

GESTIÓN DE ADQUISICIONES VERDES POR MEDIO DEL ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP): TEMA APLICADO A SELECCIÓN EN LA COMPRA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO

MANAGEMENT OF GREEN ACQUISITIONS THROUGH HIERARCHICAL ANALYSIS (AHP): TOPIC APPLIED TO SELECTION IN THE PURCHASE OF FIRE PUMPS

David Ernesto Gómez Contreras ¹
Ender José Barrientos Monsalve ²
Mauricio Enrique Sotelo Barrios ³

Resumen

Esta investigación busca conocer más a fondo el tema de adquisiciones o compras verdes. Implementando un modelo en la toma de decisiones como lo es el análisis jerárquico (AHP) en la selección y adquisición de bombas contra incendio, realizando una revisión bibliográfica sobre adquisiciones verdes, identificando las dificultades en el sector de la construcción de obras civiles asociado a temas de bombeo de los sistemas contra incendio, construyendo de tal manera los criterios pertinentes que servirán como matriz para determinar el grado de importancia de cada uno generando así una metodología en la toma de decisión y aplicando un caso estudio sobre 4 alternativas presentadas como ejemplo para el desarrollo del planteamiento y pueda replicarse en los departamentos de compras o adquisiciones a la hora de desarrollar proyectos de construcción en donde se tenga que hacer la compra de un sistema de bombeo con lineamientos sostenibles.

Palabras clave: Adquisición; bombas contra incendio; compras; AHP; suministro; Análisis jerárquico.

Abstract

This research seeks to learn more about the issue of acquisitions or green purchases. Implementing a model in decision making such as the hierarchical analysis (AHP) in the selection and acquisition of fire pumps, carrying out a bibliographic review on green acquisitions, identifying the difficulties in the construction sector of civil works associated with issues of pumping systems against fire, building in such a way the pertinent criteria that will serve as a matriz to determine the degree of importance of each one, thus generating a methodology in decision making and applying a case study on 4 alternatives presented as an example for the development of the approach and can be replicated in the purchasing or

Recepción: 10 de agosto de 2023/ Evaluación: 25 de septiembre de 2023 / Aprobado: 25 de noviembre de 2023

¹Ingeniero Civil, Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles, Magister en Ingeniería Civil. Universidad Santo Tomás. Grupo de investigación Ginvearqui. Email: david.gomez04@ustabuca.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/Orcid/0000-0002-9717-0852>.

²Arquitecto, Doctor en Ciencias Gerenciales. Universidad Fundación de Estudios Superiores Comfanorte. Grupo de investigación Grinfesc. Email: ejbarrientos@fesc.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6673-0223>

³Diseñador Industrial, Magister en Diseño industrial, Universidad de Pamplona. Email: mauricio.sotelo@unipamplona.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6091-7473>.

procurement departments when developing construction projects where the purchase of a pumping system with sustainable guidelines has to be made.

Keywords: procurement; fire pumps; purchase; AHP; supply; hierarchical analysis.

Introducción

Según el Project Management Institute PMI, la gestión de las adquisiciones de un proyecto incluye los procesos de administración y control requeridos para adjudicar contratos y órdenes de compra (Project Management Institute, 2008). La duración y manejo del tiempo de muchos proyectos dependen de estas adquisiciones, ya que están sujetas a tiempos de espera, especificaciones de fabricación, lugar de fabricación, entre otros. Por estas razones, es de interés el estudio de la gestión de las adquisiciones y la búsqueda de nuevas herramientas y métodos que permitan optimizar estos procesos.

Debido a esta preocupación nacen conceptos como el proceso de adquisiciones verdes, que busca gestionar el ciclo de vida de éstas y generar los elementos que mejoren las relaciones de la cadena de suministro, llámese proveedores, empresas, contratistas, etc. El objetivo principal de esta investigación es plantear el proceso de selección de bombas contra incendio para proyectos de construcción a partir del análisis jerárquico AHP con conceptos ambientales, qué alternativas existen para convertir una compra tradicional en verde y aplicar los principales aportes que se han obtenido de este tipo de compras en un ejemplo de Adquisición, la contratación de bombas para incendios, debido a que ha sido un problema recurrente en diferentes proyectos a cargo de los investigadores.(Bello, 2021).

Dentro del proceso de adquisiciones existen dos temas de gran importancia a tener en cuenta: la selección y evaluación de los proveedores. Los principales criterios en orden de importancia, para evaluar a los proveedores son 1. Valor del producto; 2. Impacto Ambiental; 3. Tiempo de entrega; 4. Experiencia del proveedor 5. Garantía (Araujo, 2017). También se tiene una lista más amplia de estos criterios que nos dan un panorama más grande en este tema (Ulloa, 2009). Diferentes a los antes mencionados se encuentran la duración del trabajo, la seguridad y flexibilidad en la contratación y la asesoría que éstos brindan al contratante. Esto nos deja ver que el proceso de contrataciones es multidimensional y es el resultado de esta gama viva de aspectos (McDermott, 2005), (Alvarez, 2020).

Pero ya no basta con estudiar el tema de adquisiciones desde estos puntos de vista que pueden considerarse simplistas. Se deben estudiar también desde temas modernos como la constructabilidad, cadena de suministro, innovación, Lean Construction (construcción sin pérdidas), Sostenibilidad, Ingeniería de Valor, contratación electrónica o sistemas BIM (Building Information Modeling) (S. Naoum and C. Egbu, 2015). Esto se debe a que los procedimientos tradicionales de adquisición generan muchos problemas en contexto de proyectos desafiantes, por lo cual proponen que los procedimientos de contratación sean más cooperativos para mejorar el rendimiento del proyecto (Eriksson and M. Westerberg, 2011).

Actualmente, debido al cambio climático y los problemas ambientales que han ido en aumento, las empresas han tenido que concienciar, desde el punto de vista ambiental, la producción de sus productos. Cabe recordar, que la industria de la construcción consume grandes cantidades de recursos y materiales no renovables, lo cual tiene efectos significativos en el medio ambiente (Wong and Chan 2016), Esa conciencia también incluye la adquisición de contratos y la compra de servicios necesarios para la producción. Es por esto, que se ha venido hablando cada vez más de Adquisiciones o compras verdes.

La primera conferencia internacional sobre Compras Verdes se efectuó en Sendai (Japón) en 2004, con la participación de 37 países, en la que se firmó una declaración que enfatiza la importancia de usar la fuerza de las compras para crear mercados menos contaminantes para empresas menos contaminantes (Paz, 2013). Entonces, es importante conocer de qué tratan las compras verdes. La compra verde o ecológica se basa en la incorporación de requerimientos medioambientales en los contratos de suministro, obras y servicios, tales como la eficiencia energética, el uso de productos reutilizables, el empleo de energías renovables, la minimización de emisiones, y la adecuada gestión de residuos sólidos (Congreso de Colombia, Ley 1575 de 2012. 2012). Se debe hacer claridad que todo esto bajo la luz de la normativa ambiental vigente. Si se tienen en cuenta los principales criterios, antes mostrados dentro del proceso de adquisiciones, la filosofía de compras verdes debe agregar a éstos la evaluación del producto o servicio como mejor opción ambiental y que debe agregar valor agregado en cuanto a desempeño ambiental se refiere (Min Ambiente, 2010).

De tal manera que se pueden determinar criterios para la toma de decisión sobre adquisiciones verdes, como caso estudio la selección de bombas contra incendio para proyectos de construcción, el método de análisis jerárquico (AHP) permite ponderar los criterios para realizar un análisis cuantitativo a partir de la cualificación y escala de preferencia de las alternativas para determinar la mejor opción.

Metodología

El siguiente trabajo de investigación se realizó en las siguientes fases:

- Estructura del problema de adquisiciones de bombas contra incendio.
- Construcción de criterios para la selección de adquisiciones verdes en la toma de decisión de bombas contra incendio
- Matriz de comparación e importancia a partir del análisis jerárquico (AHP) para la representatividad de cada factor con su razón de consistencia.
- Definición de rangos como guía para la métrica de evaluación implementado en el análisis jerárquico (AHP)
- Ejemplo de implementación de la toma de decisión a partir del análisis jerárquico (AHP) en la selección de bombas contra incendio.

Estructura del problema de adquisiciones de bombas contra incendio

Dentro de la gestión gerencial del proyecto es de gran importancia la planeación estratégica, en la cual se debe tener en consideración el capítulo de adquisiciones. Éstas se deben integrar con otros aspectos dentro de la línea base del proyecto, debido a la importancia que tiene dentro del alcance del mismo como en la etapa de cierre y entrega del producto. En el desarrollo normal de un presupuesto es importante conocer los hitos más fuertes en aspectos económicos y tiempos, por lo cual se debe considerar dentro de los diferentes tipos de adquisiciones en una obra civil, los equipos más robustos, los cuales se pueden identificar por características como su valor económico, su trazabilidad desde aspectos contractuales, fabricación, geo referencia, entrega e instalación. De no considerarse, pueden afectar no solo económicamente si no en los tiempos de entrega del proyecto (López, 2016).

En este orden de ideas encontramos dos equipos que se deben considerar muy fuertes a la hora de adquirirlos para obras civiles, los cuales son: los ascensores y las bombas contra incendio. Entre estos dos equipos hay una gran diferencia: un proyecto se puede entregar sin

ascensor puesto que se tienen otros elementos para la movilidad dentro de la edificación. (Liz, 2022). Sin embargo, el sistema contra incendio dentro de las normas de ley debe ser entregado para poder finalizar el proyecto. Los sistemas contra incendios están regulados por la ley 1575 de 2012 (Ley general de Bomberos de Colombia) artículo 42, la cual señala que los cuerpos de bomberos son los órganos competentes para la realización de las labores de inspecciones y revisiones técnicas en prevención de incendios y seguridad humana en edificaciones públicas, privadas y particularmente en los establecimientos públicos de comercio e industriales, e informarán a la entidad competente el cumplimiento de las normas de seguridad en general (Congreso de Colombia, Ley 1796 de 2016. 2016).

En proyectos públicos es mucho más complejo porque de no tenerse en cuenta estos tiempos pueden afectar contractualmente el proyecto. Los temas de seguridad humana y contra incendio son de requerimiento normativo y legal desde el título J de la NSR-98, la cual ha tenido actualizaciones en la NSR-10 (para más información sobre este tema en el reglamento ver título J “Requisitos de protección contra incendios en edificaciones”) (NFPA, s/n), pero fue hasta el 2012 que se reguló y entregó la responsabilidad a la entidad competente para revisar los diseños para la aprobación de las licencias de construcción. Esta reglamentación recibió una actualización en la ley 1796 de 2016 (“Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones (National Fire Protection Association. 2016) , donde se retira la revisión de los diseños y queda únicamente la entrega del sistema el cual se debe encontrar operando idóneamente. (Bohórquez, 2020).

En Colombia no existe una normativa propia para la adquisición e instalación de las bombas contra incendio, la gran mayoría de nuestras normas son basadas en la National Fire Protection Association NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego). Para este tipo de adquisición se siguen los requerimientos de la NFPA 20, cuyo alcance incluye suministro de líquido; equipamiento de succión, de descarga, y auxiliar; suministros de energía, incluidos arreglos de suministro de energía; motores y controles eléctricos; motores y control de motores diésel; motores y control de turbinas de vapor y pruebas de aceptación y operación (Good Group S.A.S, s/n).

Inicialmente en Colombia no se contaba con la experiencia suficiente y se inició instalando bombas horizontales y de ambos tipos de suministro de energía, diésel y eléctricas. Además, se instalaban bombas en proyectos que no cumplían con los aspectos normativos. En la gran mayoría porque se instalaban bombas hidráulicas. El funcionamiento de este tipo de bombas es diferente a las bombas contra incendio, inicialmente porque éstas mantienen la presión, es decir, tienen una presión nominal constante, que acorde al sistema, eran por encima de los 100 psi y caudales superiores a 500gpm. Estas características deben ser verificadas por un laboratorio que en el continente americano sólo se encuentra en Estados Unidos; por tal motivo todas las bombas contra incendios traídas a Colombia vienen de allí. Es fundamental conocer este aspecto, ya que las políticas de Estados Unidos y Colombia son diferentes, lo cual puede afectar los tiempos de entrega y costos de estos equipos.

La experiencia con esta adquisición no fue satisfactoria porque un sistema contra incendio no depende únicamente de una disciplina, es la integración arquitectónica, estructural, mecánica, hidráulica y eléctrica. Es así como estos sistemas requieren que todas estas disciplinas se capaciten para realizar este tipo de compras. Por otro lado, la selección de bombas eléctricas requiere de acometidas particulares no convencionales, las cuales no se proyectaban dentro de las obras civiles. Por eso, finalmente, funcionó más las bombas diésel,

que requieren de mayor mantenimiento, espacio y son menos amigables con el medio ambiente.

Resultado

Construcción de criterios para la selección de adquisiciones verdes en la toma de decisión de bombas contra incendio

Hay diferentes factores y características a tener en cuenta a la hora de adquirir una bomba contra incendio:

- Los costos varían de acuerdo a su caudal y presión. En el mercado se encuentran bombas que pueden iniciar en 120 millones de pesos con un valor de instalación cerca de 10 millones de pesos, es decir, es un costo considerable. Se encuentran en el mercado bombas que valen 300 millones de pesos y así incrementa la instalación.

- Los tiempos de entrega pueden variar de 15 a 20 semanas, a la espera de la entrega de un anticipo que permita cerrar el negocio. Además, se debe tener en cuenta los tiempos de revisión de las especificaciones y diseño, invitación de oferentes para proveer la bomba, trámites legales para inicio contractual. Con todo esto se suman, fácilmente dos a tres semanas más.

- Otro aspecto importante es el estado socio-político de Estados Unidos y Colombia. Se debe conocer que los equipos son revisados al ingresar al país. Esto puede ser rápido o puede detenerse para una revisión, lo cual genera demoras de una semana, más la entrega.

- Los tiempos de instalación pueden ser cerca de 4 semanas, para finalmente preparar las pruebas internas que pueden planearse en una semana, más las pruebas de aceptación por la entidad competente otra semana, y así, posteriormente, quede recibido el sistema. Es decir que esta adquisición para que sea exitosa puede tener una duración fácilmente entre 26 a 31 semanas. Dicho de otro modo 6 a 8 meses.

- El impacto ambiental se denomina entre equipos que requieren de combustión y otros que son eléctrico afectando menos el medio ambiente de tal manera que se considera más importante la aplicación de tecnologías eléctricas en vez de manejar diésel para los motores de las bombas.

- La experiencia del proveedor se determina una vez la empresa está constituida de tal manera que una vez completa un año en el mercado puede acceder entre otras cosas a financiamiento e implementación de elementos como RUP brindando la posibilidad de participar de otros tipos de proyectos públicos.

- La garantía de los productos es muy importante nos permite tener una idea del proceso de inversión que se aplica a la hora de ejercer la operación del mismo.

- El mantenimiento es básicamente la vida útil de los productos de tal medida que se encuentre con momentos de prevención y corrección planificando así los presupuestos que se implementan en muchos casos desde la planeación

Matriz de comparación e importancia a partir del análisis jerárquico (AHP) para la representatividad de cada factor con su razón de consistencia.

A partir de un comité técnico de profesionales expertos de la construcción de la ORGANIZACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y CONSTRUCCIÓN OPICC S.A.S se realiza el taller de ponderación a partir de análisis jerárquico definiendo así la métrica de evaluación a partir del análisis jerárquico (AHP) definidos de la siguiente manera:

Se tienen en cuenta una información básica del equipo contra incendio como Insumos técnicos:

Presión (psi).

Caudal (Gpm).

Plano arquitectónico cuarto de bombas.

Dentro de los cuales deben cumplir con el diseño que se tiene aprobado por la entidad competente y se realiza la verificación de requisitos habilitantes:

Los elementos necesarios cumplan con la certificación UL/FM

El equipo de bombero cumpla con la curva de la bomba

Tabla 1. Métrica de Evaluación.

Prioridades	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Fuente: los autores.

Tabla 2. Nomenclatura de criterios

Valor del producto	Impacto Ambiental	Tiempo de entrega	Experiencia del proveedor	Garantía	Mantenimiento
VP	IA	TE	EP	G	Mtto

Fuente: los autores.

Tabla 2. Definición del peso de los criterios

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}; A * W = \lambda * W$$

	VP	IA	TE	EP	G	Mtto
VP	1.00	0.33	1.00	3.00	3.00	1.00
IA	3.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TE	1.00	0.33	1.00	3.00	0.33	0.33

EP	0.33	0.33	0.33	1.00	0.33	0.33
G	0.33	0.33	3.00	3.00	1.00	1.00
Mtto	1.00	0.33	3.00	3.00	1.00	1.00
Suma	6.67	2.67	11.33	16.00	8.67	6.67

Fuente: Elaboración propia.

$$A = [a_{ij}] \text{ l } a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

$$\lambda_{max} \geq n; \lambda_{max} = n \Leftrightarrow \text{Con } A$$

Tabla 3. Representatividad

	VP	IA	TE	EP	G	Mtto
VP	0.15	0.13	0.09	0.19	0.35	0.15
IA	0.45	0.38	0.26	0.19	0.35	0.45
TE	0.15	0.13	0.09	0.19	0.04	0.05
EP	0.05	0.13	0.03	0.06	0.04	0.05
G	0.05	0.13	0.26	0.19	0.12	0.15
Mtto	0.15	0.13	0.26	0.19	0.12	0.15
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]; \bar{W}$$

$$W = \left[w_1 / \sum_1^n w_i, w_2 / \sum_1^n w_i, \dots, w_n / \sum_1^n w_i \right] = 1$$

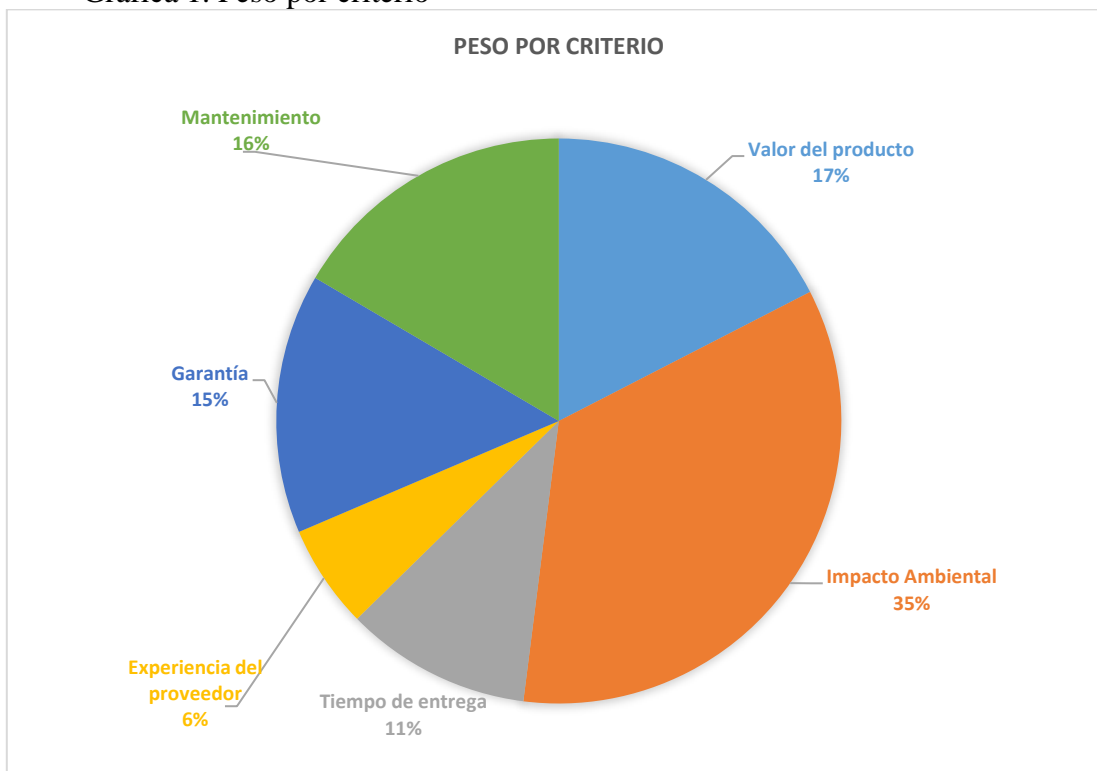
Tabla 4. Peso, Factor A y A/Peso

	Peso por criterio	Factor A	A/Peso
Valor del producto	0.174	1.19	6.80
Impacto Ambiental	0.346	2.31	6.68
Tiempo de entrega	0.107	0.68	6.37
Experiencia del proveedor	0.059	0.37	6.29
Garantía	0.149	0.98	6.62
Mantenimiento	0.165	1.10	6.66

Suma	1.00	6.63	
Promedio			6.57

Fuente: los autores.

Grafica 1. Peso por criterio



Fuente: Elaboración propia

Definición de consistencia del peso de los criterios

$$Rc = Ic / Ia$$

Rc= Razon de consistencia

Ic= Indice de consistencia

Ia= Indice de aleatoriedad

Rc debe ser menor de 0.1

$$Ia = 1.98 * (n-2) / n = 1.32$$

n= número de criterios

$$Ic = (\text{Promedio}(A/\text{peso}) - n) / (n-1)$$

$$Lc = 0.114$$

Resultados

$$Ia = 1.32$$

$$Ic = 0.114$$

$$Rc = 0.086 < 0.1 \text{ Cumple.}$$

Definición de rangos como guía para la métrica de evaluación implementado en el análisis jerárquico (AHP)

Rangos para valor del producto basado en el comité técnico de profesionales se dan unas directrices que permitan orientar sobre cada criterio.

A partir de la revisión de 8 diferentes cotizaciones entre el 2016 y 2020 en la adquisición de bombas contra incendio se logra determinar un rango de acuerdo a las 5 prioridades entre el valor mayor y valor menor determinando así el siguiente resultado.

Tabla 5. Métrica de evaluación para valor del producto

Prioridades (Rango \$30.000.000)	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Se determinó el que las bombas eléctricas son más importantes que las de tipo diésel.

Tabla 6. Métrica de evaluación Impacto ambiental

Prioridades (Eléctrica >es más importante que Diésel)	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Basados en las cotizaciones analizadas en donde se disponía de la información de entrega del producto se consideró una semana teniendo en cuenta los retrasos y desviación que se podría presentar de no realizarse la entrega.

Tabla 7. Métrica de evaluación de tiempo de entrega.

Prioridades (Rango de 1 semana)	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Se considera teniendo en cuenta que los RUP se expiden posterior a 1 año de constituida la empresa en donde se ingresa información de experiencia contractual como el rango determinando en esta característica.

Tabla 8. Métrica de evaluación experiencia del proveedor.

Prioridades (Rango de 1 Año)	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Teniendo en cuenta las cotizaciones se relacionó la garantía como variación importante en la medida que esta contemple rangos de 6 meses.

Tabla 9. Métrica de evaluación de la garantía

Prioridades (Rango de 6 meses)	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Teniendo en cuenta experiencias de mantenimiento como su costo puede varias dependientes de los eventos preventivos y correctivos se denomina el rango de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 10. Métrica de evaluación del costo de mantenimiento mensual.

Prioridades (Rango de \$500.000 msl)	
1	i es igual de importante que j
3	i es algo más importante que j
5	i es más importante que j
7	i es mucho más importante que j
9	i es totalmente importante que j

Ejemplo de implementación de la toma de decisión a partir del análisis jerárquico (AHP) en la selección de bombas contra incendio



Fuente: Elaboración propia

Se plantea un ejemplo de 4 alternativas de bombas contraincendios con la siguiente referencia.

Requisitos habilitantes

Alternativa	Cotización	Cuarto de bomba horizontal o vertical al tanque	Cuenta con Certificación UL/FM	Cuenta con curva de la bomba	Caudal	Presión	Habilitado
A1	AQ00933	Horizontal	Ok	Ok	750	190	Si
A2	Aq00935	Horizontal	Ok	Ok	1000	200	Si
A3	Aq02517	Horizontal	Ok	Ok	1000	175	Si
A4	AQ-02518	Horizontal	Ok	Ok	1000	185	Si

Datos para ponderación por criterio.

Alternativa	Valor (Millones)	Tipo	Tiempo de entrega	Experiencia del proveedor (años)	Garantía (meses)	Mantenimiento (Msl)
A1	\$200	Diésel	14	6	6	\$2.000.000
A2	\$250	Eléctrica	12	5	12	\$1.500.000
A3	\$220	Eléctrica	13	4	12	\$1.000.000
A4	\$225	Eléctrica	12	3	6	\$1.500.000

Valor del producto

Ponderación de criterios

Alternativa	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	5.00	3.00	3.00
A2	0.20	1.00	0.33	0.33
A3	0.33	3.00	1.00	1.00
A4	0.33	3.00	1.00	1.00
Suma	1.87	12.00	5.33	5.33

Representatividad

Alternativa	A1	A2	A3	A4	peso por criterio	Factor A	A/Peso
A1	0.54	0.42	0.56	0.56	0.52	2.12	4.08
A2	0.11	0.08	0.06	0.06	0.08	0.32	4.02
A3	0.18	0.25	0.19	0.19	0.20	0.81	4.04
A4	0.18	0.25	0.19	0.19	0.20	0.81	4.04
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.06	4.04

Consistencia

n	Ic	La	Rc = < 0.1	Lc/La
4	0.01	1	0.01	

Impacto Ambiental

Ponderación de criterios

Alternativa	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	0.20	0.20	0.20
A2	5.00	1.00	1.00	1.00
A3	5.00	1.00	1.00	1.00
A4	5.00	1.00	1.00	1.00
Suma	16.00	3.20	3.20	3.20

Representatividad

Alternativa	A1	A2	A3	A4	peso por criterio	Factor A	A/Peso
A1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.25	4.00
A2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.25	4.00
A3	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.25	4.00
A4	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.25	4.00
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00

Consistencia

n	Ic	La	Rc = Lc/La < 0.1
4	0.00	1	0.00

Tiempo de entrega

Ponderación de criterios

Alternativa	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	0.20	0.33	0.20
A2	5.00	1.00	3.00	1.00
A3	3.00	0.33	1.00	0.33
A4	5.00	1.00	3.00	1.00
Suma	14.00	2.53	7.33	2.53

Representatividad

Alternativa	A1	A2	A3	A4	peso por criterio	Factor A	A/Peso
A1	0.07	0.08	0.05	0.08	0.07	0.28	4.01

A2	0.36	0.39	0.41	0.39	0.39	1.58	4.07
A3	0.21	0.13	0.14	0.13	0.15	0.62	4.03
A4	0.36	0.39	0.41	0.39	0.39	1.58	4.07
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.06	4.04

Consistencia

n	Ic	La	Rc = Lc/La < 0.1
4	0.01	1	0.01

Experiencia del proveedor

Ponderación de criterios

Alternativa	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	3.00	5.00	7.00
A2	0.33	1.00	3.00	5.00
A3	0.20	0.33	1.00	3.00
A4	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.68	4.53	9.33	16.00

Representatividad

Alternativa	A1	A2	A3	A4	peso por criterio	Factor A	A/Peso
A1	0.60	0.66	0.54	0.44	0.56	2.36	4.22
A2	0.20	0.22	0.32	0.31	0.26	1.86	7.06
A3	0.12	0.07	0.11	0.19	0.12	0.93	7.66
A4	0.09	0.04	0.04	0.06	0.06	0.36	6.29
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.51	6.31

Consistencia

n	Ic	La	Rc = Lc/La < 0.1
4	0.77	1	0.78

Garantía

Ponderación de criterios

Alternativa	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	0.33	0.33	1.00
A2	3.00	1.00	1.00	3.00

A3	3.00	1.00	1.00	3.00
A4	1.00	0.33	0.33	1.00
Suma	8.00	2.67	2.67	8.00

Representatividad

Alternativa	A1	A2	A3	A4	peso por	Factor A	A/Peso
A1	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.50	4.00
A2	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	1.50	4.00
A3	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	1.50	4.00
A4	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.50	4.00
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00

Consistencia

n	Ic	La	$Rc = Lc/La < 0.1$
4	0.00	1	0.00

Mantenimiento

Ponderación de criterios

Alternativa	A1	A2	A3	A4
A1	1.00	0.33	0.20	0.33
A2	3.00	1.00	0.33	1.00
A3	5.00	3.00	1.00	3.00
A4	3.00	1.00	0.33	1.00
Suma	12.00	5.33	1.87	5.33

Representatividad

Alternativa	A1	A2	A3	A4	peso por criterio	Factor A	A/Peso
A1	0.13	0.13	0.08	0.04	0.09	0.37	4.00
A2	0.38	0.38	0.13	0.13	0.25	1.00	4.00
A3	0.63	1.13	0.38	0.38	0.63	2.50	4.00
A4	0.38	0.38	0.13	0.13	0.25	1.00	4.00
Suma	1.50	2.00	0.70	0.67	1.22	4.87	4.00

Consistencia

n	Ic	La	Rc = Lc/La < 0.1
4	0.00	1	0.00

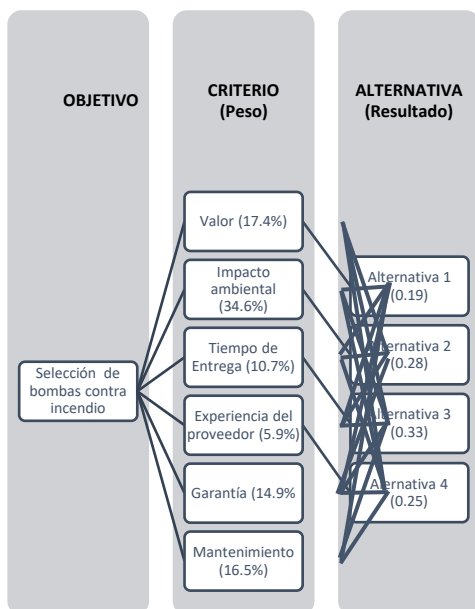
Matriz jerárquico

	Valor del producto	Impacto Ambiental	Tiempo de instalación	Experiencia del proveedor	Garantía	Mantenimiento
A1	0.52	0.06	0.07	0.56	0.13	0.09
A2	0.08	0.31	0.39	0.26	0.38	0.25
A3	0.20	0.31	0.15	0.12	0.38	0.63
A4	0.20	0.31	0.39	0.06	0.13	0.25
Peso del Criterio	0.17	0.35	0.11	0.06	0.15	0.17

Jerarquía de las alternativas

Alternativa	Ponderación	jerarquía
A1	0.19	4
A2	0.28	2
A3	0.33	1
A4	0.25	3

Resultados 2 fase



RANKING PARA SELECCIÓN DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

1. Cotización AQ-02517
2. Cotización AQ-00935
3. Cotización AQ-02518
4. Cotización AQ-00933

SELECCIÓN:

Alternativa	Cotización	Cuarto de bomba	Cuenta con Certificación	Cuenta con curva de la bomba	Caudal	Presión	Habilitado
A3	<u>Aq02517</u>	Horizontal	Ok	Ok	1000	175	Si

Alternativa	Valor (Millones)	Tipo	Tiempo de entrega (meses)	Experiencia del proveedor (años)	Garantía (meses)	Mantenimiento (Millones Msl)
A3	\$220	Eléctrica	13	4	12	1

Fuente: Los autores.

Conclusiones

Esta investigación permite visualizar la importancia del estudio de las compras verdes a la hora de gestionar las adquisiciones de un proyecto o de un producto, ya que con ellas se puede optimizar el proceso de selección y evaluación de proveedores, factor principal en este tema de estudio. En el caso de la adquisición de bombas contra incendios, se recomienda gestionar la adquisición desde la etapa de diseño, teniendo en cuenta las metodologías aprendidas para los temas más importantes y que más influyen en las compras verdes de bombas contra incendio: evaluación y selección de proveedores, tiempos de instalación, tiempos de entrega de suministro, costos e impacto ambiental.

- El tópico de compras verdes no sólo habla de buscar alternativas que minimicen el impacto ambiental, buscando que éstas sean ambientalmente más amigables e innovadoras, es un compendio de conceptos, como son costos, tiempos de entrega, tiempos de instalación, manejo financiero, entre otros, que se deben tener claros y se deben gestionar en el momento adecuado para que lleguen a ser exitosos y no se conviertan en una dificultad que ponga en problemas la gestión del proyecto.

- Debido al desconocimiento que se tiene, no sólo de la normatividad para la etapa de diseños, sino también en la etapa de ejecución, los tiempos de adquisición de bombas contra incendios se incrementan, afectando así el éxito del proyecto.

- Se debe promover en el país la fabricación de bombas bajo las normas vigentes. De esta manera se crea la necesidad de tener entidades que certifiquen en el país este tipo de productos, facilitando esta clase de adquisición y mejorando las variables estudiadas involucradas en el buen desarrollo de la gestión de este tipo de adquisiciones.

- Se debe tener en cuenta que, aunque la bomba contra incendio a Diésel es la más difundida en Colombia por ciertas facilidades que tiene, una alternativa a la mano es la adquisición de bombas eléctricas. El gerente debe prever las particularidades de instalación y adquisición de ésta, recordando siempre las bondades que presenta en la preservación del medio ambiente.

- Es importante encaminar el tema de protección contra incendio en edificaciones a que se pueda contar con un laboratorio capacitado para aprobar estas bombas, o una seccional del laboratorio de Estados Unidos en Colombia, lo cual mejoraría las variables de estudio: costos y tiempos.

Recomendaciones

En esta investigación se hizo una aproximación de aplicación de los principales conceptos de compras verdes a la Adquisición de bombas contra incendio. Es importante recordar que temas como Ingeniería de valor y Lean Construction son aplicables. Se deja la inquietud a investigadores a realizar aplicaciones sobre temas de compras teniendo en cuenta estas filosofías, y documentar lo aprendido en metodologías que faciliten la gestión de las adquisiciones.

- Los autores dejan como inquietud la continuación de esta investigación, aplicando los aportes y metodologías aprendidas para conseguir que la adquisición de bombas contra incendios sean adquisiciones verdes. Se sugiere tomar un proyecto real y trabajarlo como un estudio de caso.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Calixto, E. J., & Rincón Carreño, K. S. . . (2020). El impacto ambiental de la gestión de las constructoras . *Formación Estratégica*, 1(01), 82–92. Recuperado a partir de <https://www.formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/14>
- Araújo, L. H. (2017) Alencar, and C. M. de Miranda Mota, “Project procurement management: A structured literature review,” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 35, no. 3, pp. 353–377
- Bohórquez Niño, A. . (2020). MICROTURBINA PELTON, UNA SOLUCION REAL DE ENERGIA PARA ZONAS NO INTERCONECTADAS (ZNI). *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 1(31), 72-76. <https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2018.133>
- Bello-Robles, J. C., Suarez, O. J., & Garcia, A. P. (2021). Nonlinear control strategies for a pendubot system. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, , 2021-July doi:10.18687/LACCEI2021.1.1.590
- Del Valle, Y., Meriño, V., & Martinez, C. (2018). Emprendimiento Sostenible: Una Opción para el Crecimiento Local. *I+ D Revista de Investigaciones*, 11(1), 116-128. <https://www.udi.edu.co/revistainvestigaciones/index.php/ID/article/view/168>
- Congreso de Colombia, Ley 1796 de 2016. 2016.
- Good Group S.A.S, “Bombas contra incendio UL FM NFPA en Colombia.” [Online]. Available: <https://www.goodgroup.com.co/>.
- S. R. and P. McDermott (2005) *Procurement System (A Guide to Best Practice in Construction)*
- S. Naoum and C. Egbu (2015) “Critical Review of Procurement Method Research in Construction Journals,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 21, no. 5, pp. 6–13
- Eriksson and M. Westerberg, P. E. (2011).“Effects of cooperative procurement procedures on construction project performance: A conceptual framework,” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 29, no. 2, pp. 197–208.
- J. K. W. Wong, J. K. S. Chan, and M. J. Wadu (2016) “Facilitating effective green procurement in construction projects: An empirical study of the enablers,” *J. Clean. Prod.*, vol. 135, pp. 859–871
- Congreso de Colombia, Ley 1575 de 2012. 2012.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010) *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*.

- Ley General de Bomberos Ley 1575 de 2012.
- NFPA, “Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.” [Online]. Available: <https://www.nfpajla.org/~nfpajla/nfpa-en-lationoamerica/nfpa-en-espanol>.
- National Fire Protection Association (2016) Norma para la instalación de bombas estacionarias para protección contra incendio NFPA 20.
- Project Management Institute, Dirección de Proyectos. 2008.
- Pinzón, E (2013) “Manual para la implementación de compras verdes, en somos K.S.A., y poder afrontar un cambio hacia una contratación más amigable con el medio ambiente,” Universidad Libre.
- Paz, J. G. (2013) “Las compras verdes, una práctica sustentable y ecológica: posibilidad de su aplicación en el Perú,” pp. 1–16, 2013.
- Ulloa Román, K. A. (2009) “Tesis pucp, Técnicas y herramientas para la gestión del abastecimiento,” 2009.
- López Contreras, A. d., & Martínez Pastrana, E. H. (2016). Importancia de los negocios verdes en el contexto global para el futuro sostenible de las empresas y el caso de Amtec Andina. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria_publica/558
- Liz Valentina Chica Corrales, & Diani Andrea Llanes Hernández. (2022). Análisis de estudios aplicados a la construcción de vivienda de interés social sostenible en Cúcuta . *Formación Estratégica*, 3(02), 16–29. Recuperado a partir de <https://www.formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/81>