L Saaty, designed the Analytic Hierarchy Process (AHP), a mutivariable process that allows the development and application of perception surveys to a specialized professional, experts in their área, throusg a standardized scale of values, collecting their evaluations when facing two alternatives at the same time, to be able to adjust, discriminate and evaluate the different options according to the results obtained.

In this report it is proposed to apply the AHP method in decision-making in a construction subcontracting process, which incorporates the valuations and experience of experts in conjunction with economic and technical factors.

From the results obtained, it can be concluded that the AHP is an effective method to determine the most influential criteria when choosing which option to outsource, and with it, make the best decision according to the needs of the person who hires.

ÍNDICE.

ÍNDICE GENERAL.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.	10
1.1 Justificación y contexto.	10
1.2 Objetivo general.	11
1.3 Objetivos específicos.	11
1.4 Estructura de la memoria.	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	13
2.1 Introducción.	13
2.2 Subcontratación.	13
2.2.1 Ley 20.123.	14
2.3 Métodos de elección multicriterio.	16
2.3.1 Proceso analítico jerárquico.	16
2.3.2 Validez de contenido y juicio de expertos.	20
Guía para la realización de un juicio de expertos.	21
CAPÍTULO III. DETALLE DE LA METODOLOGÍA.	23
3. 1 Introducción.	23
3.2 Definición del problema.	23
3.3 Estructuración del problema.	24
3.4 Obtención de la información.	25
3.5 Validación de experto.	26
3.6 Criterios, subcriterios y encuesta definitiva.	27
3.7. Resultados de encuesta y media geométrica.	27
3.8 Construcción de matrices de comparación.	28
3.9 Manejo de datos y síntesis de matrices:	29
3.10 Prueba de consistencia.	30
Capítulo IV. Desarrollo de la metodología.	32
4.1 Antecedentes del caso.	32
4.1.1 Antecedentes de la licitación.	32
4.1.2 Detalles de la oferta.	32

4.2 Deconstrucción jerárquica del caso.	34
4.3 Diseño y elaboración de la encuesta.	36
4.4 Evaluación de la encuesta.	38
4.5 Aplicación de la encuesta.	42
4.6 Resultados de la encuesta.	43
4.6.1 Resultados de encuesta de subcriterios.	43
4.6.2 Resultados de encuesta empresas.	44
4.7 Síntesis y manejo de datos.	47
4.7.1 Creación de la matriz de datos – evaluación de subcriterios.	47
4.7.2 Prueba de consistencia de Saaty.	50
4.7.2 Creación de la matriz de datos – evaluación de empresas.	51
4.7.3 Normalización de matrices.	53
4.7.4 Prueba de consistencia de Saaty.	56
CAPÍTULO V. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	60
5.1 Pesos globales, locales y totales de cada alternativa.	60
5.2 Representación jerárquica del peso de cada criterio.	63
5.3 Decisión final.	64
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.	69
VII. BIBLIOGRAFÍA.	71
VIII. ANEXOS.	74
Anexo A: Formato de encuesta para definir subcriterios.	74
Anexo B: Resultados encuesta definición de subcriterios.	75
Anexo C: Formato de encuestas comparación de subcriterios.	75
Anexo D: Resultados encuesta comparación criterios y media geométrica.	77
Anexo E: Formato de encuesta comparación entre empresas.	82
Anexo F: Resultado encuestas comparación de empresas y media geométrica.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de valoración de Saaty.	18
Tabla 2. Índices de razón de consistencia. Saaty (1980)	31
Tabla 3: Resultados encuesta criterios a evaluar.	34
Tabla 4: Resultados validación de experto de la construcción.	39
Tabla 5: Resultados validación de experto psicología.	40
Tabla 6: Resultados de encuesta condensados.	43
Tabla 7: Resultados de encuestas empresa / empresa.	44
Tabla 8: Peso de cada criterio.	49
Tabla 9, promedio de indicadores.	50
Tabla 10: Pesos locales, globales y totales.	61
Tabla 11: Empresa X (columnas) Sobre empresa Y (filas), comparación porcentual.	64
Tabla 12: Pesos de cada criterio según contratante.	67
Tabla 13: Peso total considerando las preferencias del mandante.	67

ÍNDICE DE ECUACIONES.

<i>Ecuación 1: Justificación matemática del método.</i>	19
Ecuación 1.1	19
Ecuación 1.2	19
Ecuación 1.3	19
Ecuación 1.4	20
<i>Ecuación 2: Normalización de datos.</i>	29
Ecuación 2.1	29
Ecuación 2.2	29
Ecuación 2.3	29
<i>Ecuación 3: Peso de cada criterio.</i>	30
<i>Ecuación 4: Índice de consistencia:</i>	31
<i>Ecuación 5: λ_{max}:</i>	31

ÍNDICE DE ESQUEMAS.

Esquema 1: Estructuración jerárquica del problema. Elaboración propia.....	24
Esquema 2: Jerarquización del problema presentado.....	35
Esquema 3: Representación jerárquica del peso de cada criterio.	63

ÍNDICE DE MATRICES.

Matriz 1: Ejemplo de datos ordenados en la matriz recíproca. Elaboración propia...28	
Matriz 2: Ejemplo de matriz normalizada. Elaboración propia.	29
Matriz 3: Matriz datos reales.	47
Matriz 4: Matriz normalizada datos reales.....	48
Matriz 5: Matrices de comparación de empresas según criterio.	51
Matriz 5.1: Eficiencia.	51
Matriz 5.2: Eficacia.	51
Matriz 5.3: Experiencia.	52
Matriz 5.4: Costos	52
Matriz 5.5: Imprevistos	52
Matriz 5.6: Disponibilidad.....	53
Matriz 5.7: Responsabilidad.....	53
Matriz 6: Matrices normalizadas:.....	53
Matriz 6.1: Matriz normalizada eficiencia.	53
Matriz 6.2: Matriz normalizada eficacia.....	54
Matriz 6.3: Matriz normalizada experiencia.....	54
Matriz 6.4: Matriz normalizada costos.	54
Matriz 6.5: Matriz normalizada imprevistos.	55
Matriz 6.6 normalizada disponibilidad.....	55
Matriz 7: Pruebas de consistencia.....	56
Matriz 7.1: Prueba de consistencia eficiencia.	56
Matriz 7.2: Prueba de consistencia eficacia.....	56
Matriz 7.3: Prueba de consistencia experiencia.....	57
Matriz 7.4: Prueba de consistencia costos.	57
Matriz 7.5: Prueba de consistencia imprevistos.	58
Matriz 7.6: Prueba de consistencia disponibilidad.....	58

Matriz 7.7: Prueba de consistencia responsabilidad.....	59
Matriz 8: Matriz de datos Valoración contratante.....	65
Matriz 9: Matriz de datos valoración contratante normalizada.....	66

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Justificación y contexto.

La subcontratación laboral, puede enunciarse como el proceso económico en el cual una empresa determinada mueve o destina recursos orientados a cumplir ciertas tareas a una empresa externa por medio de un contrato (Uquilla, 2007).

La Organización internacional del trabajo, en su estudio realizado sobre el comportamiento general de los puestos de trabajo de 145 países desde 1950, que representa un 83% de los puestos de trabajo a nivel mundial, estimó que el 25,55% del total de la mano de obra se encuentra en actividades laborales tercerizadas (Auer, Geneviève, y Dominique, 2005), además, según sus datos se nota que dicha práctica ha tenido un sostenido crecimiento global en las últimas décadas, debido principalmente al proceso de globalización de la economía y la fuerte competencia internacional.

En Chile, según los datos recopilados, un 10,5% de las empresas prestan sus servicios como subcontratas, y un 8,2% son usuarias de estos (ENCLA, 2019).

El sector de la construcción es reconocido por ser uno de los ambientes en donde la subcontratación no solo es una práctica común, si no que está internalizada en la mayoría de las empresas del rubro, y se tiene en notable consideración al momento de definir, planear y ejecutar un proyecto, una selección de subcontratistas errónea en la industria de la construcción causa problemas críticos (Crisóstomo y Herrera, 2018), afirmaciones que se ven reflejadas en la encuesta (ENCLA, 2019), en donde la rama de la construcción es una de las usuarias más grandes de la subcontratación, llegando a ser un 25% del universo encuestado usuarios de este método contractual.

Teniendo esto en cuenta, se puede afirmar que la elección correcta, de qué subcontratar, es de gran importancia, por lo que utilizar procesos que, además de

identificar un resultado, sea consistente y estricto con todas las alternativas, en este aspecto es donde aparecen los métodos de elección multicriterio, siendo uno de ellos el proceso analítico jerárquico, cuya aplicación es el objeto de interés en la presente memoria.

1.2 Objetivo general.

Proponer una metodología de implementación del proceso analítico jerárquico para la toma de decisiones en la subcontratación de partidas en proyectos de edificación.

1.3 Objetivos específicos.

- Identificar expertos en el área de interés y reconocer y recopilar sus conocimientos, académicos y anecdóticos.
- Identifica y definir los criterios que influyen al momento de decidir qué empresa subcontratar.
- Establecer el ordenamiento jerárquico de dichos criterios para la correcta aplicación del método.
- Ejecutar la metodología en un caso práctico.
- Comprobar la eficacia del método para transformar conocimiento cualitativo en factores cuantitativos.

1.4 Estructura de la memoria.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN: Se presenta el tema, además de una breve explicación sobre la importancia, contexto y justificación. Se explican objetivos generales, específicos y estructura de la memoria.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO: Estudio bibliográfico sobre la subcontratación, características, factores y su estado en Chile, presentación, explicación del método analítico jerárquico y condiciones para la validación de un juicio de expertos.

CAPÍTULO III. DETALLE DE LA METODOLOGÍA: Se presentan los pasos a seguir para obtener la información necesaria para aplicar la metodología, además del procedimiento para su ejecución.

CAPÍTULO IV. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA: En este apartado, una vez obtenido los datos necesarios, se procede a aplicar la metodología detallada en el capítulo anterior. Se establecen las condiciones del caso práctico y se analizan las opciones de solución de manera paralela.

CAPÍTULO V. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS: Se comparan los datos obtenidos según lo detallado en capítulos anteriores, tanto como los datos censables como los del caso práctico. Se realizan los últimos pasos para la toma de decisiones.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.

CAPÍTULO VIII. ANEXOS.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Introducción.

En el presente capítulo se indican, a través de investigación y recopilación bibliográfica, las características de la subcontratación y su estado en la norma chilena vigente, además, se introducen y desarrollan, según el interés del trabajo, los conceptos de elección multicriterio, proceso analítico jerárquico, escalas de medición, juicio de expertos.

2.2 Subcontratación.

El Régimen de subcontratación es el realizado en virtud de un contrato de trabajo, por un trabajador para un empleador que se denomina contratista o subcontratista quien en razón de un acuerdo contractual ejecuta obras o servicios por cuenta y riesgo propio y con trabajadores bajo su dependencia para la empresa principal (Ley N° 20.123, 2006).

Tipos de subcontratación.

Existe una manera de caracterizar el fenómeno de subcontratación dependiendo si lo que se externaliza serían bienes y servicios o si lo que se externaliza es el trabajo (Rodríguez y Dean, 2009). La subcontratación externa y la subcontratación interna donde lo externo e interno se refiere al “área de influencia” de la empresa, la subcontratación externa son aquellos casos en donde la empresa que se beneficia no dirige la labor del trabajador, este tipo de subcontratación tiene relación con la subcontratación de bienes y servicios, estos últimos también llamados complementarios, ya que tienen este carácter en relación a la función principal de la empresa.

La subcontratación interna, hace referencia a los casos en donde el trabajador queda en el área de influencia de la empresa beneficiaria, este tipo de subcontratación

tiene relación con la subcontratación de trabajadores, aparecen empresas de suministro de personal y las figuras de intermediario (Basualdo y Morales, 2014).

Si bien ambos tipos de sub contratación son observables en el transcurso de una obra, el segundo, para efectos del estudio, es el de mayor interés ya que tiene estrecha relación con el proceso constructivo per se.

2.2.1 Ley 20.123.

Regula trabajo en régimen de sub contratación, el funcionamiento de las empresas transitorios y el contrato de trabajo de servicios transitorios. A continuación, se presentan fragmentos de la ley que competen al trabajo, ya sea definiendo conceptos de importancia o aclarando factores que pudieran ser considerados al momento de subcontratar (Ley N° 20.123, 2006).

Responsabilidad subsidiaria.

Artículo 3°, agrega al libro I del código del trabajador, capítulo 7 Artículo 183-A:

Define la figura de régimen de subcontratación. aquél realizado en virtud de un contrato de trabajo por un trabajador para un empleador, denominado contratista o subcontratista, cuando éste, en razón de un acuerdo contractual, se encarga de ejecutar obras o servicios, por su cuenta y riesgo y con trabajadores bajo su dependencia, para una tercera persona natural o jurídica dueña de la obra, empresa o faena, denominada la empresa principal, en la que se desarrollan los servicios o ejecutan las obras contratadas. Con todo, no quedarán sujetos a las normas de este Párrafo las obras o los servicios que se ejecutan o prestan de manera discontinua o esporádica.

Responsabilidad solidaria.

Artículo 3°, agrega al libro I del código del trabajador, capítulo 7 Artículo 183-B:

La empresa principal será solidariamente responsable de las obligaciones laborales y previsionales de dar que afecten a los contratistas en favor de los trabajadores de éstos, incluidas las eventuales indemnizaciones legales que correspondan por término de la relación laboral. Tal responsabilidad estará limitada al tiempo o período durante el cual el o los trabajadores prestaron servicios en régimen de subcontratación para la empresa principal.

En los mismos términos, el contratista será solidariamente responsable de las obligaciones que afecten a sus subcontratistas, a favor de los trabajadores de éstos. La empresa principal responderá de iguales obligaciones que afecten a los subcontratistas, cuando no pudiere hacerse efectiva la responsabilidad a que se refiere el inciso siguiente.

El trabajador, al entablar la demanda en contra de su empleador directo, podrá hacerlo en contra de todos aquellos que puedan responder de sus derechos, en conformidad a las normas de este Párrafo.

En los casos de construcción de edificaciones por un precio único prefijado, no procederán estas responsabilidades cuando quien encargue la obra sea una persona natural.

Simulación de subcontratos.

Artículo 7, sustituye inciso primero del artículo 478 del código del trabajador.

Si los servicios prestados por el trabajador se realizan sin vinculo de dependencia con el contratista o subcontratista, según sea el caso, la ley presume que el que lo emplea es el dueño de la obra y en tal caso la empresa principal o mandante puede ser sancionada con una multa de 5 a 100 UTM por incurrir en la simulación de

un contrato de subcontratación, las acciones realizadas que pueden ser catalogadas como simulación de subcontratación son las siguientes: que una persona natural o jurídica tenga calidad de empleador respecto de un trabajador, en segundo lugar que dicho empleador no tenga escriturado el respectivo contrato de trabajo, es decir que sea algo de palabra y en tercer lugar que concurra la presencia de un tercero que aparezca como acreedor de los servicios de dicho trabajador a título de empleador, produciendo como resultado el encubrimiento del vínculo laboral que existe entre el verdadero empleador y el trabajador involucrado.

2.3 Métodos de elección multicriterio.

Si se considera que una decisión o elección es la selección de una alternativa frente a un dilema que lo exige, es importante preguntarse, qué hace que una decisión sea una buena decisión, frente a esta incógnita, se puede identificar que una buena decisión posee las siguientes características (León y Fernandez Madrid, 2001):

- Es una decisión en la que se ha trazado el objetivo que se quiere conseguir.
- Se ha reunido toda la información relevante.
- Se han tenido en cuenta las preferencias del decisor.

La aplicación de uno o más métodos multicriterio implica identificar los criterios y subcriterios de evaluación, asignar los pesos correspondientes para su posterior evaluación y de esa forma obtener la alternativa óptima para el problema.

2.3.1 Proceso analítico jerárquico.

El proceso analítico jerárquico, mediante la construcción de un modelo escalonado, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema de decisión, descomponerla y analizarla por partes (subproblemas o subcriterios), visualizar los efectos de cambios en los niveles, y unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión (Saaty, Rogers, y Pell,

Portfolio selection through hierarchies, 1980). Fue diseñado por Thomas Saaty como una metodología de toma de decisiones con factores y consecuencias sociales y económicas, por lo que fue creado con la intención de cuantificar, además, factores que a priori, no son cuantificables, teniendo como base las habilidades perceptivas del ser humano. Esta capacidad, se fundamenta en tres principios (Saaty T. L., 1980):

Principio de identidad y descomposición: Hace referencia a la capacidad de identificar un problema, y descomponerlo de manera jerárquica en sus elementos característicos y relevantes y concisos, proceso que puede repetirse para estos mismos elementos creando, así, subelementos.

Principio de discriminación y juicio comparativo: Hace referencia a la capacidad para evaluar preferencias, importancia, urgencias o cualquier otra característica de dos elementos de una misma importancia o con algún factor en común.

Principio de síntesis: Hace referencia a la habilidad para volver a comprimir los elementos y sub elementos, pero teniendo en cuenta la valorización dada y traspasándola de manera equitativa al elemento superior.

Escala de valoración de Saaty.

La escala de valoración de Saaty, diseña y proporciona una escala de valoración basándose en el trabajo de los autores; Lebesgue, Mackay, Bergson y Weber, estableciendo que, al momento de realizar una comparación entre dos valores, sobre todo cuando se tratan de características de naturaleza cualitativas, lo correcto no es usar un simple valor escalar, si no un cociente, sin embargo, en su escala este cociente es representado por un solo número, y luego se ve reflejado en la matriz, ya que se diseña con la intención de que esta sea recíproca (Saaty T. L., 1980).

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1	IGUAL IMPORTANCIA	LOS DOS ELEMNTOS CONTRIBUYEN IGUALMENTE A LA PROPIEDAD O CRITERIO
3	LEVEMENTE MÁS IMPORTANTE UN ELEMENTO QUE EL OTRO	EL JUICIO Y LA EXPERIENCIA PREVIA FAVORECEN LEVEMENTE UN JUICIO SOBRE OTRO
5	NOTABLEMENTE MÁS IMPORTANTE UN ELEMENTO QUE EL OTRO	EL JUICIO Y LA EXPERIENCIA PREVIA FAVORECEN NOTABLEMENTE UN JUICIO SOBRE EL OTRO.
7	FUERTEMENTE MÁS IMPORTANTE UN ELEMENTO QUE EL OTRO	UN ELEMENTO DOMINA FUERTEMENTE, SU DOMINANCIA ESTÁ PROBADA EN LA PRÁCTICA.
9	IMPORTANCIA EXTREMA DE UN ELEMENTO SOBRE EL OTRO.	UN ELEMENTO DOMINA AL OTRO CON EL MAYOR ORDEN DE MAGNITUD POSIBLE.
2,4,6,8	VALORES INTERMEDIOS ENTRE DOS JUICIOS ADYACENTES.	CUANDO SEA NECESARIO EXPRESARLO
INVERSO DE TODOS LOS VALORES ANTERIORES	SI AL COMPARAR i CON j SE OBTIENE UN VALOR, AL COMPARAR j CON i DEBE OBTENERSE EL INVERSO.	

Tabla 1. Escala de valoración de Saaty.

(Saaty T. L., DERIVING THE AHP 1-9 SCALE FROM FIRST PRINCIPLES., 2001)

Esta escala presenta los valores de comparación por pares, que representan las distintas percepciones que la gente cuando ha de comparar un elemento con otro. Un experto no debe comparar simultáneamente más de 7 elementos juntos, debido a que este es el promedio de elementos en los que un adulto puede mantener su concentración (Miller, 1956).

La ley de Weber (Fechner G. T., 1860), establece que, cierto estímulo S ejercido sobre una persona, necesita ser incrementado una cantidad ΔS para que pueda ser correctamente percibida la diferencia entre S y $S + \Delta S$, es decir, un estímulo necesita ser incrementado una cantidad constante en relación a sí mismo para ser diferenciado, sin embargo, esto falla en valores extremos de S (estímulo inicial), muy grandes o muy pequeños, además, la propuesta de Weber no cuenta con la estructuración matemática para ser considerada una ley, siendo más un punto de referencia. Fechner, establece una secuencia de estímulos que cumplen con la ley de Weber, en donde la respuesta de un estímulo inicial permanece estable hasta ser incrementada un valor proporcional al mismo, formulándolo de la siguiente manera (Saaty T. L., DERIVING THE AHP 1-9 SCALE FROM FIRST PRINCIPLES., 2001).

Considérese una escala de estímulos sucesivos, cada uno dependiente del anterior y partiendo de S_0 , de la forma:

Ecuación 1: Justificación matemática del método.

$$\text{Ecuación 1.1: } S_1 = S_0 + \Delta S_0 = S_0 + \frac{\Delta S_0}{S_0} * S_0 = S_0(1 + r)$$

$$\text{Siendo } r = \frac{\Delta S_0}{S_0}$$

$$\text{Ecuación 1.2: } S_2 = S_1 + \Delta S_1 = S_1 * (1 + r) = S_0(1 + r)^2$$

$$\text{Ecuación 1.3: } S_n = S_0(1 + r)^n$$

Una respuesta típica ante estos estímulos tiene la forma de:

$$\text{Ecuación 1.4: } M_n = n * a * \log(1 + r)^n$$

Siendo a una constante dependiente del valor inicial.

Si se examinan las razones M_n/M_1 , con $n= 1,2, 3 \dots n$, se obtienen los valores íntegros de $1,2,3 \dots n$. Esto, junto a lo señalado por Miller anteriormente, da lugar a los valores utilizados en la escala de Saaty.

2.3.2 Validez de contenido y juicio de expertos.

La validez de contenido es esencial para lograr obtener los resultados que se esperan de una encuesta o un aprendizaje, esta tiene que ver radicalmente en el conocimiento que abarca la evaluación.

La validez de contenido depende de que tan adecuado es el muestreo, el investigador debe especificar previamente las dimensiones a medir y sus indicadores y los reactivos deben capturar las dimensiones que la prueba pretende medir (Cohen y Swerdlik, 2001). Resumiendo, la validez de contenido es que los reactivos de medición deben ser relevantes y representativos para un propósito evaluativo particular (Escobar Pérez y Cuervo Martínez, 2008).

La validez de contenido, se da por un juicio de expertos y en raras ocasiones la evaluación está basada en datos empíricos, la identificación de estas personas es una parte crítica del proceso. Se definen expertos como personas con trayectoria en el tema, que son reconocidos por otros como expertos cualificados en este y pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones (Escobar Pérez y Cuervo Martínez, 2008).

Se proponen los siguientes criterios de selección de expertos para la posterior validación del contenido de una encuesta o evaluación (Skjong y Wentworth, 2001).

- Experiencia en la realización de juicios y toma de decisiones basada en evidencia o experticia.
- Reputación en la comunidad.
- Disponibilidad y motivación.
- Imparcialidad.

Diversos autores difieren en la cantidad de expertos necesarios para realizar la validación de contenido, algunos sugieren ciertos rangos óptimos de expertos para realizar dicha validación de la evaluación o encuesta, algunos sugieren un rango de 2 a 20 expertos (Gable y Wolf, 1993), mientras que otros indican que diez brindarían una estimación confiable de la validez de contenido (Hyrkas, Appelqvist-Schmidlechner, y Oksa, 2003).

Guía para la realización de un juicio de expertos.

Se propone una metodología para llevar a cabo de manera correcta la validación del contenido de una evaluación o encuesta con un objetivo claro y preciso, esta guía consta de 7 pasos (Escobar Pérez & Cuervo Martínez, 2008):

- 1- Definir el objetivo del juicio de expertos.
- 2- Selección de los jueces (considerando formación académica, experticia y reconocimientos en la comunidad, considerando un mínimo de 5 jueces).
- 3- Explicitar tanto las dimensiones como los indicadores que está midiendo cada uno de los ítems de la encuesta.
- 4- Especificar el objetivo de la prueba.

- 5- Diseño de la planilla: se debe realizar de acuerdo a los objetivos de la evaluación.
- 6- Calcular la concordancia entre jueces: se utilizará el coeficiente de concordancia de Kendall, y/o Kappa-cohen.
- 7- Elaboración de las conclusiones.

Sin embargo, en esta oportunidad y para efectos de este trabajo, se decide utilizar un procedimiento modificado(García Gómez, 2010), en donde se evalúa la encuesta por dos profesionales, un experto del ámbito del tema a tratar, la construcción en este caso, y un profesional de psicología con experticia en cuestionarios, entrevistas y diagnósticos laborales. Esto a razón de que, al utilizar este método solo dos expertos en la etapa inicial, y siendo esta su única diferencia, el proceso de iniciar la encuesta se acelera, y se resuelven problemas de escasez de evaluadores iniciales, quienes deben tener por definición criterios de experticia considerablemente más severos que los siguientes. Al ser solo dos evaluadores los índices de concordancia pierden sentido, ya que solo se obtienen valores de absoluta concordancia o desacuerdo, lo que no es útil ni representativo.

Se conservan los criterios y dimensiones propuestas (Escobar Pérez & Cuervo Martínez, 2008).

CAPÍTULO III. DETALLE DE LA METODOLOGÍA.

3. 1 Introducción.

El proceso analítico jerárquico puede descomponerse en cuatro fases esenciales (Saaty T. L., 1980):

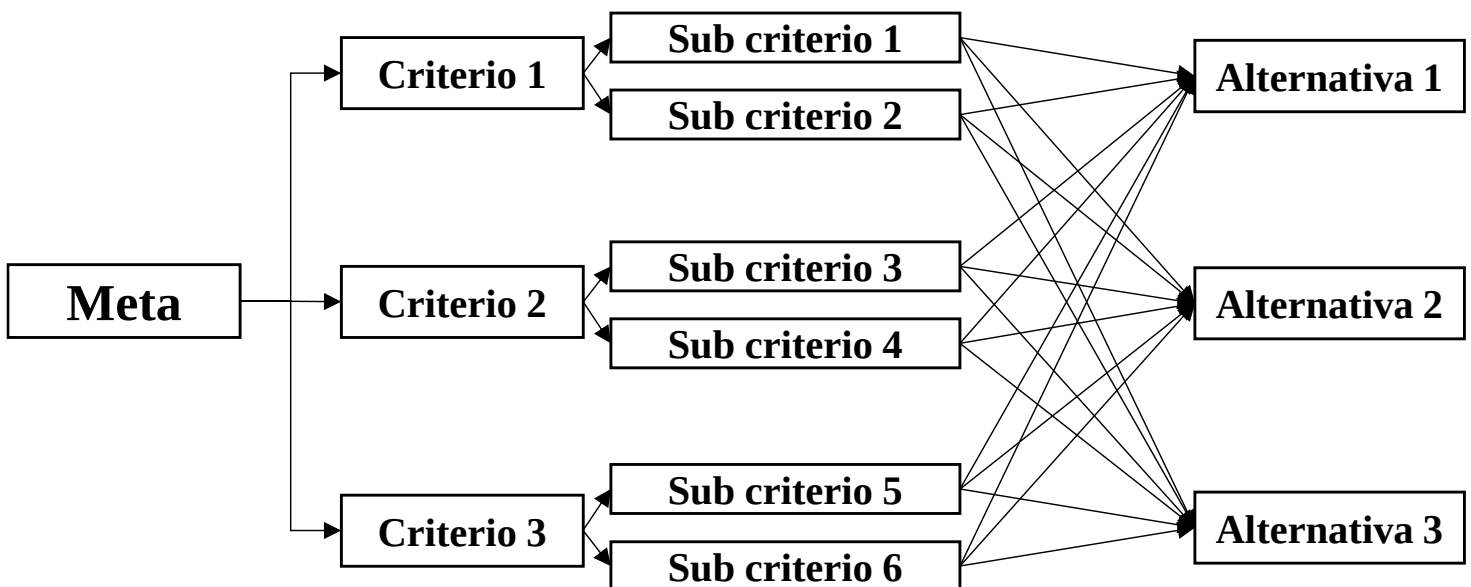
1. La definición del problema y el tipo de conocimiento que se quiere obtener.
2. La estructuración del problema, a través de la descomposición jerárquica en subproblemas (criterios y subcriterios), que deben resolverse para arribar a una solución satisfactoria.
3. La construcción de matrices de comparación, en las que se cargan los juicios expertos mediante el método de comparación uno a uno con la escala sugerida por la metodología.
4. Por último, la síntesis de cada una de las matrices y finalmente del modelo completo para obtener la prioridad global de cada alternativa.

3.2 Definición del problema.

La definición del problema es el aspecto más general, y, sin embargo, más relevante, del proceso analítico jerárquico, ya que dicta las directrices de hacia donde deben dirigirse los esfuerzos, esta debe corresponder con el objetivo más general que desea resolverse (Saaty T. L., Decision making with the Analytic Hierarchy Process, 2008). En el presente, este objetivo corresponde a la pregunta “¿*Qué empresa se debe subcontratar para la remoción y transporte de material volumétrico?*”.

3.3 Estructuración del problema.

La estructuración del problema de decisión hace referencia a su descomposición en todos aquellos factores relevantes que tienen importancia al momento de hacer una elección, en esta parte es importante identificarlos, más aún no evaluarlos, a su vez, deben obedecer la jerarquía de criterios y sub criterios, en teoría, un factor puede ser dividido indefinidamente en sub criterios, pero cada división vuelve más compleja la ejecución del proceso analítico jerárquico, por lo que cada división debe de manera real, representar un aporte a la deliberación, estos criterios se obtienen y se confirman a través de una junta de expertos y siempre de manera jerárquica.



Esquema 1: Estructuración jerárquica del problema. Elaboración propia.

3.4 Obtención de la información.

La información se obtendrá a través de investigación bibliográfica y recolección de experiencias, se han definido, de manera preliminar, los siguientes criterios para la creación de una encuesta de prioridades relativas

EFICIENCIA: Se refiere a la cantidad de recursos utilizados para lograr el objetivo propuesto. Se considera el material total teórico en relación al material total requerido, tanto como la diferencia de tiempos entre lo propuesto y lo ejecutado.

EFICACIA: Se refiere a la capacidad del oferente para cumplir con la meta, sin tener en consideración la optimización de recursos. Se considerará, para el presente, los resultados de los últimos 10 trabajos de la misma naturaleza realizados por la obra.

EXPERIENCIA: Hace relación a la cantidad de obra ejecutada en el ámbito seleccionado, medida en m^3 .

COSTO: El precio del trabajo subcontratado, total o por unidad de obra. Para efectos de este trabajo, el costo propuesto por las empresas postulantes considera todos los gastos, equipos, insumos, y consumibles necesarios para realizar el trabajo.

DISPONIBILIDAD: La inmediatez con que la empresa subcontratada tiene los recursos, humanos, materiales y equipamiento, para comenzar y terminar de realizar el trabajo.

TRANSITORIEDAD: Qué tan temporal es el trabajo que se está considerando subcontratar. Relación entre tiempo de trabajo de la faena y tiempo de trabajo total.

COYUNTURAS: Entiéndase en este contexto como, situaciones excepcionales que requieran la subcontratación de un factor externo, como, por ejemplo; faenas

inesperadas en la ejecución de la obra, necesidad repentina de acelerar procesos, subsanación de manejo pródigo de materiales, etc.

RESPONSABILIDADES: Para efectos de la comparación, entiéndase como responsabilidades a los beneficios legales que otorga una empresa sobre otra, además de su historial y conflictos por no cumplimientos de la ley, con sus trabajadores y sus empresas contratantes.

3.5 Validación de experto.

La lista de criterios del punto 3.4 corresponde a los subcriterios elegidos como relevantes para resolver la disyuntiva planteada, y debe, en la práctica, ser creada a partir de un conjunto de información bibliográfica y experiencia colectiva. Una vez realizado ambos procesos, esta debe ser sometida a la revisión por uno o más expertos en el área, quienes harán observaciones, tanto del contenido como de la forma, de la encuesta realizada, dichos expertos no deben necesariamente participar en la comparación de criterios, ni tampoco tener las mismas facultades. Se recomiendan expertos evaluadores de la encuesta, pertenecientes al área del tema en cuestión, además de expertos en lingüística y semántica, que ayuden o confirmen la eficacia de la encuesta (Escobar Pérez y Cuervo Martínez, 2008).

Es importante que esta evaluación se aplica sobre la encuesta, y no busca que esta sea respondida.

Para la realización de esta memoria, se planea contar con la colaboración de dos expertos en manejo de proyecto y dos psicólogos laborales.

Deben definirse, además, los criterios que hacen a un individuo un experto en el manejo de proyectos.

Las preguntas serán evaluadas según los siguientes criterios (Escobar Pérez & Cuervo Martínez, 2008).

- **SUFICIENCIA:** Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.
- **CLARIDAD:** El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.
- **RELEVANCIA:** El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.
- **COHERENCIA:** El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.

3.6 Criterios, subcriterios y encuesta definitiva.

Ya habiendo realizado las correcciones, sustracciones y agregados indicados por el panel de experto de la realización de la encuesta, se procede a fabricar una encuesta comparativa de criterios, siguiendo los pasos detallados para establecer la prioridad de cada elemento, según la metodología (Saaty T. L., 1980).

Esta encuesta tiene como objetivo conseguir la valoración relativa de los elementos, quien responde debe emitir su juicio de preferencia entre criterios, es una valoración subjetiva y binaria sobre criterios, según aspectos cuantitativos, subjetivos, según la escala propuesta en la metodología.

3.7. Resultados de encuesta y media geométrica.

Los datos obtenidos de los diversos encuestados, deben ser condensados de alguna manera para poder ser ingresados en su respectiva matriz, para esto, se decide utilizar la media geométrica de los valores, principalmente de que esta, a diferencia de otros condensadores de datos (como promedio, desviación estándar), es sensible a la reciprocidad de los datos necesaria para conformar la matriz.

3.8 Construcción de matrices de comparación.

La construcción de las matrices de comparación se realiza con los datos obtenidos en la encuesta previamente realizada, dichos datos deben ser agrupados y condensados, según el método de conveniencia, se recomienda utilizar como medida de centralización la media geométrica de cada categoría, redondeada a su entero más próximo (Saaty T. L., 1980).

Se obtendrá una matriz con la siguiente forma:

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Criterio 1	1	α	β
Criterio 2	$\frac{1}{\alpha}$	1	γ
Criterio 3	$\frac{1}{\beta}$	$\frac{1}{\gamma}$	1

Matriz 1: Ejemplo de datos ordenados en la matriz recíproca. Elaboración propia.

Siendo α , β y γ las posibles valoraciones dadas según la anterior escala propuesta.

3.9 Manejo de datos y síntesis de matrices:

Luego de obtenida la matriz, esta debe ser normalizada, para esto, se obtienen la suma de todos los elementos de cada columna, y luego se divide cada elemento de dicha columna por la suma correspondiente.

Ecuación 2: Normalización de datos.

$$\text{Ecuación 2.1: } A = 1 + \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}$$

$$\text{Ecuación 2.2: } B = \alpha + 1 + \frac{1}{\gamma}$$

$$\text{Ecuación 2.3: } C = \beta + \gamma + 1$$

Obteniendo de esta manera la matriz normalizada:

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Criterio 1	$\frac{1}{A}$	$\frac{\alpha}{B}$	$\frac{\beta}{C}$
Criterio 2	$\frac{1}{\alpha A}$	$\frac{1}{B}$	$\frac{\gamma}{C}$
Criterio 3	$\frac{1}{\beta A}$	$\frac{1}{\gamma B}$	$\frac{1}{C}$

Matriz 2: Ejemplo de matriz normalizada. Elaboración propia.

A continuación, se obtiene el peso por fila de cada criterio, que corresponde al promedio de cada fila (Teknomo, 2017):

Ecuación 3: Peso de cada criterio.

$$\text{Peso criterio 1} = \frac{\left(\frac{1}{A} + \frac{\alpha}{B} + \frac{\beta}{C}\right)}{3}$$

$$\text{Peso criterio 2} = \frac{\left(\frac{1}{\frac{\alpha}{A}} + \frac{1}{B} + \frac{\gamma}{C}\right)}{3}$$

$$\text{Peso criterio 3} = \frac{\left(\frac{1}{\frac{\beta}{A}} + \frac{1}{\frac{\gamma}{B}} + \frac{1}{C}\right)}{3}$$

Estos pesos indican la influencia que cada criterio tiene sobre la elección, y entregan la información numérica para poder tomar una decisión en el caso práctico.

3.10 Prueba de consistencia.

La prueba de consistencia, considerada en la metodología del proceso analítico jerárquico, es una de sus grandes ventajas, primero, evalúa la coherencia entre las distintas valoraciones que emite un juez al momento de comparar diversos factores, y, además, en casos en donde los jueces son varios, como el presentado en este trabajo, evalúa de manera implícita la consistencia entre las opiniones de distintos expertos.

La razón de consistencia (CR) corresponde al cociente entre el índice de consistencia (CI) y una matriz recíproca generada aleatoriamente, aunque esta última, posee valores promedios tabulados, representados en la siguiente tabla (Saaty T. L., The Analytic Hierarchy Process, 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CIr	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.59

Tabla 2. *Índices de razón de consistencia. Saaty (1980)*

En donde n representa el número de elementos de la matriz a evaluar.

A su vez, el índice de consistencia (CI) se obtiene del cociente:

$$\text{Ecuación 4: Índice de consistencia: } CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

En donde λ_{max} corresponde al valor propio máximo de la matriz de comparación. Considerando el ejemplo trabajado desde 3.7, se multiplica una matriz que contenga los valores de la fila de un único criterio por una matriz que contenga los valores propios, divididos por el peso propio de tal criterio, esto debe repetirse para cada criterio, el valor λ_{max} se obtendrá como el promedio de dichos valores. Este procedimiento presenta resultados con una diferencia menor al 1% con respecto al vector propio, por lo que es aceptado para encontrar el valor descrito (Teknomo, 2017).

Ecuación 5: λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{\begin{matrix} (Peso\ criterio\ 1) \\ (1 & \alpha & \beta)x & (Peso\ criterio\ 2) \\ (Peso\ criterio\ 3) \end{matrix}}{Peso\ criterio\ 1} + \frac{\begin{matrix} (Peso\ criterio\ 1) \\ (\frac{1}{\alpha} & 1 & \gamma)x & (Peso\ criterio\ 2) \\ (Peso\ criterio\ 3) \end{matrix}}{Peso\ criterio\ 2} + \frac{\begin{matrix} (Peso\ criterio\ 1) \\ (\frac{1}{\beta} & \frac{1}{\gamma} & 1)x & (Peso\ criterio\ 2) \\ (Peso\ criterio\ 3) \end{matrix}}{Peso\ criterio\ 3}$$

Si el valor $CR = \frac{CI}{RI}$ es menor a 10%, la consistencia de la matriz es aceptada, de lo contrario, se deben considerar nuevamente las valoraciones. (Saaty T. L., The Analytic Hierarchy Process, 1980).

Capítulo IV. Desarrollo de la metodología.

4.1 Antecedentes del caso.

4.1.1 Antecedentes de la licitación.

En el siguiente caso hipotético, una empresa contratante, desde ahora identificada como la empresa usuaria, debe adjudicar la faena de traslado de material volumétrico de desecho en obra a un botadero, de acuerdo a las bases de licitación, las condiciones a cumplir técnicas y administrativas son:

- Volumen a trasladar: 2700 m^3
- Distancia a botadero: 16 km.
- Tiempo estimado de traslado por ciclo: 1,20 hr.
- Tiempo de contrato: 1 mes.
- La oferta de los licitantes debe considerar impuestos, transporte de disposición final, maquinaria, personal, materia de seguridad y cualquier otro tipo de gasto que demande el contrato.
- 4 camiones de capacidad 12 m^3 , por un período de 1 mes y 4 viajes diarios por camión.
- 2 retroexcavadoras con balde capacidad 1 m^3 y cucharón retro de 0.21 m^3 .
- Cuadrilla de 4 personas como apoyo a trabajo a realizar.

4.1.2 Detalles de la oferta.

Empresa A:

- Considera un esponjamiento de material de 50%.
- Posee un índice de 90% de cumplimiento de contrato a tiempo en sus últimos 20 trabajos.
- 120.000 m³ removidos en contratos previos.
- 14.000 \$/m³.
- Posee 8 camiones.

- No posee antecedentes de conflictos por pagos de cotizaciones.
- Puede empezar el trabajo inmediatamente (Max. 5 días antes de firmar el contrato).

Empresa B

- Considera un esponjamiento de material de 40%.
- Posee un índice de 80% de cumplimiento de contrato a tiempo en sus últimos 20 trabajos.
- 60.000 m3 removidos en contratos previos.
- 13.500 \$/m3.
- Posee 6 camiones.
- No posee antecedentes de conflictos por pagos de cotizaciones.
- Puede empezar el trabajo inmediatamente. (Max 5 días antes de firmar el contrato).

Empresa C

- Considera un esponjamiento de material de 40%.
- Posee un índice de 95% de cumplimiento de contrato a tiempo en sus últimos 20 trabajos.
- 200.000 m3 removidos en contratos previos.
- 14.500 \$/m3.
- Posee 16 camiones.
- Puede empezar los trabajos una semana después de la fecha requerida por contrato.
- Posee 8 antecedentes de conflictos por no pago de cotizaciones.

Empresa D

- Considera un esponjamiento de material de 70%.
- Posee un índice de 80% de cumplimiento de contrato a tiempo en sus últimos 20 trabajos.

- 30.000 m³ removidos en contratos previos.
- 14.200 \$/m³.
- Posee 12 camiones.
- Empieza el trabajo una vez firmado el contrato.
- No posee antecedentes de conflictos por pagos de cotizaciones.

4.2 Deconstrucción jerárquica del caso.

Para la deconstrucción jerárquica del problema, se deben tener en cuenta suficientes detalles para describir de manera más óptima y representativa el problema, considerar el ambiente y los factores que pueden ayudar a solucionar el problema. A través de investigación se definen 8 factores preliminares para describir el caso, los cuales se someten a encuesta de gente con experiencia para determinar su verdadera relevancia. Cualquier factor que no se considere unánime será descartado. Estos criterios se encuentran definidos en

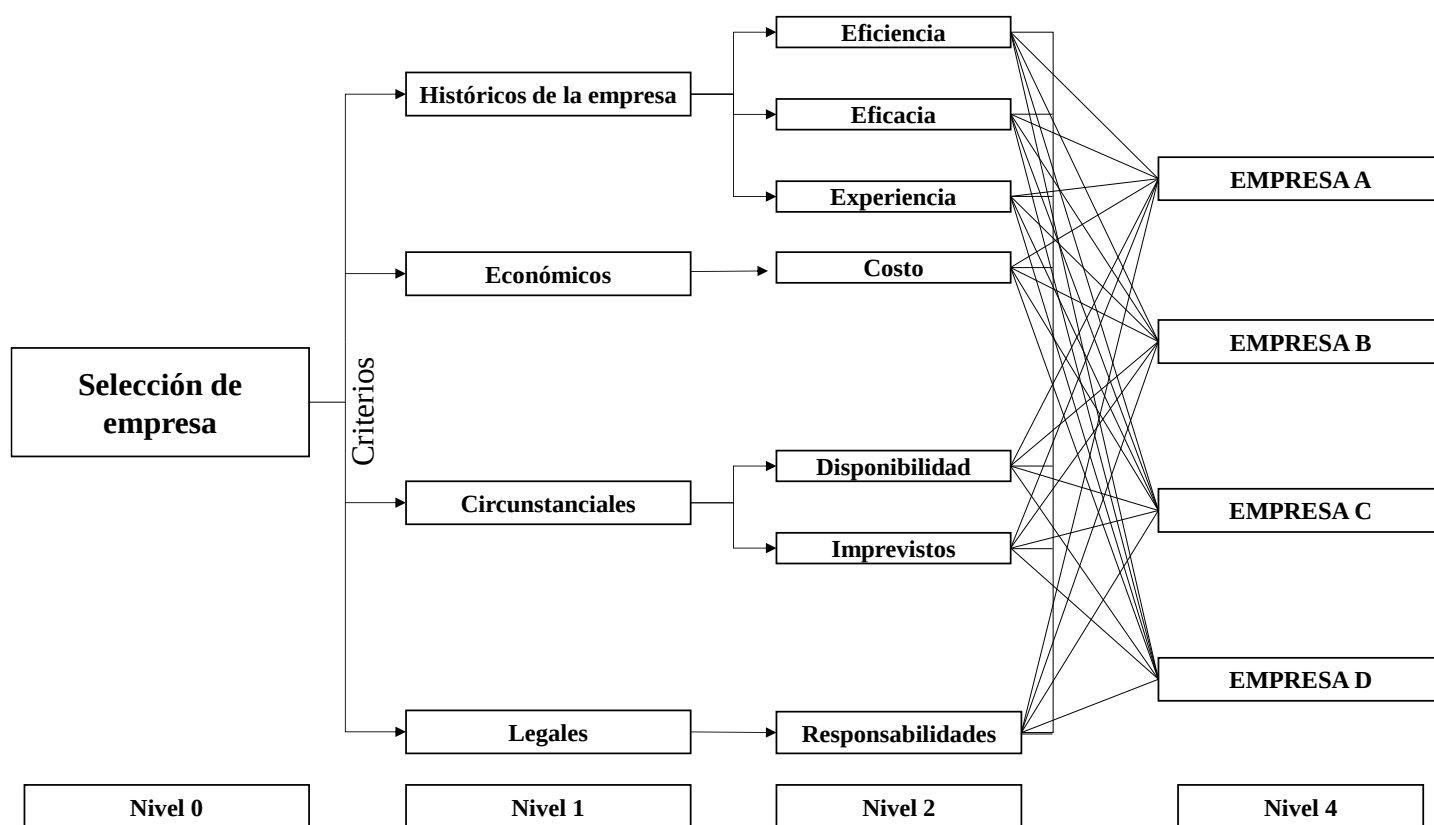
Criterio	% de concordancia
Eficiencia	100%
Eficacia	100%
Experiencia	100%
Costos	100%
Transitoriedad	10%
Coyunturas	100%
Imprevistos	100%
Responsabilidades	100%

Tabla 3: Resultados encuesta criterios a evaluar.

De la encuesta realizada se puede concluir que, al haber unanimidad de importancia en 7 criterios preliminares, y al no haber ningún tipo de aporte sobre criterios extras por parte de los evaluadores, se consideran estos criterios suficientes para la descripción del caso. El criterio transitoriedad, se descarta por su poca relevancia, haciendo la observación de que este, según lo indicado por uno de los encuestados, es una característica inherente al trabajo a realizar y no de la empresa que lo realizará, por lo que su consideración sucede al momento de definir si sub contratar la faena o no, y no cuando se busca elegir cuál empresa realizará

el trabajo. Para detalles de los resultados de la forma de la encuesta ver Anexo A, y detalles de sus resultados Anexo B.

De esta manera, el problema presentado quedará definido en cuatro niveles, en donde el nivel 0 representa la meta a alcanzar, el nivel 1, los criterios más generales en los que se ha descompuesto, el nivel 2 los subcriterios que se evaluarán de manera pareada, y, por último, el nivel 3, que representa las opciones para solucionar el problema. Teóricamente los niveles entre el 2 y el último, pueden ser infinitos, creando una cadena de subsubcriterios, pero se debe considerar que mientras más niveles de subdivisión, más complicado y complejo se convierte la evaluación del problema, por lo que es mejor enfatizar de manera horizontal. El nivel 0 siempre coincide con el problema o pregunta inicial, el nivel 1 con su descomposición más representativa, y el último con las opciones posibles para la solución del problema o respuesta a la pregunta.



Esquema 2: Jerarquización del problema presentado. Elaboración propia.

Los subcriterios seleccionados se han dividido en grupos que responden a sus características en común, en primer lugar, históricos de la empresa, en donde se agrupan factores inherentes a su sociedad, desempeño histórico, factores de ajuste de trabajos internos (como esponjamiento del material que consideran para cada carga), y experiencia, estos factores tienen relevancia en la manera en que se proyecta la ejecución del trabajo en relación a trabajos anteriores de la misma naturaleza.

En segundo lugar, los factores económicos, como la licitación propuesta por la empresa usuaria, considera todos los gastos operacionales y legales, este apartado se resume en solo el costo por m^3 ofertado por cada empresa oferente, si bien la división en subcriterios parece, a priori, no ser necesaria, esta sí lo es para poder hacer la comparación en los niveles descritos.

Los factores circunstanciales acogen a aquellos que tienen influencia tanto en la capacidad de cada empresa oferente para resolver imprevistos, como las condiciones específicas que dicha empresa, o la usuaria puedan presentar al momento de licitar.

Por último, los factores legales, que abarca las responsabilidades de la empresa, entendiéndose por estas como los beneficios que una puede ofrecer sobre otra, además de su desempeño histórico cumpliendo aquellos mínimos requeridos por la ley, respecto a esto último, esto podría haber sido agrupado en el primer criterio explicado, históricos de la empresa, pero debido a su naturaleza tan distinta, y su gran relevancia no en el desempeño, si no como un indicador de posibles conflictos legales, se ha optado porque forme su propia categoría.

4.3 Diseño y elaboración de la encuesta.

Utilizando las características definidas en el capítulo III, se ha creado un cuestionario preliminar para la evaluación comparativa de dichos elementos, este cuestionario ha sido realizado en Excel 2020, aprovechando su función de listas despegables, esto facilita la comunicación a través de distintos medios digitales (correo electrónico, aplicaciones de mensajería, plataformas de edición virtual) y la comunicación entre

encuestador y encuestado, además, antes de ser enviado el nombre del archivo consta del número de encuestado y siglas distintivas. Con el fin de facilitar su comprensión y respuesta, se ha evitado usar el equivalente numérico de la escala verbal de Saaty señalada en el capítulo 4.2, indicando en su lugar, solo sus significados conceptuales.

Encuesta memoria de título
 Propuesta metodológica AHP en decisiones de subcontratación.
 Universidad técnica Federico Santa María.
 Patricio Gabriel Miranda Norambuena.

El objetivo de esta encuesta es determinar el nivel de importancia relativa de las siguientes características al momento de tomar la decisión de qué empresa subcontratar para el retiro de material volumétrico en una obra.

Las características a comparar son las siguientes:

EFICIENCIA: Se refiere a la cantidad de recursos utilizados para lograr el objetivo propuesto. Se considera el material total teórico en relación al material total requerido, tanto como la diferencia de tiempos entre lo propuesto y lo ejecutado

EFICACIA: Se refiere a la capacidad del oferente para cumplir con la meta, sin tener en consideración la optimización de recursos.

EXPERIENCIA: Hace relación a la cantidad de obra ejecutada en el ámbito seleccionado.

COSTO: El precio del trabajo subcontratado, tanto total como por unidad de obra.

DISPONIBILIDAD: La inmediatez con que la empresa subcontratada tiene los recursos, humanos, materiales y equipamiento, para comenzar y terminar de realizar el trabajo.

COYUNTURAS: situaciones excepcionales, que no fueron consideradas a priori por ignorancia, descuido o lógica, que requieran la subcontratación de un factor externo. Para efectos del cuestionario, entiéndase como la capacidad de la empresa subcontratada para solucionar estas situaciones.

RESPONSABILIDADES: Para efectos de la comparación, entiéndase como responsabilidades a los beneficios que otorga la subcontratación en relación a la contratación directa. Además de su historial de cumplimiento con lo exigido por ley.

Se debe marcar en la columna central la opción que más sentido le haga al comparar los términos de los costados. Se debe marcar en la columna central la opción que más sentido le haga al comparar los términos de los costados. La opción que elija tiene un equivalente numérico, el AHP se basa en la reciprocidad de las comparaciones, por lo que si usted compara A con B obtendrá un valor, al comparar B con A, el valor obtenido será el recíproco del primero, por lo que no es necesario evaluar todas las combinaciones de pares

EFICIENCIA		EFICACIA
EFICIENCIA		EXPERIENCIA
EFICIENCIA		COSTO
EFICIENCIA		DISPONIBILIDAD
EFICIENCIA		COYUNTURAS
EFICIENCIA		RESPONSABILIDADES

EFICACIA		EXPERIENCIA
EFICACIA		COSTO
EFICACIA		DISPONIBILIDAD
EFICACIA		COYUNTURAS
EFICACIA		RESPONSABILIDADES

Imagen 1: Encuesta preliminar. Elaboración propia.

Es importante señalar que, para evitar incongruencias o confusión al momento de responder la encuesta, solo le preguntará la relación entre pares de manera unilateral, aprovechando la reciprocidad de la escala verbal de Saaty, por lo que, si al pedir comparar A con B se obtiene α , no se pedirá comparar B con A, sino que se asignará automáticamente el valor $\frac{1}{\alpha}$ en la matriz.

4.4 Evaluación de la encuesta.

Previo al proceso de realización de la encuesta como tal, esta se somete a una evaluación de forma, contenido, claridad y coherencia. Esta evaluación es ejecutada por un profesional de la construcción y un psicólogo con enfoque y experiencia en psicología laboral.

Perfil de los profesionales:

Profesional de la construcción:

Arquitecto con 15 años de experiencia, siendo 5 de estos como asesor de contratos públicos, y otros 5 años de gestión de contratos privados y administración de obra, se ha solicitado su opinión en cuanto a la pertenencia, claridad y coherencia de los contenidos en la encuesta.

Profesional de psicología:

Psicólogo laboral con 3 años de experiencia en entrevistas laborales y encargado de recursos humanos, posee vasta experiencia en elaboración y desarrollo de cuestionarios. Se ha solicitado su evaluación en cuanto forma y claridad de la encuesta.

Resultados de evaluación de la encuesta.

En calidad de experto evaluador en el ámbito de la construcción, se me ha pedido evaluar la encuesta presentada en forma y contenido. A continuación, presento mis observaciones:

- El formato es amigable y sencillo de utilizar, intuitivo y práctico. Se recomienda explicar por qué las opciones de comparación van disminuyendo con cada ítem.
- Los criterios presentados parecen suficientes para describir el problema planteado.
- Las definiciones presentadas son entendibles y abarcan lo necesario para el trabajo. Salvo la detallada en el siguiente punto.
- El criterio Coyunturas se presenta de manera confusa, la palabra es de escaso a nulo uso, según su definición, se recomienda utilizar el término Imprevistos.

	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA
FORMA	5	4	5	5
EFICACIA	5	5	5	5
EFICIENCIA	5	5	5	5
EXPERIENCIA	5	5	5	5
COSTO	5	5	5	5
DISPONIBILIDAD	5	5	5	5
COYUNTURAS	3	3	3	5
RESPONSABILIDAD	5	5	5	5

Tabla 4: Resultados validación de experto de la construcción.

A solicitud del alumno Patricio Gabriel Miranda Norambuena, memorista de la carrera Construcción civil, de la universidad técnica Federico Santa María, se realiza una evaluación de la calidad del cuestionario presentado.

Las definiciones presentadas son claras y precisas para responder la encuesta.

Es acertado utilizar directamente los valores verbales de modo comparativo en lugar de sus equivalentes numéricos, evita confusiones y explicaciones que pueden perjudicar al encuestado.

La palabra COYUNTURAS es raramente utilizada y puede generar inquietud y mal entendidos al momento de responder el cuestionario, se recomienda reconsiderar y reemplazar por un concepto más familiar. Favor ignorar este punto si, en el ámbito constructivo, es una palabra frecuentemente utilizada.

Por último, se aconseja indicar explícitamente en el instructivo introductorio dónde presionar para utilizar el menú despegable.

	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA
FORMA	5	5	5	5
EFICACIA	5	5	5	5
EFICIENCIA	5	5	5	5
EXPERIENCIA	5	5	5	5
COSTO	5	5	5	5
DISPONIBILIDAD	5	5	5	5
COYUNTURAS	5	2	4	5
RESPONSABILIDAD	5	5	5	5

Tabla 5: Resultados validación de experto psicología.

Modificaciones y correcciones de la encuesta.

Siguiendo las indicaciones dadas por ambos profesionales, se procede a:

- Se cambia el término coyunturas por imprevistos.
- Imprevisto se define como: situaciones excepcionales, que no fueron consideradas a priori por ignorancia, descuido o lógica, que requieran la sub contratación de un factor externo. Para efectos del cuestionario, entiéndase como la capacidad de la empresa subcontratada para solucionar estas situaciones.
- Se aclara en el cuestionario, que, al comparar criterio A con criterio B en una escala verbal, esta posee un equivalente numérico, que es el inverso aritmético de comprar B con A, por esa razón, no es necesario realizar todos los pares de comparaciones en la encuesta.

Para ver el resultado final de forma y contenido de la encuesta, ver ANEXO A.

4.5 Aplicación de la encuesta.

La encuesta se aplica a profesionales que, si bien poseen un grado de experticia menor al evaluador de la forma y contenido de la encuesta, poseen la suficiente experiencia para que sus conocimientos y valoración sean suficientes para la toma de decisiones. Los criterios utilizados son:

Profesión idónea al tema: Ingeniero civil, arquitecto, constructor civil.

Experiencia en obras: Mínimo 5 obras en calidad de administrador de obras.

Todas estas obras han contado con la faena tratada, remoción de material volumétrico.

Capacidad y experiencia de elección: Se han enfrentado a tomar la decisión sobre qué empresa subcontratar para esta faena, un mínimo de 5 veces.

Todos los encuestados cumplen como mínimo, con lo señalado en este índice.

4.6 Resultados de la encuesta.

4.6.1 Resultados de encuesta de subcriterios.

Se presentan a continuación los resultados de la encuesta una vez aplicados la media geométrica. El detalle de cada resultado se encuentra en **ANEXO B**.

Resultado encuesta criterio 1 sobre criterio 2			Reciprocidad
Eficiencia	Eficacia	1,246	1,00
Eficacia	Eficiencia	0,803	
Eficiencia	Experiencia	3,323	1,00
Experiencia	Eficiencia	0,301	
Eficiencia	Costo	0,631	1,00
Costo	Eficiencia	1,585	
Eficiencia	Disponibilidad	2,623	1,00
Disponibilidad	Eficiencia	0,381	
Eficiencia	Imprevistos	3,68	1,00
Imprevistos	Eficiencia	0,272	
Eficiencia	Responsabilidades	9	1,00
Responsabilidades	Eficiencia	0,111	
Eficacia	Costo	0,827	1,00
Costo	Eficacia	1,209	
Eficacia	Disponibilidad	2,515	1,00
Disponibilidad	Eficacia	0,397	
Eficacia	imprevistos	8,559	1,00
Imprevistos	Eficacia	0,117	
Eficacia	Responsabilidades	9	1,00
Responsabilidades	Eficacia	0,111	
Experiencia	Disponibilidad	0,762	1,00
Disponibilidad	Experiencia	1,313	
Experiencia	Imprevistos	2,521	1,00
Imprevistos	Experiencia	0,397	
Experiencia	Responsabilidades	8,586	1,00
Responsabilidades	Experiencia	0,116	
Costo	Imprevistos	8,777	1,00
Imprevistos	Costo	0,114	
Costo	Responsabilidades	0,111	0,11
Responsabilidades	Costo	1	
Disponibilidad	Responsabilidades	9	1,00
Responsabilidades	Disponibilidad	0,11	

Tabla 6: Resultados de encuesta condensados.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango de 1/9 a 9, explicados en el capítulo 2, si bien la escala presentada contiene solo valores enteros, el hecho de que los valores a trabajar sean el resultado de la opinión colectiva de varias valoraciones, da a lugar que, necesariamente, estos valores sean intermedios entre escalones, esto no presenta ningún tipo de incongruencia o inconveniente para encontrar los pesos de cada decisión.

Como la encuesta realizada pregunta solo por Criterio A en relación con Criterio B, el valor recíproco se asigna automáticamente ante la pregunta ausente de criterio B sobre criterio A. Se puede observar, que, efectivamente según lo señalado en el punto 3.7, la media geométrica mantiene la reciprocidad de los datos finales, la multiplicación de los valores de cada par con su recíproco, luego de haber sintetizado los datos por este medio, sigue siendo 1.

4.6.2 Resultados de encuesta empresas.

Resultados encuestas valoración de empresas.

Según las consideraciones presentadas en el capítulo 4.1, se ha pedido a 7 encuestados, que respondan, utilizando el mismo formato de menús desplegable y la escala verbal de Saaty, estos empleados cumplen los mismos criterios señalados en el capítulo 4.5, evaluando sus preferencias, pero ahora, sobre cada empresa, es importante señalar que, en esta oportunidad los encuestados cumplen como funcionarios encargados de tomar la decisión para la empresa usuaria, y no como expertos consultores.

Los resultados de esta encuesta fueron condensados utilizando la media aritmética. Los detalles de la encuesta pueden ser observados en el **ANEXO C y sus resultados en el ANEXO D.**

Los resultados de las comparaciones son los siguientes:

Tabla 7: Resultados de encuestas empresa / empresa.

Empresa A sobre Empresa B	
Eficiencia	1,601
Eficacia	3,471
Experiencia	2,358
Costo	0,39
Disponibilidad	1
Imprevistos	1,601
Responsabilidades	1

Tabla 7.1: Empresa. A Sobre B.

Empresa B sobre Empresa A	
Eficiencia	0,625
Eficacia	0,288
Experiencia	0,424
Costo	2,564
Disponibilidad	1
Imprevistos	0,625
Responsabilidades	1

Tabla 7.2: Empresa B sobre A.

Empresa A sobre Empresa C	
Eficiencia	1,37
Eficacia	0,39
Experiencia	0,288
Costo	3,23
Disponibilidad	3,73
Imprevistos	0,221
Responsabilidades	7,8

Tabla 7.3: Empresa A sobre C.

Empresa C sobre Empresa A	
Eficiencia	0,730
Eficacia	2,564
Experiencia	3,472
Costo	0,310
Disponibilidad	0,268
Imprevistos	4,525
Responsabilidades	0,128

Tabla 7.4: Empresa C sobre A.

Empresa A sobre Empresa D	
Eficiencia	4,53
Eficacia	5,37
Experiencia	0,198
Costo	1,87
Disponibilidad	2,56
Imprevistos	0,268
Responsabilidades	1

Tabla 7.5: Empresa A sobre D.

Empresa D sobre Empresa A	
Eficiencia	0,221
Eficacia	0,186
Experiencia	5,051
Costo	0,535
Disponibilidad	0,391
Imprevistos	3,731
Responsabilidades	1

Tabla 7.6: Empresa D sobre A.

Empresa B sobre Empresa C	
Eficiencia	1
Eficacia	0,128
Experiencia	4,017
Costo	4,637
Disponibilidad	3,73
Imprevistos	0,133
Responsabilidades	7,8

Tabla 7.7: Empresa B sobre C.

Empresa C sobre Empresa B	
Eficiencia	1,000
Eficacia	7,813
Experiencia	0,249
Costo	0,216
Disponibilidad	0,27
Imprevistos	7,519
Responsabilidades	0,128

Tabla 7.8: Empresa C sobre B.

Empresa B sobre Empresa D	
Eficiencia	4,877
Eficacia	1
Experiencia	0,198
Costo	5,35
Disponibilidad	2,56
Imprevistos	0,445
Responsabilidades	1

Tabla 7.9: Empresa B sobre D.

Empresa D sobre Empresa B	
Eficiencia	0,205
Eficacia	1,000
Experiencia	5,051
Costo	0,187
Disponibilidad	0,39
Imprevistos	2,247
Responsabilidades	1

Tabla 7.10: Empresa D sobre B.

Empresa C sobre Empresa D	
Eficiencia	4,877
Eficacia	7,43
Experiencia	9
Costo	0,39
Disponibilidad	2,79
Imprevistos	2,246
Responsabilidades	0,152

Tabla 7.11: Empresa C sobre D.

Empresa D sobre Empresa C	
Eficiencia	0,205
Eficacia	0,135
Experiencia	0,111
Costo	2,564
Disponibilidad	0,358
Imprevistos	0,445
Responsabilidades	6,58

Tabla 7.12: Empresa D sobre C.

4.7 Síntesis y manejo de datos

4.7.1 Creación de la matriz de datos – evaluación de subcriterios.

Los datos recopilados en el apartado 4.6.1 se utilizan para construir la matriz de prioridades de la siguiente manera.

	Matriz de datos						
	Eficiencia	Eficacia	Experiencia	Costo	Disponibilidad	Imprevistos	Responsabilidades
Eficiencia	1,000	1,246	3,323	0,631	2,627	3,680	9,000
Eficacia	0,803	1,000	2,141	0,827	2,515	4,745	9,000
Experiencia	0,301	0,467	1,000	0,223	0,762	2,521	8,586
Costo	1,585	1,209	4,484	1,000	6,655	8,777	9,000
Disponibilidad	0,381	0,398	1,312	0,150	1,000	6,221	9,000
Imprevistos	0,272	0,272	0,397	0,114	0,161	1,000	6,320
Responsabilidades	0,111	0,111	0,116	0,111	0,111	0,158	1,000
Suma Columnas	4,452	4,702	12,773	3,056	13,831	27,102	51,906

Matriz 3: Matriz datos reales.

Las casillas en azul representan la diagonal de la matriz, que, al ser comparación entre mismo elemento siempre debe ser 1 (mismo nivel de prioridad).

Luego, se obtiene la matriz normalizada, dividiendo cada elemento por la suma total de sus columnas, de esta manera la matriz toma esta forma:

	Matriz normalizada						
	Eficiencia	Eficacia	Experiencia	Costo	Disponibilidad	Imprevistos	Responsabilidades
Eficiencia	0,225	0,265	0,260	0,206	0,190	0,136	0,173
Eficacia	0,180	0,213	0,168	0,271	0,182	0,175	0,173
Experiencia	0,068	0,099	0,078	0,073	0,055	0,093	0,165
Costo	0,356	0,257	0,351	0,327	0,481	0,324	0,173
Disponibilidad	0,086	0,085	0,103	0,049	0,072	0,230	0,173
Imprevistos	0,061	0,058	0,031	0,037	0,012	0,037	0,122
Responsabilidades	0,025	0,024	0,009	0,036	0,008	0,006	0,019
Suma Columnas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Matriz 4: Matriz normalizada datos reales.

Esta matriz normalizada tiene como propiedad que la suma de cada columna es igual a 1, la diagonal de la matriz ya no está compuesta solamente de unos.

Al obtener el promedio de cada fila, se obtendrá el peso propio de cada elemento, que es, en otras palabras, qué tan influyente es cada criterio al momento de tomar la decisión.

Estos promedios son:

Peso propio de cada criterio	
Eficiencia	0,2079
Eficacia	0,1945
Experiencia	0,0902
Costo	0,3243
Disponibilidad	0,1139
Imprevistos	0,0511
Responsabilidades	0,0182

Tabla 8: Peso de cada criterio.

Se puede apreciar claramente como el costo es el criterio que más peso tiene, seguido por eficiencia y eficacia, que son casi idénticos, por el otro extremo, la capacidad para resolver imprevistos, la experiencia de las empresas y las responsabilidades tienen menos del 10% de peso en la decisión final, siendo el factor responsabilidades, prácticamente irrelevante. Es importante señalar como todos estos pesos forman fracción de un todo, y como, por consiguiente, la suma de estos es igual a 1, que equivale al 100%.

4.7.2 Prueba de consistencia de Saaty.

Se debe realizar la prueba de consistencia de Saaty, para asegurar que las valoraciones presentadas sean consistentes entre ellas, esto se traduce a que, el factor transitivo de la escala de valores se respete lo más posible, cualquier valor bajo al 10% de consistencia se considera aceptable (Saaty T. L., The Analytic Hierarchy Process, 1980).

Para obtener los valores necesarios, se siguen los pasos señalados en el capítulo 3.10, todo en función de la matriz original y su matriz normalizada. Obteniendo los siguientes valores:

Criterio	Indicador
Eficiencia	7,722
Eficacia	7,789
Experiencia	7,618
Costo	8,213
Disponibilidad	8,067
Imprevistos	7,173
Responsabilidades	7,163
Promedio	7,678

Tabla 9, promedio de indicadores.

En donde λ_{max} = Promedio.

$$\text{De esta manera } C_I = \frac{7.678-7}{6} = 0.133$$

$$\text{Y } C_{IR} = 1.32 \text{ (ver tabla 2)}$$

Dando como resultado $R_C = \frac{0.133}{1.32} = 0.086$ que es menor a un 0.1 de C_{IR} (10%) por lo que las valoraciones se consideran consistentes.

4.7.2 Creación de la matriz de datos – evaluación de empresas.

Con los datos presentados en 4.6.2 se construye una matriz para cada criterio distinto, en estas matrices las comparaciones pareadas son empresa con empresa, y el tema de comparación en su valoración en el criterio correspondiente.

Matriz 5: Matrices de comparación de empresas según criterio.

Eficiencia				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1	1,601	1,37	4,53
Empresa B	0,625	1	1	4,877
Empresa C	0,730	1	1	4,877
Empresa D	0,221	0,205	0,205	1
Suma Col.	2,575	3,806	3,575	15,284

Matriz 5.1: Eficiencia.

Eficacia				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1	3,471	0,39	5,37
Empresa B	0,288	1	0,128	1
Empresa C	2,564	7,8125	1	7,43
Empresa D	0,186	1,000	0,135	1
Suma Col.	4,038	13,284	1,653	14,800

Matriz 5.2: Eficacia.

Experiencia				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1	2,358	0,288	5,25
Empresa B	0,424	1	0,198	4,017
Empresa C	3,470	5,05	1	9
Empresa D	0,190	0,249	0,111	1
Suma Col.	5,085	8,657	1,597	19,267

Matriz 5.3: Experiencia.

Costos				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1	0,39	3,230	1,870
Empresa B	2,564	1	4,637	5,350
Empresa C	0,310	0,21565667	1	0,39
Empresa D	0,535	0,187	2,564	1
Suma Col.	4,408	1,793	11,431	8,610

Matriz 5.4: Costos

Imprevistos				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1	1,601	0,221	0,268
Empresa B	0,625	1	0,133	0,445
Empresa C	4,530	7,521	1	2,246
Empresa D	3,730	2,246	0,445	1
Suma Col.	9,885	12,368	1,799	3,959

Matriz 5.5: Imprevistos

Disponibilidad				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1,00	1,00	3,73	2,56
Empresa B	1,00	1,00	3,73	2,56
Empresa C	0,27	0,27	1,00	2,79
Empresa D	0,39	0,39	0,36	1,00
Suma Col.	2,66	2,66	8,82	8,91

Matriz 5.6: Disponibilidad.

Responsabilidad				
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Empresa A	1,00	1,00	7,80	1,00
Empresa B	1,00	1,00	7,80	1,00
Empresa C	0,13	0,13	1,00	0,152
Empresa D	1,00	1,00	6,58	1,00
Suma Col.	3,13	3,13	23,17	3,15

Matriz 5.7: Responsabilidad.

4.7.3 Normalización de matrices.

Matriz 6: Matrices normalizadas:

Eficiencia					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,388	0,421	0,383	0,296	0,372
Empresa B	0,243	0,263	0,280	0,319	0,276
Empresa C	0,283	0,263	0,280	0,319	0,286
Empresa D	0,086	0,054	0,057	0,065	0,066

Matriz 6.1: Matriz normalizada eficiencia.

Eficacia					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,248	0,261	0,236	0,363	0,277
Empresa B	0,071	0,075	0,077	0,068	0,073
Empresa C	0,635	0,588	0,605	0,502	0,583
Empresa D	0,046	0,075	0,081	0,068	0,068

Matriz 6.2: Matriz normalizada eficacia.

Experiencia					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,197	0,272	0,180	0,272	0,230
Empresa B	0,083	0,116	0,124	0,208	0,133
Empresa C	0,682	0,583	0,626	0,467	0,590
Empresa D	0,037	0,029	0,070	0,052	0,047

Matriz 6.3: Matriz normalizada experiencia.

Costos					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,227	0,218	0,283	0,217	0,236
Empresa B	0,582	0,558	0,406	0,621	0,542
Empresa C	0,070	0,120	0,087	0,045	0,081
Empresa D	0,121	0,104	0,224	0,116	0,142

Matriz 6.4: Matriz normalizada costos.

Imprevistos					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,101	0,129	0,123	0,068	0,105
Empresa B	0,063	0,081	0,074	0,112	0,083
Empresa C	0,458	0,608	0,556	0,567	0,547
Empresa D	0,377	0,182	0,247	0,253	0,265

Matriz 6.5: Matriz normalizada imprevistos.

Disponibilidad					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,376	0,376	0,423	0,287	0,366
Empresa B	0,376	0,376	0,423	0,287	0,366
Empresa C	0,101	0,101	0,113	0,313	0,157
Empresa D	0,147	0,147	0,041	0,112	0,112

Matriz 6.6 normalizada disponibilidad.

Responsabilidad					
Matriz Normalizada					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Prom. Filas
Empresa A	0,320	0,320	0,337	0,317	0,323
Empresa B	0,320	0,320	0,336	0,317	0,323
Empresa C	0,041	0,041	0,043	0,048	0,043
Empresa D	0,320	0,320	0,284	0,317	0,310

Matriz 6.7 normalizada Responsabilidad.

4.7.4 Prueba de consistencia de Saaty.

Matriz 7: Pruebas de consistencia.

Eficiencia					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,388	0,421	0,383	0,296	4,040
Empresa B	0,243	0,263	0,280	0,319	4,038
Empresa C	0,283	0,263	0,280	0,319	4,031
Empresa D	0,086	0,054	0,057	0,065	4,010
C.I					0,010
R.I					0,9
R.C					0,011

Matriz 7.1: Prueba de consistencia eficiencia.

Eficacia					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,248	0,261	0,236	0,363	4,045
Empresa B	0,071	0,075	0,077	0,068	4,044
Empresa C	0,635	0,588	0,605	0,502	4,059
Empresa D	0,046	0,075	0,081	0,068	4,001
C.I					0,012
R.I					0,9
R.C					0,014

Matriz 7.2: Prueba de consistencia eficacia.

Experiencia					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,039	0,031	0,113	0,014	4,165
Empresa B	0,016	0,013	0,078	0,011	4,034
Empresa C	0,134	0,067	0,392	0,024	4,210
Empresa D	0,007	0,003	0,044	0,003	4,037
				C.I	0,037
				R.I	0,9
				R.C	0,041

Matriz 7.3: Prueba de consistencia experiencia.

Costos					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,051	0,121	0,025	0,025	4,122
Empresa B	0,132	0,311	0,035	0,072	4,207
Empresa C	0,016	0,067	0,008	0,005	4,032
Empresa D	0,028	0,058	0,020	0,013	4,072
				C.I	0,036
				R.I	0,9
				R.C	0,040

Matriz 7.4: Prueba de consistencia costos.

Imprevistos					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,020	0,015	0,077	0,008	4,079
Empresa B	0,012	0,009	0,046	0,013	4,104
Empresa C	0,090	0,070	0,348	0,066	4,092
Empresa D	0,074	0,021	0,155	0,029	4,104
C.I					0,032
R.I					0,9
R.C					0,035

Matriz 7.5: Prueba de consistencia imprevistos.

Disponibilidad					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,074	0,043	0,265	0,033	4,384
Empresa B	0,074	0,043	0,265	0,033	4,384
Empresa C	0,020	0,012	0,071	0,036	4,232
Empresa D	0,029	0,017	0,025	0,013	4,061
C.I					0,088
R.I					0,9
R.C					0,098

Matriz 7.6: Prueba de consistencia disponibilidad.

Responsabilidad					
Razón de consistencia					
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Indicador
Empresa A	0,063	0,037	0,211	0,037	4,005
Empresa B	0,063	0,037	0,211	0,037	4,005
Empresa C	0,008	0,005	0,027	0,006	4,001
Empresa D	0,063	0,037	0,178	0,037	4,004
				C.I	0,001
				R.I	0,9
				R.C	0,001

Matriz 7.7: Prueba de consistencia responsabilidad.

Todas las pruebas de consistencia realizadas tienen una razón de consistencia (R.C) menor al 10% del valor máximo tabulado, por lo que, según lo señalado en el capítulo 3.10, se consideran lo suficientemente consistentes y, por consiguiente, aceptadas.

CAPÍTULO V. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los valores obtenidos en el capítulo IV, deben ser analizados en conjunto con la estructuración del problema para determinar cuál de las alternativas es la más conveniente, a continuación, se presenta la síntesis de resultados y su efecto proporcional en cada criterio del problema, la relevancia global y local de cada uno de estos, junto con su relevancia, y la manera en que cada empresa es evaluada según estos.

5.1 Pesos globales, locales y totales de cada alternativa.

		Global	Local	Total	Peso total
Empresa A	Eficiencia	0,208	0,372	0,077	0,281
	Eficacia	0,194	0,277	0,054	
	Experiencia	0,090	0,230	0,021	
	Costos	0,324	0,236	0,076	
	Disponibilidad	0,114	0,366	0,042	
	Imprevistos	0,051	0,105	0,005	
	Responsabilidad	0,018	0,323	0,006	
Empresa B	Eficiencia	0,208	0,276	0,057	0,311
	Eficacia	0,194	0,073	0,014	
	Experiencia	0,090	0,133	0,012	
	Costos	0,324	0,542	0,176	
	Disponibilidad	0,114	0,366	0,042	
	Imprevistos	0,051	0,083	0,004	
	Responsabilidad	0,018	0,323	0,006	
Empresa C	Eficiencia	0,208	0,286	0,059	0,299
	Eficacia	0,194	0,583	0,113	
	Experiencia	0,090	0,590	0,053	
	Costos	0,324	0,081	0,026	
	Disponibilidad	0,114	0,157	0,018	
	Imprevistos	0,051	0,547	0,028	
	Responsabilidad	0,018	0,043	0,001	
Empresa D	Eficiencia	0,208	0,066	0,014	0,109
	Eficacia	0,194	0,068	0,013	
	Experiencia	0,090	0,047	0,004	
	Costos	0,324	0,142	0,046	
	Disponibilidad	0,114	0,112	0,013	

Imprevistos	0,051	0,265	0,014
Responsabilidad	0,018	0,310	0,006

Tabla 10: Pesos locales, globales y totales.

La tabla 10 es un resumen del peso global de cada alternativa, el peso local de cada empresa, según la oferta que proponen, y el peso total que cada una obtiene luego de haber sido evaluada en cada subcriterio definido.

En la columna *Global*, se encuentra el porcentaje en que cada criterio afecta la decisión final, desde la perspectiva de la estructuración del problema, a modo de ejemplo, el factor con mayor índice de peso es costo, con 0.324, que se traduce en que del 100% de la decisión final, un 32,4% estará definido por las diferencias de costo que propongan las empresas y como los evaluadores la perciban, por otro lado, el subcriterio *Responsabilidades*, tiene solamente un 1.8% de influencia, por lo que su impacto en la decisión final será, general pero no conclusivamente, nula. Es importante señalar que estos valores se repiten en la valoración de cada empresa, ya que al momento de definirlos se evalúan desde la perspectiva de la empresa usuaria, y no desde la perspectiva de cada oferente, por lo que deben ser un factor de medición común para todas las participantes.

La segunda columna, *Local*, indica el porcentaje que cada empresa posee, en cada criterio, de un todo, y dichos valores pueden ser utilizados para comparar de manera directa dos alternativas, se puede decir, por ejemplo, que, en el apartado eficacia, la empresa A, que posee un 0.277 o un 27.7% comparada con la empresa D, cuyo valor es de 0.068 o un 6.8%, es un $\frac{27.7}{6.8} = 4.074$ veces mejor. Notar como la suma de los elementos de un mismo criterio de las distintas alternativas es 1.

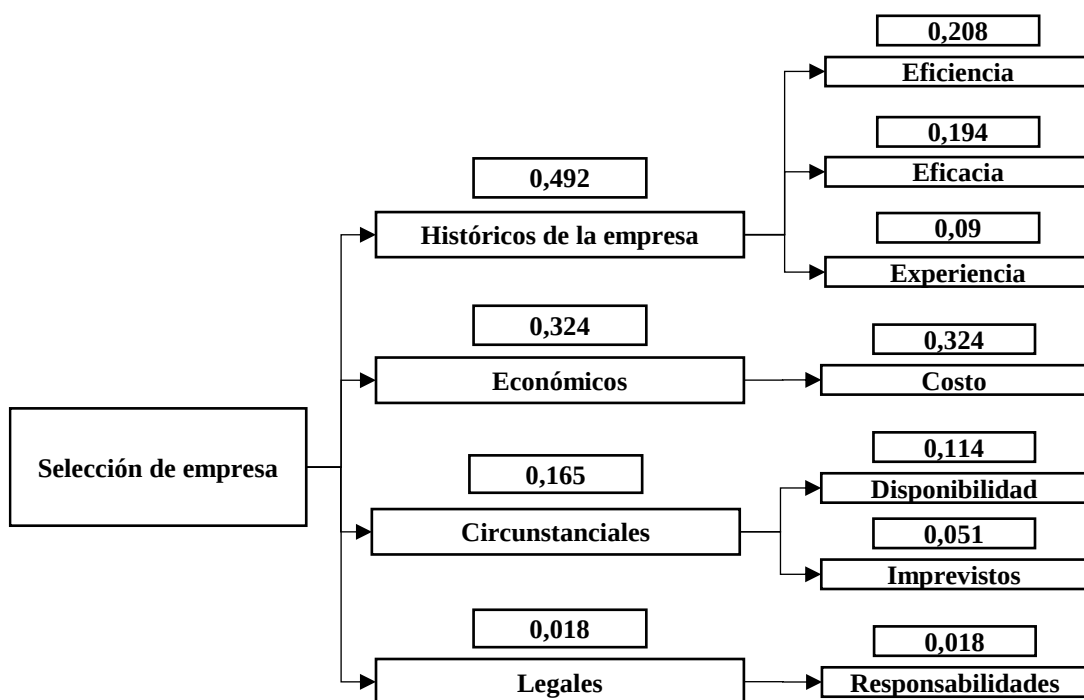
En la columna *total*, que indica el resultado de multiplicar el respectivo valor de la columna *global* por el respectivo valor de la columna *Local*, se encuentra el número definitivo que cada subcriterio aportará a la evaluación final de cada oferta. La suma de todos

los valores de esta columna es 1, equivalente al 100% de las ofertas, de esta manera se puede decir, que, la eficacia de la empresa A le significará 0.077 o 7.7% de impacto del valor total final.

Finalmente, la columna *Peso final* indica qué porcentaje del 100% representante se adjudica cada propuesta.

5.2 Representación jerárquica del peso de cada criterio.

Los siguientes esquemas representan de manera gráfica lo explicado en el capítulo 5.1, además, se puede apreciar el que peso de cada agrupación de subcriterios, es decir, cada criterio tiene en la decisión final, o, en otras palabras, la resolución de la pregunta inicial.



Esquema 3: Representación jerárquica del peso de cada criterio.

Según lo mostrado en el esquema anterior, es importante notar como, en este caso en específico, al momento de evaluar el costo como subcriterio, este resultó ser el más influyente, desde la perspectiva de la empresa usuaria, si se devuelve a un nivel de jerarquización anterior, el apartado económico, al solo tener de subcriterio el costo, se mantendría con el mismo valor, sin embargo, los antecedentes históricos de la empresa, al agrupar 3 subcriterios relativamente altos, se volvería el criterio de mayor impacto, denotando de esta manera la importancia de deconstruir el problema en criterios y subcriterios los más representantes posible.

5.3 Decisión final.

Según lo indicado en la sección 5.1, los pesos globales de cada empresa según las circunstancias definidas son los siguientes:

Empresa	Pesos totales
A	0,281
B	0,311
C	0,299
D	0,109

Como se puede observar, la empresa B es quien posee un valor objetivamente más grande, por lo que podría decirse que es la mejor opción a subcontratar, sin embargo, si se observan las diferencias porcentuales de cada comparación

	A	B	C	D
A	0	-9,6	-6,0	157,8
B	10,7	0	4,0	185,3
C	6,4	-3,9	0	174,3
D	-61,2	-65,0	-63,5	0

Tabla 11: Empresa X (columnas) Sobre empresa Y (filas), comparación porcentual.

Lo primero, y que se puede afirmar con más certeza, es que la opción D es la peor en todos los casos, siendo superada por todas las empresas en al menos un 150% de rendimiento.

La diferencia entre las empresas A, B y C, es mínima, sin embargo, la opción A es inferior a las otras dos alternativas, por lo que la opción dependerá de las preferencias del contratante, entre las opciones B y C es importante señalar como hasta este momento todas las valoraciones han sido realizadas por expertos, y no necesariamente por el interesado, por lo que, al estar estas diferencias tan reñidas, deberá este último construir su propia escala de valoración con los subcriterios asignados.

La siguiente matriz representa las preferencias, según la escala de Saaty del contratante:

	Matriz de datos Valoración Contratante						
	Eficiencia	Eficacia	Experiencia	Costo	Disponibilidad	Imprevistos	Responsabilidades
Eficiencia	1,000	1,000	1,000	3,000	7,000	9,000	9,000
Eficacia	1,000	1,000	1,000	3,000	5,000	7,000	9,000
Experiencia	0,333	1,000	1,000	1,000	3,000	9,000	9,000
Costo	0,333	0,333	1,000	1,000	9,000	9,000	9,000
Disponibilidad	0,143	0,200	0,333	0,111	1,000	1,000	9,000
Imprevistos	0,111	0,143	0,111	0,111	1,000	1,000	5,000
Responsabilidades	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,158	1,000
Suma Columnas	3,032	3,787	4,556	8,333	26,111	36,158	51,000

Matriz 8: Matriz de datos Valoración contratante.

Siguiente los pasos descritos en el capítulo 3.9, se obtiene la siguiente matriz normalizada:

	Matriz normalizada							
	Eficiencia	Eficacia	Experiencia	Costo	Disponibilidad	Imprevistos	Responsabilidades	Promedio filas
Eficiencia	0,330	0,264	0,220	0,360	0,268	0,249	0,176	0,267
Eficacia	0,330	0,264	0,220	0,360	0,191	0,194	0,176	0,248
Experiencia	0,110	0,264	0,220	0,120	0,115	0,249	0,176	0,179
Costo	0,110	0,088	0,220	0,120	0,345	0,249	0,176	0,187
Disponibilidad	0,047	0,053	0,073	0,013	0,038	0,028	0,176	0,061
Imprevistos	0,037	0,038	0,024	0,013	0,038	0,028	0,098	0,039
Responsabilidades	0,037	0,029	0,024	0,013	0,004	0,004	0,020	0,019
Suma Columnas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Matriz 9: Matriz de datos valoración contratante normalizada.

Obteniendo de esta manera, los pesos de cada criterio desde la perspectiva del contratante:

Criterio	Peso
Eficiencia	0,267
Eficacia	0,248
Experiencia	0,179
Costo	0,187
Disponibilidad	0,061

Imprevistos	0,039
Responsabilidades	0,019

Tabla 12: Pesos de cada criterio según contratante.

De lo anterior se observa que el contratante valoriza más las opciones de eficiencia y eficacia, al haber un empate práctico entre las opciones B y C, se procede a comparar los valores locales de cada empresa en cada criterio, con los expresados por el mandante, obteniendo de esta manera

		Local	Mandante	Peso individual	Peso total
Empresa B	Eficiencia	0,28	0,267	0,074	0,24866
	Eficacia	0,07	0,248	0,018	
	Experiencia	0,13	0,179	0,024	
	Costos	0,54	0,187	0,101	
	Disponibilidad	0,37	0,061	0,022	
	Imprevistos	0,08	0,039	0,003	
	Responsabilidad	0,32	0,019	0,006	
Empresa C	Eficiencia	0,29	0,267	0,076	0,37343
	Eficacia	0,58	0,248	0,145	
	Experiencia	0,59	0,179	0,106	
	Costos	0,08	0,187	0,015	
	Disponibilidad	0,16	0,061	0,010	
	Imprevistos	0,55	0,039	0,021	
	Responsabilidad	0,04	0,019	0,001	

Tabla 13: Peso total considerando las preferencias del mandante.

De lo cual se concluye que la opción C es la opción que mejor cumple con las necesidades del contratante y la valoración de los expertos, tanto en empresas como en la descomposición del problema.

De este último paso, se observa uno de los grandes beneficios del método PAJ, la conjugación y unión de distintos tipos y fuentes de criterios para la toma de una decisión que satisfaga de la mejor manera posible, tanto el problema inicial per se, como los intereses particulares de quien debe resolver, esto resulta particularmente importante para el caso de la construcción civil, en donde ambos factores son específicos en cada proyecto, y además, los distintos tipos de prioridades de cada faena, tarea, condición o criterio pueden llegar a ser muy variable debido a inconvenientes o situaciones que surjan a lo largo del proceso, en el caso presentado, si bien el factor económico lideró la importancia de juicios durante la mayor parte de la aplicación del método, y sirvió para hacer un primer filtro entre las opciones, por los intereses particulares del mandante, la eficiencia resultó ser el factor decisivo, debido al interés y valoración que este le asignó. Con esto no se debe entender que el factor económico pierde toda relevancia, sino que, los dos factores de mayor interés de cada parte involucrada convergen para encontrar la solución más óptima.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.

La identificación y reunión de expertos en el área se logró de manera exitosa en las distintas etapas de este trabajo, ajustando los requerimientos necesarios en cada etapa del proceso para su implementación de la manera más expedita y fiel según las necesidades, esto permitió que la recopilación de datos, conocimientos y opiniones pudieran ser compiladas de manera óptima.

A raíz de lo anterior, la jerarquización del proceso ha mostrado ser una muy buena manera de abordar un problema, esto coincide con el método de estructura de descomposición del trabajo (*Work breakdown structure, WBS*) utilizado en distintos tipos de administración de obra (*Design-build, EPC, EPCI, entre otros*) por lo que el proceso analítico jerárquico, en estos tipos de contratos, adquiere un valor agregado, al estar a priori, esta parte ya estructurada. En el trabajo presentado, los criterios utilizados fueron definidos a partir de investigación bibliográfica, y validados por personal con vasta experiencia en el área, esto debido al conocimiento previo sobre posibles factores de interés, pero es necesario mencionar que, ante problemas novedosos o situaciones con pocos antecedentes bibliográficos, esta etapa deba llevarse a cabo desde cero, solicitando aportes y alternativas a los encuestados, para que luego sean validadas nuevamente.

-

La ejecución de la metodología propuesta fue un éxito, evaluando correctamente las empresas según sus características, y eligiendo la que se ajusta de manera más proporcional a los intereses del contratista y a la opinión de los expertos que lo asesoran, cabe señalar que, en este caso la opinión de quien contrata fue necesaria y decisiva para romper un empate, en donde la ventaja de una empresa sobre otra era virtualmente inexistente y podía no representar necesariamente la mejor opción, la capacidad de este método para resolver estas situaciones lo hacen idóneo para el ámbito de la construcción, en el que las necesidades son volátiles, y muchas veces hay que resolver problemas de manera espontánea, priorizando criterios que en otras etapas se hubieran jerarquizado de otra manera.

Por lo señalado anteriormente, se puede decir que el proceso analítico jerárquico es una excelente herramienta de toma de decisiones, sobre todo si se cuenta con el personal (expertos) necesarios y puede ser aplicado en todo momento del proyecto.

Sin embargo, al aplicar este método, se deben tener en cuenta posibles inconvenientes, para obras demasiado grandes, en donde la jerarquización de los problemas sea muy engorrosa y complicada o en proyectos en donde el personal con conocimientos necesarios sea escaso, aplicar este método podría no ser lo más recomendable. De manera más general, al aplicar este método el constructor debe tener en consideración, en primer lugar, que para su correcta aplicación y ejecución, debe haber un trabajo minucioso y detallado tanto como en la programación de obras, como en el correcto registro de los avances y los inconvenientes presentados para poder identificar el problema, a su vez, este debe estar definido de la manera más íntegra y honesta posible, y así identificar las características que harán de su panel de expertos un conjunto de profesionales idóneos, teniendo en cuenta que este trabajo debe requerir la coordinación de distintas áreas y especialidades.

Para finalizar, es importante señalar que el proceso analítico jerárquico, debido a la naturaleza cualitativas de sus encuestas no pretende ni busca dar una respuesta concreta ni absoluta (como se pudo observar en el caso práctico realizado en esta memoria), si no que su máxima función, y con lo que debe ser en mente utilizado, es visualizar las partes más importantes del problema presentado, compararlas, evaluarlas y enfrentarlas, y con esa información, tomar la decisión que mejor le parezca a quien contrata.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Auer, P., Geneviève, B., & Dominique, M. (2005). Offshoring and the Internationalization of Employment. *France/ILO Symposium*. Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement.
- Basualdo, V., & Morales, D. (2014). *a tercerización laboral: orígenes, impacto y claves para su análisis en América Latina*. Buenos Aires: Siglo veintiuno.
- Cohen, R., & Swerdlik, M. (2001). *Pruebas y evaluación psicológica. Introducción a las pruebas y a la medición*. Ciudad de México.: McGraw Hill.
- Crisóstomo, A., & Herrera, A. F. (2018). *Metodología de toma de decisiones para la selección de subcontratos en la industria de la construcción*. Chile.
- ENCLA. (2014). *Informe de resultados, octava encuesta laboral*. Chile.
- ENCLA. (2019). *Informe de resultados, novena encuesta laboral*.
- Escobar Pérez, J., & Cuervo Martínez, Á. (2008). *VALIDEZ DE CONTENIDO Y JUICIO DE EXPERTOS: UNA APROXIMACIÓN A SU UTILIZACIÓN*.
- Fechner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik*.
- Fechner, G. T. (1966). *Elements of Psychophysics*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Gable, R. K., & Wolf, M. B. (1993). *Instrument development in the affective domain : measuring attitudes and values in corporate and school settings*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

- Hyrkas, K., Appelqvist-Schmidlechner, K., & Oksa, L. (2003). *Validating an Instrument for Clinical Supervision Using an Expert Panel. International Journal of Nursing Studies.*
- León, O. G., & Fernandez Madrid, C. (2001). *Tomar decisiones difíciles.* Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Ley N° 20.123. (13 de OCT de 2006). *REGULA TRABAJO EN REGIMEN DE SUBCONTRATACION, EL FUNCIONAMIENTO DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS TRANSITORIOS Y EL CONTRATO DE TRABAJO DE SERVICIOS TRANSITORIOS.* Chile: Diario Oficial de 16.10.06.
- Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. *Psychological Review.*
- Rodriguez, L. B., & Dean, M. (2009). *Outsourcing, respuesta desde los trabajadores.* Cuauhtémoc: Centro de Investigación Laboral y Asesoría Sindical, A. C.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process.* New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (2001). DERIVING THE AHP 1-9 SCALE FROM FIRST PRINCIPLES. *ISAHP, 2001.*
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 83-98.
- Saaty, T. L., Rogers, P. C., & Pell, R. (1980). *Portfolio selection through hierarchies.* The Journal of Portfolio Management Spring.
- Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2001). *Expert judgment and risk perception.*

Uquilla, C. A. (2007). *El Outsourcing en el Ecuador*. Observatorio de la Economía Latinoamericana.

VIII. ANEXOS

Anexo A: Formato de encuesta para definir subcriterios.

Encuesta memoria de título			
Propuesta metodológica AHP en decisiones de subcontratación. Universidad técnica Federico Santa María. Patricio Gabriel Miranda Norambuena.			
El objetivo de esta encuesta es qué tan seguido considera los siguientes conceptos, al momento de tomar la decisión de qué empresa subcontratar para el retiro de material volumétrico en una obra.			
Las características a comparar son las siguientes:			
EFICIENCIA: Se refiere a la cantidad de recursos utilizados para lograr el objetivo propuesto. Se considera el material total teórico en relación al material total requerido, tanto como la diferencia de tiempos entre lo propuesto y lo ejecutado			
EFICACIA: Se refiere a la capacidad del oferente para cumplir con la meta, sin tener en consideración la optimización de recursos.			
EXPERIENCIA: Hace relación a la cantidad de obra ejecutada en el ámbito seleccionado.			
COSTO: El precio del trabajo subcontratado, tanto total como por unidad de obra.			
DISPONIBILIDAD: La inmediatez con que la empresa subcontratada tiene los recursos, humanos, materiales y equipamiento, para comenzar y terminar de realizar el trabajo.			
COYUNTURAS: Entiéndase en este contexto como, situaciones excepcionales que requieran la sub contratación de un factor externo			
TRANSITORIEDAD DEL TRABAJO: El trabajo realizado es por un corto período de tiempo en relación a la duración de la obra.			
RESPONSABILIDADES: Para efectos de la comparación, entiéndase como responsabilidades a los beneficios que otorga la sub contratación en relación a la contratación directa.			
Marque la alternativa que mejor represente la frecuencia de uso.			
	Siempre	A veces	Nunca
Eficiencia			
Eficacia			
Experiencia			
Costo			
Disponibilidad			
Coyunturas			
Transitoriedad			
Responsabilidades			
Observaciones:			
Otros Criterios a tener en cuenta:			

Anexo B: Resultados encuesta definición de subcriterios.

	Siempre	A veces	Nunca
Eficiencia	10		
Eficacia	10		
Experiencia	10		
Costo	10		
Disponibilidad	10		
Coyunturas	10		
Transitoriedad	1		9
Responsabilidades	10		

Anexo C: Formato de encuestas comparación de subcriterios.

Encuesta memoria de título
Propuesta metodológica AHP en decisiones de subcontratación. Universidad técnica Federico Santa María. Patricio Gabriel Miranda Norambuena.
El objetivo de esta encuesta es determinar el nivel de importancia relativa de las siguientes características al momento de tomar la decisión de qué empresa subcontratar para el retiro de material volumétrico en una obra. Las características a comparar son las siguientes: EFICIENCIA: Se refiere a la cantidad de recursos utilizados para lograr el objetivo propuesto. Se considera el material total teórico en relación al material total requerido, tanto como la diferencia de tiempos entre lo propuesto y lo ejecutado EFICACIA: Se refiere a la capacidad del oferente para cumplir con la meta, sin tener en consideración la optimización de recursos. EXPERIENCIA: Hace relación a la cantidad de obra ejecutada en el ámbito seleccionado. COSTO: El precio del trabajo subcontratado, tanto total como por unidad de obra. DISPONIBILIDAD: La inmediatez con que la empresa subcontratada tiene los recursos, humanos, materiales y equipamiento, para comenzar y terminar de realizar el trabajo. IMPREVISTOS: situaciones excepcionales, que no fueron consideradas a priori por ignorancia, descuido o lógica, que requieran la subcontratación de un factor externo. Para efectos del cuestionario, entiéndase como la capacidad de la empresa subcontratada para solucionar estas situaciones. TRANSITORIEDAD DEL TRABAJO: El trabajo realizado es por un corto período de tiempo en relación a la duración de la obra. RESPONSABILIDADES: Para efectos de la comparación, entiéndase como responsabilidades a los beneficios que otorga la subcontratación en relación a la contratación directa. Se debe marcar en la columna central la opción que más sentido le haga al comparar los términos de los costados. Se debe marcar en la columna central la opción que más sentido le haga al comparar los términos de los costados. La opción que elija tiene un equivalente numérico, el AHP se basa en la reciprocidad de las comparaciones, por lo que si usted compara A con B obtendrá un valor, al comparar B con A, el valor obtenido será el recíproco del primero, por lo que no es necesario evaluar todas las combinaciones de pares

EFICIENCIA	Levemente más importante que.	EFICACIA
EFICIENCIA		EXPERIENCIA
EFICIENCIA		COSTO
EFICIENCIA		DISPONIBILIDAD
EFICIENCIA	Extremadamente más importante que	IMPREVISTOS
EFICIENCIA	Fuertemente más importante que	TRANSITORIEDAD
EFICIENCIA	Notablemente más importante que	RESPONSABILIDADES
EFICIENCIA	Levemente más importante que.	
EFICIENCIA	Igualmente importante que	
EFICIENCIA	Levemente menos importante que.	
EFICIENCIA	Notablemente menos importante que	

EFICACIA		EXPERIENCIA
EFICACIA		COSTO
EFICACIA		DISPONIBILIDAD
EFICACIA		COYUNTURAS
EFICACIA		TRANSITORIEDAD
EFICACIA		RESPONSABILIDADES

EXPERIENCIA		COSTO
EXPERIENCIA		DISPONIBILIDAD
EXPERIENCIA		IMPREVISTOS
EXPERIENCIA		TRANSITORIEDAD
EXPERIENCIA		RESPONSABILIDADES

COSTO		DISPONIBILIDAD
COSTO		IMPREVISTOS
COSTO		TRANSITORIEDAD
COSTO		RESPONSABILIDADES

DISPONIBILIDAD		IMPREVISTOS
DISPONIBILIDAD		TRANSITORIEDAD
DISPONIBILIDAD		RESPONSABILIDADES

IMPREVISTOS		TRANSITORIEDAD
IMPREVISTOS		RESPONSABILIDADES

RESPONSABILIDADES		RESPONSABILIDADES
-------------------	--	-------------------

Anexo D: Resultados encuesta comparación criterios y media geométrica.

	Eficiencia v/s Eficacia	Eficacia v/s Eficiencia	Eficiencia v/s Experiencia	Experiencia v/s Eficiencia
Experto 1	1	1	1	1,0
Experto 2	1	1	9	0,1
Experto 3	3	0,3	5	0,2
Experto 4	1	1	9	0,1
Experto 5	3	0,3	1	1,0
Experto 6	1	1	1	1,0
Experto 7	1	1	9	0,1
Experto 8	1	1	1	1,0
Experto 9	1	1	5	0,2
Experto 10	1	1	9	0,1
Media Geométrica	1,246	0,803	3,323	0,301
Reciprocidad	1		1	

	Eficiencia v/s Costo	Costo v/s Eficiencia	Eficiencia v/s Disponibilidad	Disponibilidad v/s Eficiencia
Experto 1	1	1,0	5	0,2
Experto 2	1	1,0	5	0,2
Experto 3	0,3	3,0	1	1,0
Experto 4	0,3	3,0	5	0,2
Experto 5	1,0	1,0	0,1	9,0
Experto 6	5	0,2	3	0,3
Experto 7	1	1,0	3	0,3
Experto 8	0,3	3,3	5	0,2
Experto 9	0,2	5,0	5	0,2
Experto 10	0,3	3,3	5	0,2
Media Geométrica	0,631	1,585	2,623	0,381
Reciprocidad	1		1	

	Eficiencia v/s Imprevistos	Imprevistos v/s Eficiencia	Eficiencia v/s Responsabilidades	Responsabilidades v/s Eficiencia
Experto 1	5	0,2	9	1,0
Experto 2	9	0,1	9	1,0
Experto 3	5	0,2	9	1,0
Experto 4	9	0,1	9	1,0
Experto 5	1	1,0	9	1,0
Experto 6	5	0,2	9	1,0
Experto 7	3	0,3	9	1,0
Experto 8	3	0,3	9	1,0
Experto 9	1	1,0	9	1,0
Experto 10	5	0,2	9	1,0
Media Geométrica	3,68	0,272	9	0,11
Reciprocidad	1		1	

	Eficacia v/s Experiencia	Experiencia v/s Eficacia	Eficacia v/s Costo	Costo v/s Eficacia
Experto 1	5	0,2	1	1,0
Experto 2	1	1,0	1	1,0
Experto 3	3	0,3	0,3	3,3
Experto 4	3	0,3	1	1,0
Experto 5	3	0,3	1	1,0
Experto 6	1	1,0	0,5	2,0
Experto 7	1	1,0	1	1,0
Experto 8	3	0,3	1	1,0
Experto 9	5	0,2	1	1,0
Experto 10	1	1,0	1	1,0
Media Geométrica	3,68	0,272	0,827	1,209
Reciprocidad	1		1	

	Eficacia v/s Disponibilidad	Disponibilidad v/s Eficacia	Eficacia v/s Imprevistos	Imprevistos v/s Eficacia
Experto 1	3	0,3	5	0,2
Experto 2	5	0,2	5	0,2
Experto 3	1	1,0	7	0,1
Experto 4	3	0,3	5	0,2
Experto 5	1	1,0	7	0,1
Experto 6	3	0,3	3	0,3
Experto 7	3	0,3	7	0,1
Experto 8	1	1,0	3	0,3
Experto 9	5	0,2	5	0,2
Experto 10	5	0,2	3	0,3
Media Geométrica	3,68	0,272	2,515	0,397
Reciprocidad	1		1	

	Experiencia v/s Disponibilidad	Responsabilidades v/s Eficacia	Experiencia v/s Imprevistos	Imprevistos v/s Experiencia
Experto 1	2,00	0,5	3	0,3
Experto 2	1,00	1,0	4	0,3
Experto 3	2,00	0,5	1	1,0
Experto 4	0,20	5,0	4	0,3
Experto 5	0,33	3,0	3	0,3
Experto 6	1,00	1,0	2	0,5
Experto 7	2,00	0,5	3	0,3
Experto 8	0,50	2,0	4	0,3
Experto 9	0,50	2,0	1	1,0
Experto 10	0,50	2,0	3	0,3
Media Geométrica	0,762	1,313	2,521	0,397
Reciprocidad	1		1	

	Experiencia v/s Responsabilidades	Responsabilidades v/s Experiencia	Costo v/s Imprevistos	Imprevistos v/s costo
Experto 1	9,00	0,1	9	0,11
Experto 2	9,00	0,1	9	0,11
Experto 3	9,00	0,1	9	0,11
Experto 4	9,00	0,1	9	0,11
Experto 5	9,00	0,1	9	0,11
Experto 6	9,00	0,1	9	0,11
Experto 7	9,00	0,1	9	0,11
Experto 8	9,00	0,1	9	0,11
Experto 9	9,00	0,1	9	0,11
Experto 10	9,00	0,1	9	0,11
Media Geométrica	9	0,11	9	0,11
Reciprocidad	1		1	

	Costo v/s Responsabilidades	Responsabilidades v/s Costo	Costo v/s Imprevistos	Imprevistos v/s costo
Experto 1	9,00	0,1	9	0,11
Experto 2	9,00	0,1	9	0,11
Experto 3	9,00	0,1	9	0,11
Experto 4	9,00	0,1	9	0,11
Experto 5	9,00	0,1	9	0,11
Experto 6	9,00	0,1	9	0,11
Experto 7	9,00	0,1	9	0,11
Experto 8	9,00	0,1	9	0,11
Experto 9	9,00	0,1	9	0,11
Experto 10	9,00	0,1	9	0,11
Media Geométrica	9	0,11	9	0,11
Reciprocidad	1		1	

	Disponibilidad / Responsabilidades-	Responsabilidades/disponibilidad
Experto 1	9,00	0,11
Experto 2	9,00	0,11
Experto 3	9,00	0,11
Experto 4	9,00	0,11
Experto 5	9,00	0,11
Experto 6	9,00	0,11
Experto 7	9,00	0,11
Experto 8	9,00	0,11
Experto 9	9,00	0,11
Experto 10	9,00	0,11
Media Geométrica	9	0,11
Reciprocidad	1	

Anexo E: Formato de encuesta comparación entre empresas.

En términos de Eficiencia, usted diría que:		
EMPRESA A	Extremadamente mejor que	EMPRESA B
EMPRESA A		EMPRESA C
EMPRESA A		EMPRESA D
EMPRESA B	Extremadamente mejor que	EMPRESA C
EMPRESA B	Fuertemente mejor que	EMPRESA D
EMPRESA C	Notablemente mejor que	EMPRESA D
	Levemente mejor que.	
	Igual que	
	Levemente peor que.	
	Notablemente peor que	
EMPRESA A	Notablemente mejor que	EMPRESA B
EMPRESA A		EMPRESA C
EMPRESA A		EMPRESA D
EMPRESA B		EMPRESA C
EMPRESA B		EMPRESA D
EMPRESA C		EMPRESA D

En términos de experiencia, usted diría que:		
EMPRESA A	Igual que	EMPRESA B
EMPRESA A		EMPRESA C
EMPRESA A		EMPRESA D
EMPRESA B		EMPRESA C
EMPRESA B		EMPRESA D
EMPRESA C		EMPRESA D

En términos de costo, usted diría que:		
EMPRESA A	Igual que	EMPRESA B
EMPRESA A		EMPRESA C
EMPRESA A		EMPRESA D
EMPRESA B		EMPRESA C
EMPRESA B		EMPRESA D
EMPRESA C		EMPRESA D

Anexo F: Resultado encuestas comparación de empresas y media geométrica.

	Empresa A v/s Empresa B							Empresa B v/s Empresa A						
	Eficiencia		Eficiencia		Experiencia		Costo		Imprevistos		Disponibilidad		Responsabilidades	
Experto 1	1	1,0	3,000	0,33	3,000	0,33	0,33	3,000	1,000	1,00	1,000	1	1,000	1
Experto 2	1	1,0	5,000	0,20	3,000	0,33	0,33	3,000	1,000	1,00	1,000	1	1,000	1
Experto 3	3	0,3	3,000	0,33	3,000	0,33	1,00	1,000	1,000	1,00	1,000	1	1,000	1
Experto 4	1	1,0	5,000	0,20	3,000	0,33	0,33	3,000	3,000	0,33	1,000	1	1,000	1
Experto 5	3	0,3	3,000	0,33	1,000	1,00	0,33	3,000	3,000	0,33	1,000	1	1,000	1
Experto 6	3	0,3	3,000	0,33	1,000	1,00	0,33	3,000	3,000	0,33	1,000	1	1,000	1
Experto 7	1	1,0	3,000	0,33	5,000	0,20	0,33	3,000	1,000	1,00	1,000	1	1,000	1
Media Geométrica	1,601	0,624	3,471	0,288	2,358	0,424	0,390	2,564	1,601	0,624	1,000	1,000	1,000	1,000
Reciprocidad	1		1		1		1		1		1		1	

	Empresa A v/s Empresa C							Empresa C v/s Empresa A						
	Eficiencia		Eficiencia		Experiencia		Costo		Imprevistos		Disponibilidad		Responsabilidades	
Experto 1	1	1,0	3,000	0,33	3,000	0,33	3,00	0,333	0,143	7,00	3,000	0,3333	9,000	0,1111
Experto 2	1	1,0	3,000	0,33	7,000	0,14	3,00	0,333	0,200	5,00	3,000	0,3333	7,000	0,1429
Experto 3	3	0,3	5,000	0,20	9,000	0,11	5,00	0,200	0,143	7,00	3,000	0,3333	7,000	0,1429
Experto 4	1	1,0	3,000	0,33	7,000	0,14	3,00	0,333	0,200	5,00	5,000	0,2	9,000	0,1111
Experto 5	3	0,3	3,000	0,33	5,000	0,20	3,00	0,333	0,143	7,00	5,000	0,2	7,000	0,1429
Experto 6	1	1,0	1,000	1,00	5,000	0,20	3,00	0,333	0,200	5,00	5,000	0,2	7,000	0,1429
Experto 7	1	1,0	1,000	1,00	7,000	0,14	3,00	0,333	0,143	7,00	3,000	0,3333	9,000	0,1111
Media Geométrica	1,369	0,731	2,358	0,424	5,839	0,171	3,227	0,310	0,165	6,060	3,734	0,268	7,796	0,128
Reciprocidad	1		1		1		1		1		1		1	

	Empresa A v/s Empresa D							Empresa D v/s Empresa A						
	Eficiencia		Eficiencia		Experiencia		Costo		Imprevistos		Disponibilidad		Responsabilidades	
Experto 1	5	0,2	3	0,3	9	0,1	1	1,0	0,33	3	3	0,3	1	1,0
Experto 2	7	0,1	5	0,2	9	0,1	1	1,0	0,33	3	3	0,3	1	1,0
Experto 3	5	0,2	5	0,2	7	0,1	3	0,3	1,00	1	3	0,3	1	1,0
Experto 4	3	0,3	3	0,3	7	0,1	1	1,0	0,50	2	3	0,3	1	1,0
Experto 5	3	0,3	3	0,3	7	0,1	3	0,3	1,00	1	3	0,3	1	1,0
Experto 6	5	0,2	3	0,3	7	0,1	3	0,3	1,00	1	3	0,3	1	1,0
Experto 7	5	0,2	3	0,3	9	0,1	3	0,3	1,00	1	1	1,0	1	1,0
Media Geométrica	4,534	0,221	3,471	0,288	7,796	0,128	1,873	0,534	0,662	1,511	2,564	0,390	1,000	1,000
Reciprocidad	1		1		1		1		1		1		1	

	Empresa B v/s Empresa C							Empresa C v/s Empresa B						
	Eficiencia		Eficiencia		Experiencia		Costo		Imprevistos		Disponibilidad		Responsabilidades	
Experto 1	1	1,0	9	0,1	0,11	9	4	0,3	0,11	9	5	0,2	9	0,1
Experto 2	1	1,0	9	0,1	0,11	9	4	0,3	0,14	7	5	0,2	7	0,1
Experto 3	1	1,0	7	0,1	0,14	7	5	0,2	0,14	7	3	0,3	9	0,1
Experto 4	1	1,0	7	0,1	0,14	7	4	0,3	0,11	9	5	0,2	7	0,1
Experto 5	1	1,0	9	0,1	0,11	9	6	0,2	0,11	9	7	0,1	7	0,1
Experto 6	1	1,0	7	0,1	0,11	9	4	0,3	0,14	7	5	0,2	7	0,1
Experto 7	1	1,0	7	0,1	0,11	9	6	0,2	0,14	7	4	0,3	9	0,1
Media Geométrica	1,000	1,000	7,796	0,128	0,119	8,376	4,637	0,216	0,128	7,796	4,724	0,212	7,796	0,128
Reciprocidad	1		1		1		1		1		1		1	

	Empresa B v/s Empresa D							Empresa D v/s Empresa B						
	Eficiencia		Eficiencia		Experiencia		Costo		Imprevistos		Disponibilidad		Responsabilidades	
Experto 1	5	0,2	1	1,0	5	0,2	0,33	3	2	0,5	9	0,1	1	1,0
Experto 2	7	0,1	1	1,0	7	0,1	0,20	5	1	1,0	9	0,1	1	1,0
Experto 3	5	0,2	1	1,0	7	0,1	0,20	5	3	0,3	7	0,1	1	1,0
Experto 4	5	0,2	1	1,0	5	0,2	0,20	5	4	0,3	7	0,1	1	1,0
Experto 5	5	0,2	1	1,0	3	0,3	0,14	7	3	0,3	9	0,1	1	1,0
Experto 6	5	0,2	1	1,0	5	0,2	0,14	7	2	0,5	7	0,1	1	1,0
Experto 7	3	0,3	1	1,0	5	0,2	0,14	7	2	0,5	7	0,1	1	1,0
Media Geométrica	4,877	0,205	1,000	1,000	5,117	0,195	0,186	5,369	2,246	0,445	7,796	0,128	1,000	1,000
Reciprocidad	1		1		1		1		1		1		1	

	Empresa C v/s Empresa D							Empresa D v/s Empresa C						
	Eficiencia		Eficiencia		Experiencia		Costo		Imprevistos		Disponibilidad		Responsabilidades	
Experto 1	5	0,2	9	0,1	9	0,1	0,33	3	3	0,3	5	0,2	0,20	5
Experto 2	3	0,3	7	0,1	9	0,1	0,33	3	3	0,3	3	0,3	0,14	7
Experto 3	7	0,1	7	0,1	9	0,1	1,00	1	3	0,3	5	0,2	0,14	7
Experto 4	5	0,2	7	0,1	9	0,1	0,33	3	5	0,2	5	0,2	0,11	9
Experto 5	5	0,2	5	0,2	9	0,1	0,33	3	3	0,3	7	0,1	0,20	5
Experto 6	5	0,2	9	0,1	9	0,1	0,33	3	3	0,3	5	0,2	0,14	7
Experto 7	5	0,2	9	0,1	9	0,1	0,33	3	3	0,3	3	0,3	0,14	7
Media Geométrica	4,877	0,205	7,430	0,135	9,000	0,111	0,390	2,564	3,227	0,310	4,534	0,221	0,152	6,591
Reciprocidad	1		1		1		1		1		1		1	