

Aplicación para la toma de decisiones mediante el Proceso de Jerarquía Analítica

App for making decisions based on the Analytical Hierarchy Process

Diego Adhemar Alarcón Vargas¹
diegoalarconvargas@hotmail.com

Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología, Universidad La Salle-Bolivia



Resumen

En el presente artículo describe el Proceso de Jerarquía Analítica, un procedimiento matemático que permite tratar con decisiones complejas. En base a este algoritmo, se desarrolla una aplicación móvil, orientada al público en general, que sirva como ayuda al momento de tomar decisiones en una amplia variedad de situaciones de la vida cotidiana. Al final se comprueba la certeza del sistema, a través de una metodología de investigación cuantitativa de tipo experimental, que acierta en un 91% de los casos, considerando el orden de valoración de las alternativas, un resultado alto, ya que se toman en cuenta las ponderaciones de los usuarios.

Palabras claves

Alternativa, árbol de jerarquía, análisis de decisiones, criterio, matriz de comparación, matriz normalizada.

¹ Miembro del Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología de la Universidad La Salle, especializado en tecnología web y aplicaciones móviles.

Abstract

In the present paper, the Analytical Hierarchy Process is described, a mathematical procedure that allows to deal with complex decisions. Based on this algorithm, a mobile app is developed, oriented to the general public, which serves as help when making decisions in a wide variety of situations of a daily life. In the end, the certainty of the system is verified, through a quantitative research methodology of experimental type, which is correct in 91% of the cases, considering the order of evaluation of the alternatives, a high result, since they are taken into account the weights of the users.

Keywords

Alternative, hierarchy tree, decision analysis, criterion, comparison matrix, standardized matrix.



Introducción

En muchas situaciones de la vida cotidiana, las personas se ven obligadas a tomar decisiones de distinto tipo, es decir, elegir entre dos o más alternativas para encontrar la solución a un determinado problema. Un gerente que debe seleccionar a un nuevo empleado, un escritor que necesita elegir la editorial dónde publicará su nuevo libro, o una familia que debe elegir dónde ir a comer en la noche de Navidad, son ejemplos en los que se necesita tomar decisiones.

La opinión de un individuo que debe elegir entre un conjunto de alternativas es completamente subjetiva y depende de los criterios que se tomen en cuenta. El Proceso de Jerarquía Analítica está diseñado para situaciones en las que las emociones, sentimientos e ideas de los individuos, se miden mediante sus valoraciones subjetivas para obtener una escala numérica, y así ponderar las prioridades al momento de seleccionar un curso de acción. Esta herramienta tiene ventajas únicas, cuando los elementos importantes

de la decisión son difíciles de comparar o cuantificar, y puede ser utilizado para seleccionar, clasificar o priorizar un conjunto de alternativas.

El Proceso de Jerarquía Analítica es una de las técnicas multicriterio con mayor implantación práctica en casi todos los ámbitos de la toma de decisiones. Por ejemplo, este algoritmo puede aplicarse en diversos campos de la administración donde se necesite tomar decisiones; al momento de seleccionar el personal de una empresa, seleccionar proveedores, seleccionar una estrategia, etc.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil orientada al público en general, que sirva como ayuda al momento de tomar decisiones en una amplia variedad de situaciones, basado en el Proceso de Jerarquía Analítica.

Objetivos Específicos

- Detallar todo el procedimiento del Proceso de Jerarquía Analítica.
- En base a un estudio estadístico, evaluar los resultados de la investigación, para encontrar la certeza de la aplicación de esta técnica.
- Adecuar el modelo en el diseño y desarrollo de una aplicación móvil para el sistema operativo Android.

Toma de Decisiones

Según (Chiavenato, 2000) la toma de decisiones es, sobre todo, el núcleo de la responsabilidad administrativa. Se define como el proceso en el cual se selecciona un curso de acción entre diferentes alternativas o formas posibles para resolver diferentes situaciones en varios contextos: empresarial, laboral, económico, familiar, personal, etc. Los diferentes elementos implicados en el proceso de tomar decisiones se encuentran:

- El individuo o grupo de individuos que van a tomar una decisión.
- Los objetivos que pretende alcanzar en la decisión.

- Los criterios de preferencia empleados para elegir.
- Los diferentes cursos de acción o alternativas.
- Y finalmente, las consecuencias de la decisión. (p. 172)

Para (Morris & Maisto, 2005) se considera el proceso de toma de decisiones como un tipo especial de solución de problemas, en el que ya se conocen todas las soluciones y opciones posibles. Y en el que la tarea principal, no consiste en encontrar nuevas alternativas, sino identificar la mejor solución de todas. Las decisiones de la vida cotidiana van desde cuestiones poco importantes, como qué ropa ponerse o dónde ir a cenar, a decisiones muy importantes cómo a qué universidad asistir, si comprar una nueva casa o decisiones de tipo administrativo y empresarial. (p. 241)

En (Taha, 2003) el análisis de decisiones, es un campo de la Investigación de Operaciones, que se usa a través de un proceso racional para seleccionar la mejor opción entre varias alternativas. La efectividad de una alternativa seleccionada depende de la calidad de los datos que se usen para describir el caso de la decisión. Desde este punto de vista, un proceso de toma de decisión puede caer en una de las tres categorías siguientes:

- Toma de decisiones bajo certidumbre, en la que las variables se conocen en forma anticipada.
- Toma de decisiones bajo riesgo, en la que las variables se pueden describir a través de herramientas estadísticas.
- Toma de decisiones bajo incertidumbre, en donde a las variables no se les puede asignar pesos o factores de ponderación que representen su grado de importancia la decisión. (p. 503)

Como se señala en (Hillier & Lieberman, 2010) existen múltiples modelos matemáticos útiles para toma de decisiones bajo certidumbre, que se estudian dentro de la Investigación de Operaciones: Programación entera, lineal y no lineal. Sin embargo también se puede ponderar directamente las alternativas y los criterios implicados en el proceso de toma de decisiones bajo certidumbre a través del modelo del Proceso de Jerarquía Analítica. (p. 625)

Proceso de Jerarquía Analítica

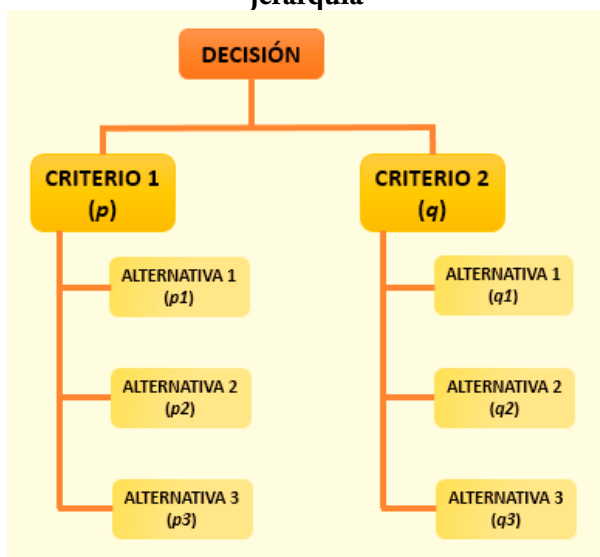
El Proceso de Jerarquía Analítica fue desarrollada en 1980 por el investigador Thomas L. Saaty en su libro *The Analytic Hierarchy Process* y puede verse detalladamente en (Saaty, 1980). Esta es una herramienta multicriterio diseñada para situaciones en que las ideas, sentimientos y emociones que afectan el proceso de toma de decisiones se cuantifican, para así obtener una escala numérica que permita priorizar las diferentes alternativas. (p. 9)

Criterios y Alternativas

Una alternativa es un curso de acción para solucionar un determinado problema. Y un criterio es una regla sobre la que se evaluara cada una de las alternativas propuestas. Pueden existir varios criterios a tomarse en cuenta en la solución de un problema.

A continuación se describirá todo el Proceso de Jerarquía Analítica, basado y simplificado enteramente de (Taha, 2003). En el árbol de la Figura 1, los símbolos w_1 y w_2 representan los pesos correspondientes de cada uno de los criterios, los símbolos w_{11} , w_{12} y w_{21} son el peso de las alternativas en base al criterio 1 y los símbolos w_{22} y w_{23} son el peso de las alternativas en base al criterio 2. (p. 503)

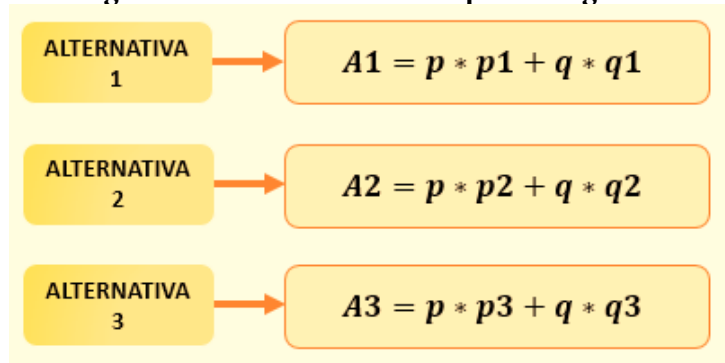
Figura 1. Árbol del Proceso de Jerarquía Analítica con un nivel de jerarquía



Fuente. (Taha, 2003)

A continuación, en la Figura 2 se muestra los cálculos necesarios para determinar el valor final (o peso compuesto) de cada una de las alternativas propuestas. Por ejemplo, para determinar el peso compuesto de la alternativa 1, se multiplica el valor del criterio 1 con el valor de la alternativa 1 y el resultado se suma al producto del valor del criterio 2 con el valor de la alternativa 1. Y de esta forma se calcula también para las demás alternativas. Una vez finalizados todos los cálculos se elige la alternativa con el mayor peso compuesto. (p. 503)

Figura 2. Resumen de cálculos para la Figura 1



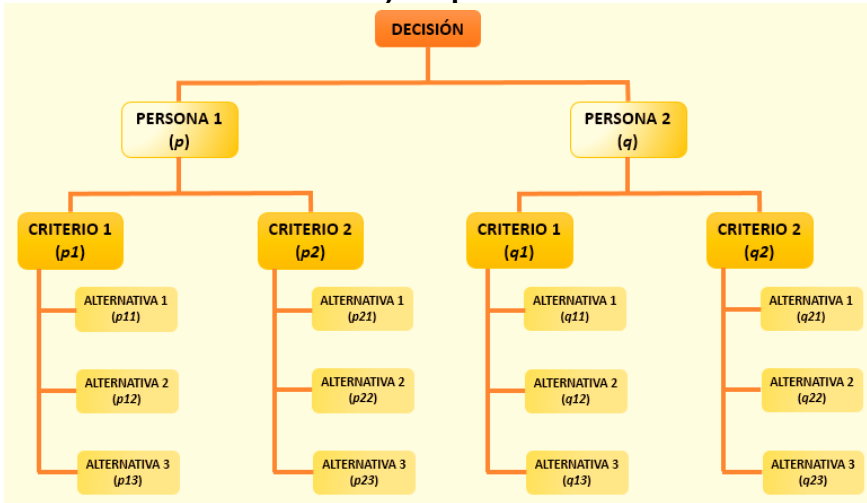
Fuente. (Taha, 2003)

Para (Taha, 2003), en la estructura general del Proceso de Jerarquía Analítica puede comprender varias jerarquías de criterios. Generalmente en la toma de decisiones de una sola persona solo se usa un nivel de jerarquía de los criterios. En el caso de toma de decisiones grupales se sube a dos niveles de jerarquía, en el nivel superior se ubica a las personas encargadas de la toma de decisiones y en el nivel inferior los criterios que se evaluarán, como se muestra en la Figura 3.

En este caso los símbolos p y q equivalen al peso que tienen las decisiones de las personas interesadas, para la persona 1 el peso de los dos criterios que se definen está dado por p_1 y q_1 , y para la persona 2 por p_2 y q_2 . Para las alternativas se sigue la misma lógica, por ejemplo, para el criterio 1 de la persona 1 el peso de las alternativas está dado por p_{11} y q_{11} , y así continúa para las demás alternativas. (p. 504)

Después, en la Figura 4 se detalla los cálculos necesarios para determinar el peso compuesto de las alternativas en base a dos niveles de jerarquía. Por ejemplo, para determinar el peso compuesto de la alternativa 1, se halla primero el peso de decisión de la persona 1, es decir, se obtiene el producto del valor 1 del criterio 1 con el valor de la alternativa 1 que se suma con el producto del valor del criterio 2 con el valor de la alternativa 1, y el resultado se multiplica con el valor de decisión de la persona 1.

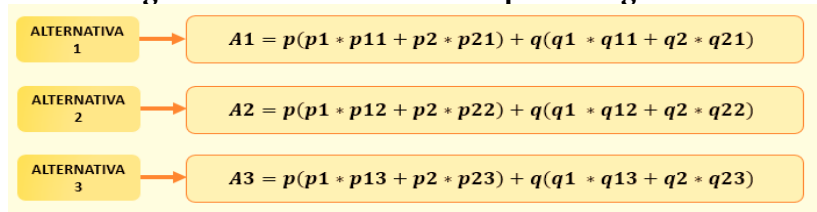
Figura 3. Árbol del Proceso de Jerarquía Analítica con dos niveles de jerarquía



Fuente. (Taha, 2003)

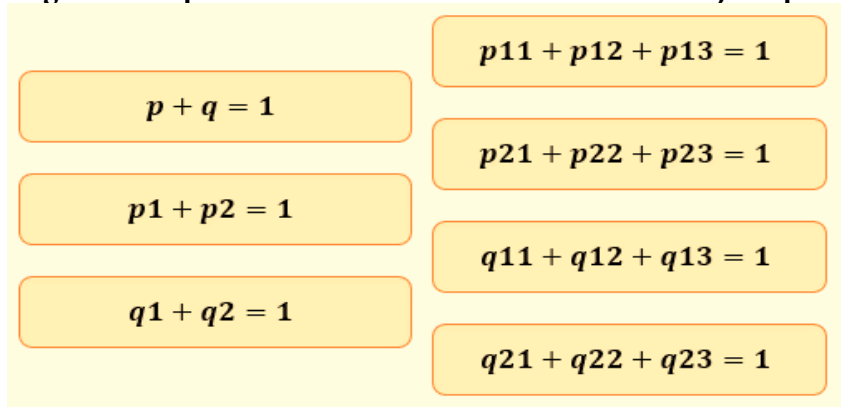
Para obtener el peso de decisión de la persona 2, se sigue el mismo proceso, con los valores correspondientes. Y al final se suman estos dos valores y se obtiene el peso compuesto de la alternativa 1. Y de esta forma se obtiene el valor correspondiente de cada alternativa, y se elige la alternativa con el mayor peso compuesto. En la Figura 5 se muestra que los pesos de cada rama del árbol del Proceso de Jerarquía Analítica, sin importar el nivel de jerarquía, suman.

Figura 4. Resumen de cálculos para la Figura 3



Fuente. (Taha, 2003)

Figura 5. Propiedades de los cálculos con dos niveles de jerarquía



Fuente. (Taha, 2003)

Determinación de los Pesos

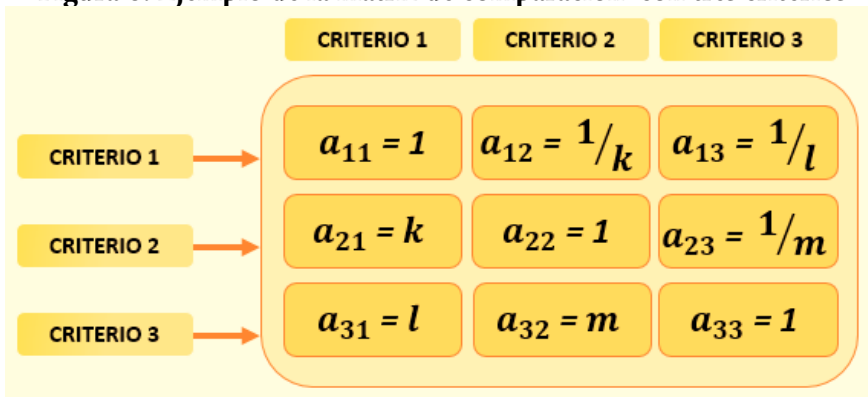
Según (Taha, 2003), lo más importante en el Proceso de Jerarquía Analítica es la determinación de los pesos relativos para calificar las alternativas y los criterios que se evaluarán. Suponiendo que existen criterios en una jerarquía dada, el Proceso de Jerarquía Analítica establece una matriz de comparación por pares de de , que cuantifica el juicio de la persona encargada de la toma de decisiones en base a la importancia relativa de los criterios. La comparación por pares se hace de modo que el criterio en la fila se califica con respecto a cada criterio alterno. Si define el elemento de la matriz , el Proceso de Jerarquía Analítica utiliza una escala numérica

del al en el cual:

- Si significa que y son de igual importancia.
- Si indica que es mucho más importante que .
- Si indica que es extremadamente más importante que . (p. 505)

Otros valores entre y se interpreta según corresponda. Como se muestra en la Figura 6, que una matriz sea consistente en el juicio implica que si , entonces . Además, todos los elementos diagonales de son iguales a , porque estos elementos califican cada criterio contra sí mismo.

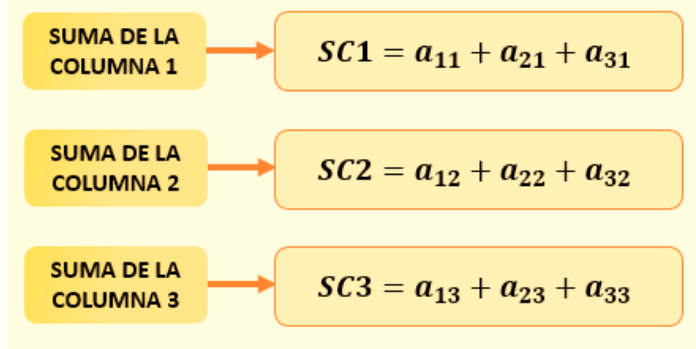
Figura 6. Ejemplo de la matriz de comparación con tres criterios



Fuente. (Taha, 2003)

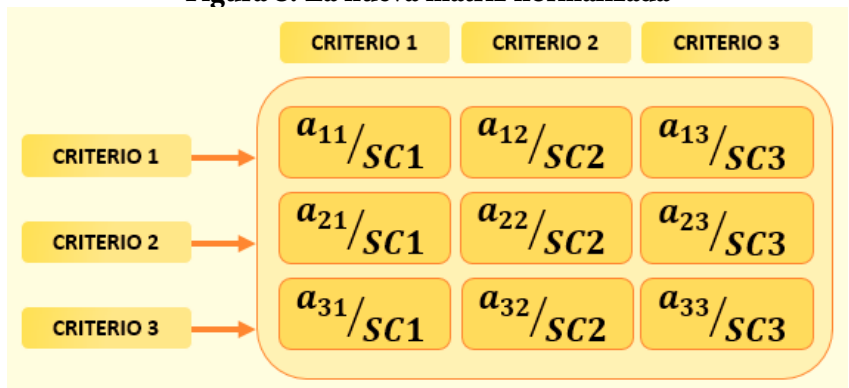
A continuación, los pesos relativos de los criterios se determinan normalizando para crear una nueva matriz . El proceso requiere, en primer lugar, sumar los elementos de cada columna, como se muestra en la Figura 7, y posteriormente dividir el resultado con cada elemento de su columna correspondiente, así se obtiene la matriz normalizada , como se muestra en la Figura 8. Si las columnas de la matriz son iguales, es una indicación de que la persona que está tomando una decisión está ejerciendo un juicio consistente al especificar las entradas de la matriz de comparación .

Figura 7. Suma de cada columna de la matriz de comparación



Fuente. (Taha, 2003)

Figura 8. La nueva matriz normalizada



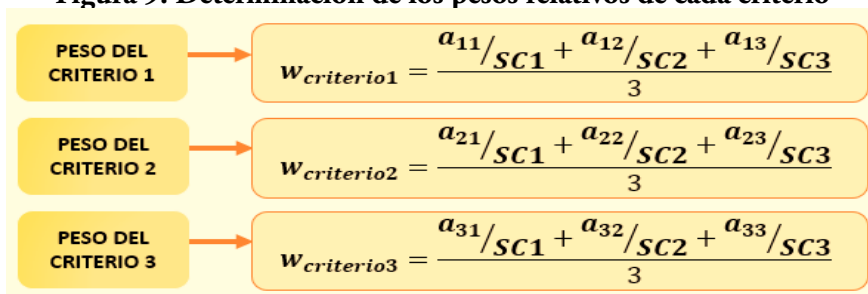
Fuente. (Taha, 2003)

Después se determina el peso relativo de cada criterio , y , promediando cada fila de la matriz normalizada , como se puede ver en la Figura 9.

Una vez que se obtienen los pesos relativos de los criterios, es necesario encontrar las matrices de comparación de las alternativas en base a cada uno de los criterios establecidos. El proceso para hallar estas matrices de comparación es equivalente a la que se describió anteriormente para hallar la matriz de comparación de los criterios. En el caso de tener criterios,

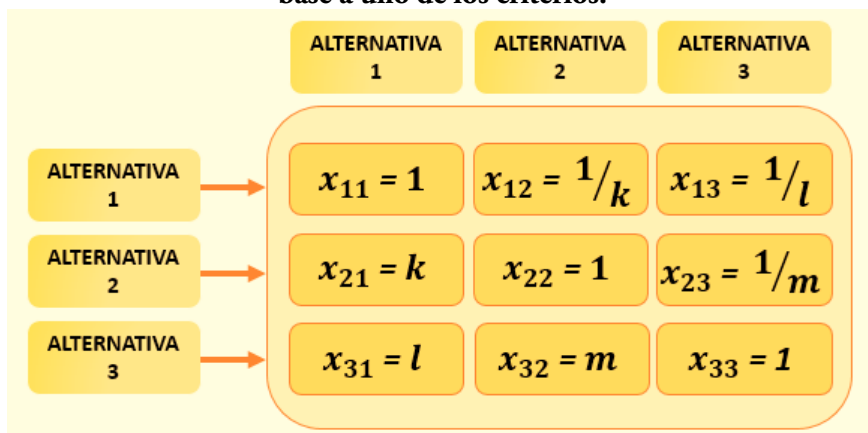
se tendrán matrices de comparación de alternativas. En la Figura 10 se muestra la matriz de comparación de alternativas en base a uno de los criterios seleccionados, posteriormente se suma las columnas de la matriz, luego se obtiene la matriz normalizada de alternativas como se muestra en la Figura 11, y finalmente se obtiene los pesos correspondiente de cada una de las alternativas en base a uno de los criterios en la Figura 12.

Figura 9. Determinación de los pesos relativos de cada criterio



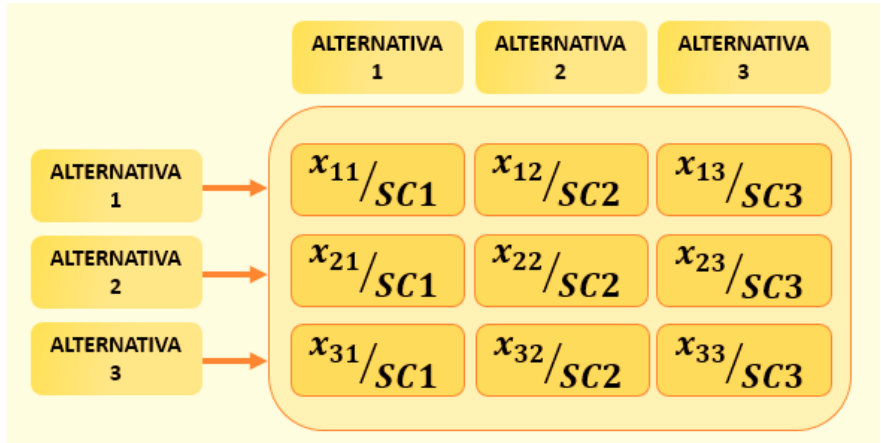
Fuente. (Taha, 2003)

Figura 10. Ejemplo de la matriz de comparación de alternativas en base a uno de los criterios.



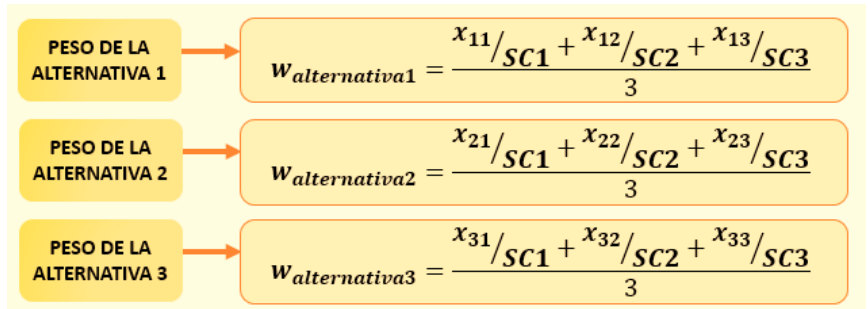
Fuente. (Taha, 2003)

Figura 11. La matriz normalizada de alternativas en base a uno de los criterios.



Fuente. (Taha, 2003)

Figura 12. Determinación de los pesos relativos de las alternativas en base a uno de los criterios.



Fuente. (Taha, 2003)

El mismo proceso se repite con cada uno de los criterios, para finalmente obtener los pesos correspondientes de todo el árbol de jerarquía, y realizar los cálculos de las alternativas que se muestran en la Figura 2 en el caso de las decisiones individuales y la Figura 4 en las decisiones grupales. Finalmente se procede a ejecutar el curso de acción seleccionado.

Aplicaciones del Proceso de Jerarquía Analítica

Al desarrollar este proyecto, tanto desde el punto de vista práctico y teórico, se ha consultado de diferentes áreas de conocimiento que componen la ingeniería como: programación, ingeniería de software, métodos estadísticos, administración estratégica, álgebra lineal e investigación operativa. Para (Koontz, Weihrich, & Cannice, 2012), dentro del ámbito de la administración empresarial, la toma de decisiones es la parte central de la planeación a nivel gerencial. En el proceso de toma de decisiones, uno tiene la posibilidad de elegir entre opciones y soluciones diferentes, es decir seleccionar una de las múltiples alternativas. (p. 152).

El Proceso de Jerarquía Analítica es una de las técnicas multicriterio con mayor implantación práctica en casi todos los ámbitos de la toma de decisiones. Es por esta razón, que este algoritmo puede ser aplicado en diferentes áreas de la administración. Por ejemplo, al momento de seleccionar el personal de una empresa, seleccionar proveedores, seleccionar una estrategia, etc.

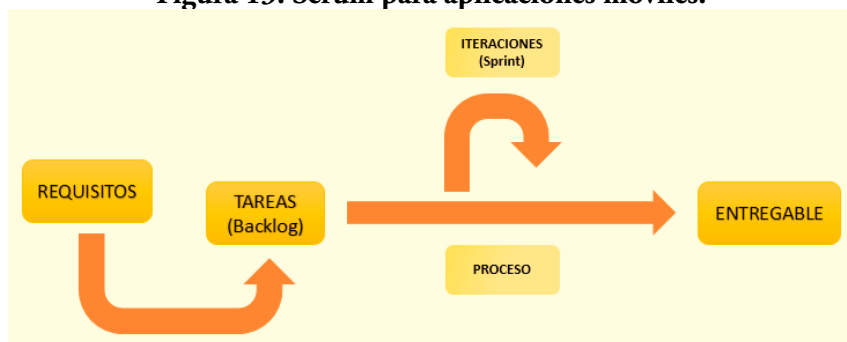
Desarrollo de la Aplicación

Para probar la validez de esta importante herramienta se ha desarrollado una aplicación móvil de empleo general, para la toma de decisiones individuales, en el que el usuario puede definir los criterios y alternativas presentes en su decisión y darles un peso subjetivo, para de esa forma llegar a un resultado.

Metodología de Desarrollo

En el proceso de esta aplicación se utilizó la metodología de desarrollo ágil Scrum, basado en iteraciones adaptada para aplicaciones móviles. Esta metodología, que se muestra en la Figura 13, ha permitido encarar a diario a nivel individual el desarrollo de la presente aplicación. Las técnicas y las herramientas que se han utilizado han sido variadas y seleccionadas de acuerdo a su necesidad.

Figura 13. Scrum para aplicaciones móviles.



Fuente. (Sutherland, 2014)

En (Sutherland, 2014), se define este modelo de referencia como válido para adecuarse a distintas situaciones, que puede ser el desarrollo de una aplicación móvil. En el caso de esta aplicación se ha tomado en cuenta cada iteración según era necesaria. Considerando que el desarrollo fue enteramente individual, se necesitó de mucho tiempo y pruebas para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación. Se estima que el desarrollo de la aplicación fue de aproximadamente un mes. (p. 18)

Pantallas de la Aplicación

En la Figura 14 y la Figura 15 se muestra el diseño de algunas pantallas de la aplicación móvil sobre la toma de decisiones:

Figura 14. La pantalla inicial, el asunto de la decisión, el número y nombre de alternativas.



Fuente. Elaboración Propia

Figura 15. El número y nombre de criterios, la valoración de criterios y alternativas, y los resultados.



Fuente. Elaboración Propia

Herramientas de Desarrollo

Para el desarrollo de esta aplicación móvil se han utilizado las siguientes herramientas:

- El entorno de desarrollo integrado Android Studio en su versión 2.2.
- Software Developer Kit en su versión actualizada.
- Java Developer Kit en su versión actualizada.

Investigación y Resultados

Se realizó una investigación en base a una muestra de treinta personas, y en base a dos encuestas. En la primera se prueba la aplicación, y en la segunda se prueba su aceptabilidad.

Metodología de Investigación

Se utilizó un modelo cuantitativo de tipo experimental en base al grado de aceptación del usuario con los resultados de la aplicación.

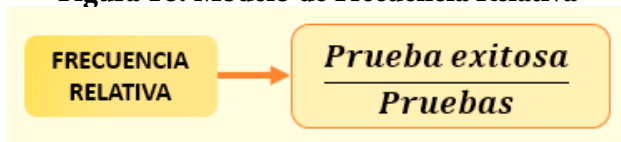
Se realizaron un conjunto de treinta pruebas de decisión con la aplicación. El asunto de la decisión dependía del usuario. Considerando que se debía calificar si o si, en base a cinco alternativas y tres criterios. Luego se probó el grado de aceptabilidad de la aplicación, en una segunda encuesta.

La investigación se realizó sobre un conjunto de individuos, y los datos de la primera encuesta se compararon con los datos de la segunda encuesta, en base a (Hernandez Sampieri, 2006), se aplicó una metodología de investigación cuantitativa de tipo experimental. (p. 18)

El Modelo de Frecuencia Relativa

Se utiliza el modelo estadístico que se aplica en las dos encuestas. Considerando (Lind, Marchal, & Wathen, 2008), el modelo de frecuencia relativa se basa en el número de veces que ocurre el evento como proporción del número de intentos conocidos, como se muestra en la Figura 16. (p. 162)

Figura 16. Modelo de Frecuencia Relativa



Fuente. (Lind, Marchal, & Wathen, 2008)

Recolección de datos

En la Tabla 1, se muestra todos los resultados de las pruebas. Se puede observar que los usuarios tienen una ligera inclinación en seleccionar la primera alternativa que inserta en la aplicación, ya que generalmente es la mejor ponderada en la calificación.

Tabla 1. Resultados de la muestra

N	Alt. 1 (%)	Alt. 2 (%)	Alt. 3 (%)	Alt. 4 (%)	Alt. 5 (%)
Prueba 1	28,32	19,46	11,30	25,32	15,60
Prueba 2	16,77	24,82	10,97	18,85	28,59
Prueba 3	29,35	24,35	11,94	19,68	14,68
Prueba 4	33,49	21,92	11,34	15,45	17,80
Prueba 5	19,89	28,92	14,89	24,20	12,10
Prueba 6	27,16	27,05	9,01	20,55	16,23
Prueba 7	20,76	13,99	22,68	16,51	26,06
Prueba 8	29,95	13,48	24,77	17,56	14,24
Prueba 9	24,35	30,18	17,79	14,16	13,52
Prueba 10	16,28	22,24	24,21	24,74	12,53
Prueba 11	10,98	21,30	30,99	17,78	18,95
Prueba 12	23,63	25,73	22,68	14,92	13,04
Prueba 13	19,75	14,75	24,75	12,00	28,75
Prueba 14	13,02	22,20	24,11	15,30	25,37
Prueba 15	28,00	25,18	10,25	19,09	17,48
Prueba 16	20,19	29,74	14,44	23,73	11,90
Prueba 17	21,66	23,15	25,54	13,26	16,39
Prueba 18	21,15	15,80	22,60	25,43	15,02
Prueba 19	25,23	13,45	30,15	16,97	14,20

Prueba 20	22,88	22,90	25,38	15,56	13,28
Prueba 21	15,12	18,09	25,31	29,45	12,03
Prueba 22	14,34	21,24	14,64	26,62	23,16
Prueba 23	22,18	25,53	9,08	16,29	26,92
Prueba 24	11,46	20,14	23,92	15,08	29,40
Prueba 25	15,79	22,17	24,29	24,98	12,77
Prueba 26	31,72	16,96	12,96	18,10	20,26
Prueba 27	20,66	17,31	26,18	21,62	14,23
Prueba 28	15,64	12,99	25,11	23,01	23,25
Prueba 29	30,29	21,92	10,15	17,22	20,42
Prueba 30	21,92	33,25	18,29	11,58	14,96
Promedio	21,73	21,67	19,32	19,17	18,10

Fuente. Elaboración Propia

Para obtener la certeza de que la aplicación ha obtenido un resultado satisfactorio para el usuario, es necesario comparar su opinión personal posterior a ejecutar el curso de acción seleccionado. Se volvió a preguntar a los encuestados, si estaban satisfechos con la alternativa seleccionada con la aplicación.

Como se muestra en la Tabla 2, la mayoría de los encuestados estuvo de acuerdo en que la elección que se tomó con la aplicación fue acertada, la primera y segunda alternativa en un 0,8 y la tercera en un 0,97.

Tabla 2. Comparación de los resultados de la aplicación.

N	Orden con la aplicación					Orden posterior					Aciertos
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	
Prueba 1	A1	A4	A5	A2	A3	A1	A4	A5	A2	A3	1,00
Prueba 2	A5	A2	A4	A1	A3	A5	A2	A4	A1	A3	1,00
Prueba 3	A1	A2	A5	A4	A3	A1	A2	A5	A4	A3	1,00
Prueba 4	A1	A2	A5	A4	A3	A1	A2	A5	A4	A3	1,00
Prueba 5	A2	A4	A1	A3	A5	A4	A1	A1	A3	A5	0,60
Prueba 6	A1	A2	A4	A5	A3	A4	A1	A2	A5	A3	0,40

Prueba 7	A5	A3	A1	A4	A2	A5	A3	A1	A4	A2	1,00
Prueba 8	A1	A3	A4	A5	A2	A1	A3	A4	A5	A2	1,00
Prueba 9	A2	A1	A3	A4	A5	A2	A1	A3	A4	A5	1,00
Prueba 10	A4	A3	A2	A1	A5	A4	A3	A2	A1	A5	1,00
Prueba 11	A3	A2	A5	A4	A1	A3	A2	A5	A4	A1	1,00
Prueba 12	A2	A1	A3	A4	A5	A2	A1	A3	A4	A5	1,00
Prueba 13	A5	A3	A1	A2	A4	A3	A5	A1	A2	A4	0,60
Prueba 14	A5	A3	A2	A4	A1	A5	A3	A2	A4	A1	1,00
Prueba 15	A1	A2	A4	A5	A3	A1	A2	A4	A5	A3	1,00
Prueba 16	A2	A4	A1	A3	A5	A2	A4	A1	A3	A5	1,00
Prueba 17	A3	A2	A1	A5	A4	A2	A3	A1	A5	A4	0,60
Prueba 18	A4	A3	A1	A2	A5	A4	A3	A1	A2	A5	1,00
Prueba 19	A3	A1	A4	A5	A2	A1	A3	A4	A5	A2	0,60
Prueba 20	A3	A2	A1	A4	A5	A3	A2	A1	A4	A5	1,00
Prueba 21	A4	A3	A2	A1	A5	A4	A3	A2	A1	A5	1,00
Prueba 22	A4	A5	A2	A3	A1	A4	A5	A2	A3	A1	1,00
Prueba 23	A5	A2	A1	A4	A3	A5	A2	A1	A4	A3	1,00
Prueba 24	A5	A3	A2	A4	A1	A3	A5	A2	A4	A1	0,60
Prueba 25	A4	A3	A2	A1	A5	A4	A3	A2	A1	A5	1,00
Prueba 26	A1	A5	A4	A2	A3	A1	A5	A4	A2	A3	1,00
Prueba 27	A3	A1	A4	A2	A5	A3	A1	A4	A2	A5	1,00

Prueba 28	A3	A5	A4	A1	A2	A3	A5	A4	A1	A2	1,00
Prueba 29	A1	A2	A5	A4	A3	A1	A2	A5	A4	A3	1,00
Prueba 30	A2	A1	A3	A5	A4	A2	A1	A3	A5	A4	1,00
Promedios						0,8	0,8	0,97	1	1	0,91

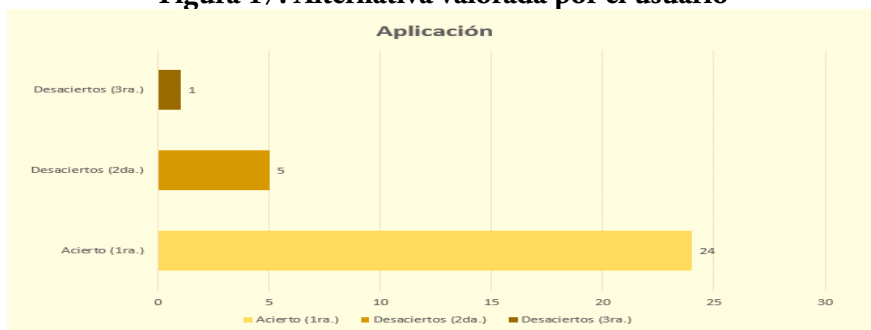
Fuente. Elaboración Propia

Discusión

Basado el modelo de frecuencia relativa y en (Devore, 2008), el grado de aceptabilidad de los aciertos en base a la primera y segunda alternativa es del 80%, es decir que existe esta probabilidad de éxito considerando solo la primera alternativa, que es la más importante. De la tercera alternativa es de 97%. Y de la cuarta y quinta alternativa es de 100%. (p. 53)

Considerando el orden de todas las alterativas, el grado de éxito es del 91%. En la Figura 17 se muestra que el usuario consideró que la valoración de la aplicación era correcta en el 80% de los casos, en el 16,7% de los casos optó por la segunda alternativa y solo el 3,3% optó por la tercera alternativa.

Figura 17. Alternativa valorada por el usuario



Fuente. Elaboración Propia

Conclusiones

Se pudo observar en base a los resultados obtenidos, que el grado de acierto de la aplicación, a razón de la primera alternativa, fue del 80%, un resultado alto, considerando que los datos de entrada y salida dependen de la ponderación de los usuarios. Tomando en cuenta el orden de las cinco alternativas propuestas en la investigación, es del 91%.

La aplicación desarrollada se adapta a una amplia variedad de situaciones de decisión, en campos como la industria, los negocios, la ingeniería, o un sinnúmero de dilemas presentes en la vida cotidiana. Todo el Proceso de Jerarquía Analítica que se ha descrito, puede sugerir una solución a un problema determinado, pero en realidad no puede asegurar si la solución propuesta es totalmente correcta, ya que las variables en los dilemas no son siempre puede ser cuantitativas. Sin embargo, la realización e implementación de esta aplicación en base a este algoritmo, sea cualquiera el área en la que se aplique, es un avance tecnológico importante que ayuda a afrontar las decisiones que realizan las personas diariamente.

Referencias

- Chiavenato, I. (2000). *Administração. Teoria, Processo e Prática*. Brasília: Makron Books.
- Devore, J. (2008). *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. Houston: Brooks/Cole
- Golden, B., Wasil, E., & Harker, P. (1989). *The Analytic Hierarchy Process. Applications and Studies*. Springer.
- Hernandez Sampieri, R. (2006). *Metodología de la Investigación*. Buenos Aires: McGraw Hill.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introduction to Operations Research*. New York City: McGraw Hill.
- Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). *Management. A Global and Entrepreneurial Perspective*. New York City: McGraw Hill.
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2008). *Statistical Techniques in*

- Business and Economics*. New York: McGraw Hill.
- Morris, C., & Maisto, A. (2005). *Psychology. An Introduction*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Saaty, T. (1980). *The Hierarchy Process*. New York City: McGraw Hill.
- Sutherland, J. (2014). *Scrum*. New York City: Crown Business.
- Taha, H. (2003). *Operations Research. An Introduction*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Artículo Recibido: 28-11-2017

Artículo Aceptado: 23-02-2018