

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL, PROYECTO PUERTO BOLÍVAR – FASE 1

– ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS –

Preparado para:



YILPORT TERMINAL OPERATIONS, YILPORTECU S.A.

Elaborado por:



ECOSAMBITO C.LTDA.

Diciembre del 2020

Tabla de Contenido

1. Metodología	2
1.1. Construcción del árbol de decisión	3
1.2. Asignación de pesos mediante proceso analítico jerárquico	3
1.3. Construcción de funciones de valor	4
2. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	6
2.1. Dragado	6
2.2. Construcción Muelle 6	8
3. DESARROLLO	8
3.1. Aspecto económico	9
3.2. Aspecto Ambiental	11
3.3. Aspecto Social	12
4. Resultados	15
4.1. Dragado	15
4.2. Muelle 6	17
5. Conclusiones	19
6. Bibliografía	19

Índice de Tablas

Tabla 1. Funciones matemáticas de valor	6
Tabla 2. Asignación de pesos para criterios e indicadores	9
Tabla 3. Calificación por atributos para GOyM	11
Tabla 4. Calificación por atributos para IAmb	12
Tabla 5. Calificación por atributos para CPT	13
Tabla 6. Calificación por atributos para Acs	14
Tabla 7. Calificación por atributos para VCa	15
Tabla 8. Resultado de análisis de alternativas de dragado	16
Tabla 9. Resultado de análisis de alternativas muelle 6	17

Índice de Figuras

Figura 1. Tipos de funciones de valor	5
Figura 2. Árbol de decisión	9
Figura 3. Función de valor para CUA	10
Figura 4. Función de valor para GOyM	11
Figura 5. Función de valor para IAmb	12
Figura 6. Función de valor para	13
Figura 7. Función de valor para VCa	14
Figura 8. Función de valor para AcS	15
Figura 9. Índice de Sostenibilidad para alternativas de Dragado	16
Figura 10. Índice de sostenibilidad por criterio, para alternativas de dragado	17
Figura 11. Índice de sostenibilidad para alternativas construcción de muelle 6	18
Figura 12. Índice de sostenibilidad por criterio, para alternativas de muelle 6	18

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento presenta una evaluación de las alternativas propuestas para los proyectos de dragado del canal de acceso y muelles existentes en la Terminal Portuaria, como para la ampliación a través de la construcción del muelle 6.

Se plantea para ello el Método Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles (MIVES), que tiene características importantes como consistencia, facilidad uso, eficiencia, multicriterio, y evaluación de alternativas heterogéneas.

En el desarrollo del método, se plantea el árbol de decisión con requerimientos económicos, ambientales y sociales, cada uno de los cuales se desglosa en indicadores que permitan valorar el desempeño de las alternativas en estos aspectos. Para ello, se establecen pesos para todos los niveles del árbol de decisión, y funciones de valor que permiten transformar, calificaciones por atributos, a funciones de valor entre 0 y 1. Al aglutinar los resultados del valor de cada indicador, se obtiene un Índice de Sostenibilidad (IS). A mayor IS, mayor sostenibilidad de la alternativa analizada.

Los resultados muestran que la alternativa de Dragado con depósito de todos los sedimentos en mar abierto es la que ha obtenido mayor índice de sostenibilidad debido que los costos de mantenimiento de esta alternativa eran menores. Mientras, la alternativa de construcción y operación del Muelle, con pilotes de acero, es la que ha obtenido mayor índice de sostenibilidad debido a los costos de inversión menores de esta alternativa.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El análisis de alternativas se lleva a cabo para los proyectos futuros que se tiene planificado realizar en la Terminal Portuaria, tanto el dragado de mantenimiento del canal de acceso, área de maniobra y muelles, como la construcción del sexto muelle de la Terminal.

Para escoger una alternativa, de las varias planteadas al conceptualizar un proyecto, es necesario identificar los mecanismos que nos lleven a una toma de decisión racional, a través de los criterios que son importantes para el decidor, y/o sus partes interesadas.

Existen múltiples mecanismos para realizar este tipo de análisis. El rol de las técnicas de análisis disponibles para la toma de decisiones, es hacer frente a las dificultades que los decisores pueden tener en el manejo de grandes cantidades de información compleja, de manera coherente. Estas técnicas deben asociarse a un procedimiento racional, secuencial y repetible, y deben además ser defendibles, es decir, los datos, los criterios y las medidas de desempeño que permiten a entidades externas evaluar y validar el proceso, deben ser transparentes (Trigueros 2008). Las más comunes son las técnicas de análisis monetario, métodos de análisis multicriterio, y métodos de ponderación de variables o asignación de pesos.

Una metodología multicriterio, MIVES: Método Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles (Viñolas Prat et al, 2009), puede ser utilizada por sus características de consistencia, facilidad uso, eficiencia, multicriterio, alternativas heterogéneas

1. Metodología

El Método integrado de valor para evaluaciones sostenibles (MIVES), es una combinación de técnicas cuya principal característica es que permite a los tomadores de decisiones, priorizar y seleccionar de entre alternativas heterogéneas.

Los procesos que lo conforman son:

- Delimitación de la decisión: definición de quién toma la decisión, los límites del sistema y las condiciones de contorno.
- Definición del árbol de toma de decisión: Los aspectos a tomar en cuenta en la decisión son ordenados en forma ramificada.
- Creación de funciones de valor: consisten en funciones matemáticas para obtener valoraciones de 0 a 1 de todos los aspectos pertenecientes a la última ramificación del árbol de toma de decisión.
- Asignación de pesos: Definición de la importancia relativa de cada uno de los aspectos en relación a los restantes pertenecientes a una misma ramificación del árbol de toma de decisión.
- Definición de las alternativas: Elección de las alternativas a ser analizadas. al problema de toma de decisión planteado.

- Valoración de las alternativas: Obtención de índice de valor para cada alternativa planteada.

Realización del análisis de sensibilidad: Análisis del posible cambio del índice de valor de cada una de las alternativas en el caso de varíen los pesos o las funciones de valor definidas en las primeras fases. Esta fase es opcional dentro de la metodología MIVES.

Contrastación de resultados: Comprobación a largo plazo de que el modelo de valoración se sigue ajustando a lo que se quería valorar inicialmente y si los cálculos realizados en cada una de las alternativas es el esperado. Esta fase puede considerarse como una fase de control, del modelo y de las alternativas, y también es opcional dentro de la metodología MIVES. (Universidad Politécnica de Cataluña 2009).

1.1. Construcción del árbol de decisión

Consiste en la descomposición del problema de decisión en componentes más simples, y su organización en forma ramificada y por niveles, de acuerdo a las preferencias del decisor. En el primer nivel se ubican los aspectos más cualitativos y generales de la toma de decisión, luego, los criterios y sub-criterios, y en el último nivel se ubican los aspectos más particulares: los indicadores.

Requerimientos: son los aspectos más cualitativos y representan la visión más general de los criterios bajo los cuales se realiza la toma de decisión, en caso de un análisis desde el punto de vista de la sostenibilidad, los requerimientos coinciden con los tres pilares básicos de la sostenibilidad: económico, social y medioambiental.

Los indicadores son variables cualitativas o cuantitativas a partir de las cuales, se cuantifica el valor de la alternativa, a través de las funciones de valor. Para su definición es aconsejable utilizar técnicas de trabajo en equipo como “técnica delphi”, “decision conferencing”, o “brain storming”.

1.2. Asignación de pesos mediante proceso analítico jerárquico.

Esta etapa consiste en establecer preferencias entre los elementos de una misma ramificación, los pesos de los indicadores se calculan en relación a otros pertenecientes a un mismo criterio, los pesos de los criterios se calculan en relación a los restantes pertenecientes a un mismo requerimiento, y todos los requerimientos son comparados entre sí (Viñolas Prat et al. 2009). La suma de los pesos de los elementos pertenecientes a una misma ramificación es igual a la unidad.

Matriz de decisión: Para cada bloque de comparación es necesaria la construcción de una matriz cuadrada $n \times n$, siendo n el número de elementos a comparar (requerimientos, criterios o indicadores de la misma ramificación). La matriz tendrá valor 1 en toda la diagonal, producto de la comparación entre un elemento consigo mismo (que tendrá igual importancia). El elemento inverso de la matriz es el número inverso. Por ejemplo si el

indicador i respecto al indicador j tiene una importancia de 4, cuando se compara el indicador j con el indicador i será el valor inverso, es decir $\frac{1}{4}$.

1.3. Construcción de funciones de valor.

La función de valor permite pasar de una cuantificación de una variable o atributo a una variable adimensional comprendida entre 0 y 1, donde 0 refleja la satisfacción mínima (S_{min}) y 1 refleja la máxima satisfacción (S_{max}). Junto con los pesos calculados para cada variable, permite obtener el valor, primero para los indicadores, luego para los criterios, después de requerimientos y finalmente para cada alternativa, de modo que se puede definir una o varias alternativas óptimas.

Definición de la tendencia de la función valor:

- Creciente, la satisfacción del decisor aumenta con un aumento del valor del indicador
- Decreciente, la satisfacción del decisor disminuye a medida que aumenta el valor del indicador
- Mixta, la máxima satisfacción del decisor se produce en puntos medios del valor del indicador y la máxima insatisfacción en puntos extremos, tipo campana de Gauss

Definición de los puntos correspondientes a la mínima y máxima satisfacción.

Estos puntos definen los límites de la función de valor en el eje x y están dados por la cuantificación o medida de las variables que se analizan S_{min} (punto de satisfacción mínima) y S_{max} (punto de máxima satisfacción). Estos dos puntos tienen un valor de satisfacción o respuesta en el eje y de la función, de 0 (S_{min}) y 1 (S_{max}), respectivamente.

Estos puntos se establecen según tres criterios:

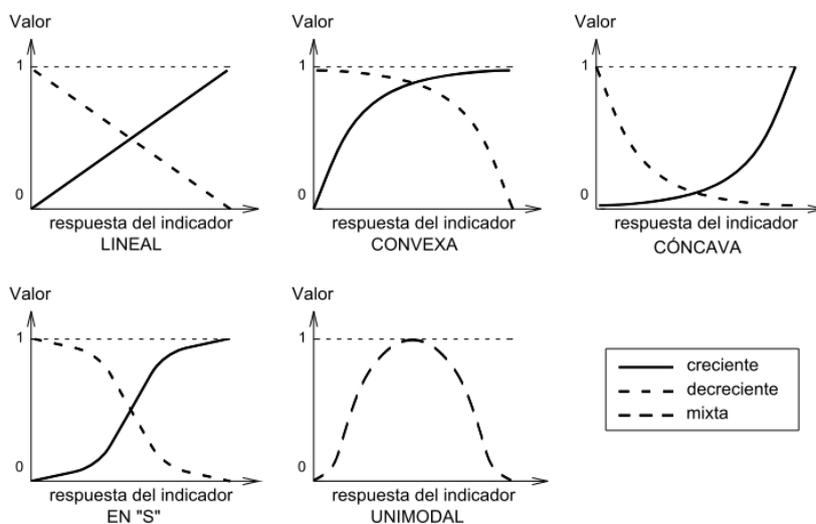
- Reglas y reglamentos: cuando las variables están reguladas por normas existentes y por lo tanto están limitadas a los valores dados, o los valores mínimo y máximo incluidos dentro del intervalo definido por ellos.
- Experiencia con proyectos anteriores: los valores pueden ser determinados por la experiencia, a partir de datos históricos, de datos encontrados en la literatura o de datos obtenidos de proyectos anteriores. La gama de valores es ligeramente más flexible que cuando se cumplen las normas y reglamentos.
- Valor producido por las diferentes alternativas con respecto a un indicador. En este caso, los límites de la función de valor son proporcionados por los valores mínimo y máximo de las diferentes alternativas con respecto a un indicador. En consecuencia, si aparece una nueva alternativa, los límites de la función y el valor correspondiente de los indicadores pueden cambiar. datos:

Definición de la forma de función:

- Lineal: el incremento o disminución es de valor constante a lo largo del rango de respuesta de las alternativas.
- Convexa: presenta un gran aumento de valor para respuestas cercanas a la que genera el mínimo valor si la función es creciente o un gran decremento de valor para respuestas cercanas al mínimo valor si la función es decreciente.

- Cóncava: muestra un gran aumento de valor para respuestas cercanas a la que genera el máximo valor si la función es creciente o un gran decremento de valor para respuestas cercanas al mínimo valor si la función es decreciente
- En S: el incremento o decremento de valor máximo se produce en la parte central del rango de respuestas mientras que es menor en los puntos cercanos al mínimo y máximo

Figura 1. Tipos de funciones de valor



Fuente: Alarcon et al. (2011)

Definición de la función matemática de la función de valor: La ecuación matemática propuesta por Alarcon et al. (2011) es la siguiente:

Tabla 1. Funciones matemáticas de valor

Función creciente			
Función	C	K	P
Lineal	$C \approx X_{min}$	≈ 0	≈ 1
Convexa	$X_{min} + \frac{X_{max} - X_{min}}{2} < C < X_{min}$	< 0.5	> 1
Cóncava	$X_{min} < C < X_{min} + \frac{X_{max} - X_{min}}{2}$	> 0.5	< 1
Forma S	$X_{min} + \frac{X_{max} - X_{min}}{5} < C < X_{min} + \frac{4(X_{max} - X_{min})}{5}$	0.2/0.5	> 1
Función decreciente			
Función	C	K	P
Lineal	$C \approx X_{min}$	≈ 0	≈ 1
Convexa	$X_{max} < C < X_{max} + \frac{X_{min} - X_{max}}{2}$	< 0.5	> 1
Cóncava	$X_{min} - \frac{X_{min} - X_{max}}{2} < C < X_{min}$	> 0.5	< 1
Forma S	$X_{max} - \frac{4(X_{max} - X_{min})}{5} < C < X_{max} + \frac{(X_{max} - X_{min})}{5}$	0.2/0.5	> 1

Fuente: Alarcon et al. (2011)

2. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se describen las alternativas de planteadas para los proyectos de dragado y construcción del muelle 6. Las alternativas descritas, son las planteadas en los Estudios de Impacto Ambiental respectivos y el Estudio Ambiental Complementario.

2.1. Dragado

Según los estudios realizados, se extraerán del Área de Muelles (Muelle 1, 2, 3, 4, 5 y 6) la cantidad de 575.384,84 metros cúbicos, de la siguiente manera:

Muelle #1 = 58.598,56 m³

Muelle #2 = 22.526,22 m³

Muelle #3 = 73.075,41 m³

Muelle #4 = 45.628,87 m³

Muelle #5 = 124.308,33 m³

Muelle #6 = 251.247,45 m³.

Mientras, de la Zona de Maniobra y Canal de Acceso, se extraerán 7'000.000 m³ de sedimentos.

ALTERNATIVA 1: Disponer los sedimentos del dragado de los muelles en tierra firme, y los sedimentos del dragado de la zona de maniobra y canal de acceso, en altamar.

Los sedimentos extraídos del área de muelles, se depositarían en los antiguos predios del ISSFA, área próxima a los muelles del Terminal Portuario de Puerto Bolívar, el mismo en que se dispuso el material del dragado de los años 2012 y 2013.

Se trata de tres piscinas de 12,9 hectáreas aproximadamente, en donde se construirán muros y una cuarta piscina. La capacidad de las piscinas es de 375.000 m³. Cuando se sature esta capacidad, se desalojaría el material y se entregaría para obras de relleno.

Al estar esta área cerca de la zona de dragado se podría instalar una tubería terrestre siguiendo el lado derecho de la vía que se dirige al inicio del Muelle 5, y después se ira instalando por el filo de los muelles hasta llegar al inicio del Muelle 3, pudiendo desde ese punto realizar el dragado de los Muelles 3, 2 y 1 con mayor facilidad. Posteriormente, se procederá a recortar la tubería y a colocar la bajante entre el Muelle 4 y 5, el trabajo del recorte de tubería se lo realizará en un tiempo de 5 días, y continuará con el dragado del Muelle 4 el cual se lo determinará alrededor de unos 30 días, finalmente el Muelle 5, el cual llevaría un tiempo de 50 días; teniendo en total un tiempo de trabajo de 162 días.

Es importante recalcar que la tubería no bloquearía ningún área ni causaría ningún tipo de afectación, además que no afectará las maniobras de la Draga al estar cercana la zona al proyecto se reducirá el tiempo del dragado, por lo que se reducirán los costos de operación de la draga, así como del personal involucrado en el proyecto.

Mientras que el material de dragado de la Zona de Maniobra y Canal de Acceso que son 7'000.000 m³ aproximadamente, se dispondrán en una zona ubicada en altamar, que según el Estudio Batimétrico realizado por la compañía CONSULSUA Cia. Ltda. es la zona recomendada. Esta área tiene un área de 4 km², se encuentra a 13,75 millas desde la boya de mar (25 km), esta zona presenta profundidades que sobrepasan los -30 m MLWS pudiendo llegar a -40m MLWS, las corrientes predominantes en este sitio se dirigen hacia el Noreste, haciendo que los sedimentos se dirijan a esta dirección. Se encuentra a 18 km de Isla Santa Clara y 13 km de Isla Puna.

ALTERNATIVA 2: Disponer el total del dragado en zona de altamar.

Se considerará una sola área de depósito en el canal de Jambelí con un área de 4 km², este sitio de depósito corresponde a una zona de buenas profundidades, para el depósito de material se definirá una cuadrícula en el área dividida cada 200 metros a fin de determinar un plan de descarga para cada equipo y el proceso consistirá en depositar el sedimento en cada cuadrícula definida con coordenadas (número, letra), garantizando de esta manera a distribuir el material de manera uniforme equitativa sobre toda el área y evitando la acumulación de este en un solo sitio. Esto se controlará mediante batimetrías periódicas y el plan de descarga se ajustará acorde a los resultados si fuera necesario, esta zona se encuentra a 13,6 millas náuticas desde la boya de mar (25 km).

2.2. Construcción Muelle 6

ALTERNATIVA 1. Pilotes de acero, hincados.

Para esta alternativa la primera iteración para el diámetro del pilote es 914 mm con un espesor de pared de 25 mm (espesor reducido es 21 mm si se considera la tolerancia por corrosión). La ventaja de los pilotes de acero es que pueden ser perfectamente hincados para las condiciones de suelo del lugar. El proceso constructivo es rápido.

ALTERNATIVA 2. Pilotes de concreto, hincados

Los pilotes de concreto hincados trabajan bien y la capacidad de los pilotes es ligeramente menores que los pilotes de acero (considerando el mismo diámetro de 914 mm). Sin embargo, considerando la profundidad embebida prevista para estos pilotes, su peso se torna bastante significativo y requerirá equipamiento pesado para izarlos.

ALTERNATIVA 3 Pilotes de concreto, perforados

Para esta alternativa una camisa de acero puede ser usada y, considerando el diámetro de los pilotes, se requerirá como mínimo 12 mm de espesor de pilote. Más aún, considerando las condiciones geotécnicas: capas de suelo suave e inestable y será necesario enterrarlos hasta la base de los pilotes para así evitar su falla.

3. DESARROLLO

En este capítulo se desarrolla el procedimiento para obtener el Índice de Sostenibilidad (IS), estructurado a través de un árbol de requerimientos basado en el modelo MIVES.

El IS de cada alternativa se obtiene gracias al sumatorio del valor que se obtiene para cada indicador o criterio evaluado $IV_j(A_j, x)$, ponderado en tres niveles, integrando el peso relativo de cada indicador, criterio y requerimiento. Los pesos de los requerimientos se obtienen de ajustar los valores obtenidos mediante el proceso AHP, mientras que los pesos de criterios e indicadores, son resultado de la asignación directa.

$$IS = \sum k_{Rt} \cdot k_{Cy} \cdot k_{Ij} \cdot IV_j(A_x)$$

Donde:

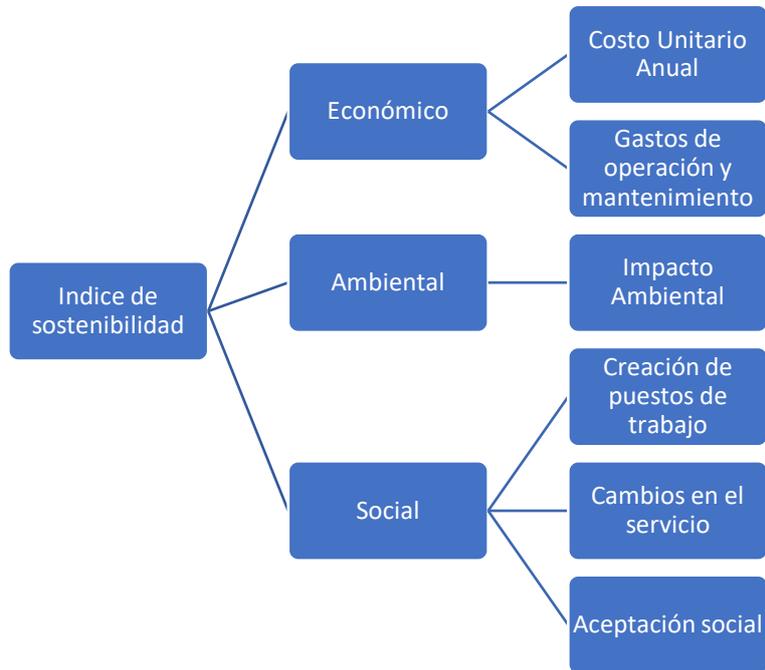
IS es el índice resultado del análisis.

$IV_j(A_x)$ es el valor jésimo de la alternativa x.

k_{Rt} , k_{Cy} y k_{Ij} son los pesos de cada requerimiento, criterio e indicador, respectivamente.

El árbol de decisión se construirá en base a requerimientos, criterios e indicadores de sostenibilidad.

Figura 2. Árbol de decisión



Elaborado por: Ecosambito, 2020

Los pesos de los criterios e indicadores, son resultado de la asignación directa.

Tabla 2. Asignación de pesos para criterios e indicadores

CRITERIOS	PESOS K_{RT} (%)	INDICADORES	PESOS K_{CY} (%)
ECONÓMICO	30	Costo Unitario Anual	50
		Gastos de operación y mantenimiento	50
AMBIENTAL	30	Impacto Ambiental	100
SOCIAL	40	Variación en la capacidad del servicio	30
		Creación de puestos de trabajo	50
		Aceptación social	20

Elaborado por: Ecosambito, 2020

3.1. Aspecto económico

Este requerimiento valora el uso que se da a los recursos económicos que están a disposición de la institución.

Costo Unitario Anual. evalúa si la inversión analizada es equilibrada en el tiempo y en función del servicio que se quiere ofrecer. Está en función de la vida útil de la alternativa propuesta.

$$CUA = \frac{\text{Inversión inicial}}{VU_{total}}$$

Donde:

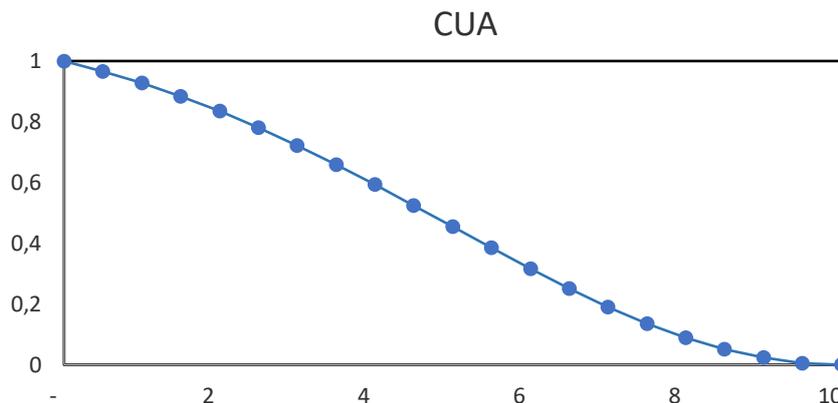
Inversión Inicial es la cantidad total presupuestada para realizar la obra.

VU_{total} son los años que se prevé que se pueda explotar la inversión.

Debido a que no siempre se cuenta con los datos reales de la inversión a realizar, se puede utilizar una valoración estimada que permita diferenciar entre las alternativas que más esfuerzo económico demandan, de aquellas que requieren menores inversiones, así, estableceremos atributos para esta valoración. Para ello, se plantea una valoración del 1 al 10, siendo 10 la alternativa más costosa, y 1 la menos costosa.

La función de valor para obtener este indicador es decreciente.

Figura 3. Función de valor para CUA



Elaborado por: Ecosambito, 2020

Gastos de operación y mantenimiento. Este indicador representa la inversión económica a largo plazo que el Proyecto deberá garantizar para que la inversión siga siendo capaz de ofrecer el servicio para el cual está siendo creada. Esta variación puede ser positiva (aumento de los gastos de mantenimiento) o negativa (si hay una reducción de estos gastos). Toma en cuenta los costos de mantenimiento (costos de repuestos y reparaciones), y costos de operación (personal, insumos, etc).

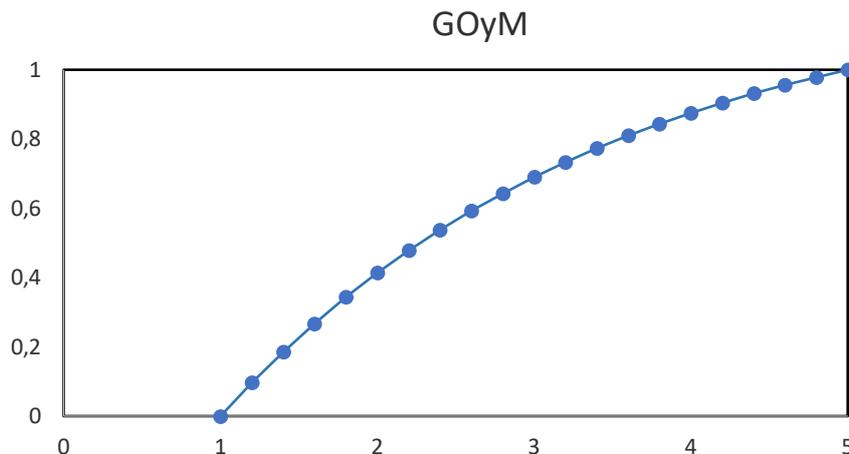
Tabla 3. Calificación por atributos para GOyM

Gastos de operación y mantenimiento (GOyM)		
Atributo	Descripción	Puntuación
Gran aumento	Genera un incremento muy grande de los gastos de mantenimiento	1
Pequeño aumento	Genera un incremento pequeño de los gastos de mantenimiento	2
Nulo/marginal	Variación marginal de los gastos de mantenimiento	3
Ahorro	Genera un pequeño ahorro de los gastos de mantenimiento	4
Gran ahorro	Genera un gran ahorro de los gastos de mantenimiento	5

Elaborado por: Ecosambito, 2020

La función de valor, creciente y cóncava, se muestra a continuación:

Figura 4. Función de valor para GOyM



Elaborado por: Ecosambito, 2020

3.2. Aspecto Ambiental

Impacto Ambiental. se define como los efectos, directos o indirectos, que una inversión podría causar sobre los diferentes elementos del medio ambiente, y la posible afectación a las interrelaciones existentes entre estos elementos.

Para que un proyecto pueda ser ejecutado, existen normativas que exigen estudios de impacto ambiental que den como resultado una serie de medidas para prevenir, controlar y minimizar los posibles impactos ambientales negativos de las inversiones. Así, únicamente

los proyectos que cumplan con estos requerimientos previos, pueden pasar a ser considerados para su implementación.

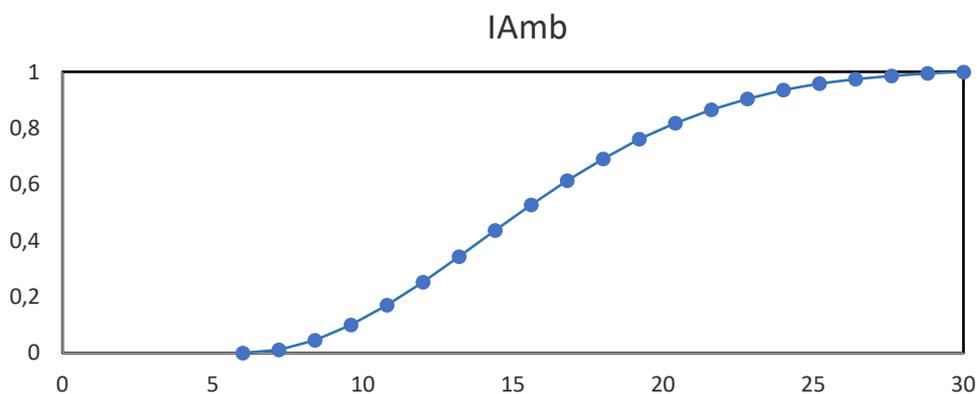
Tabla 4. Calificación por atributos para IAmb

Impacto Ambiental					
Indicador	Impacto negativo	Sin variación	Bajo	Medio	Alto
Considera aspectos de adaptación al cambio climático	1	2	3	4	5
Considera uso de materiales e insumos de cercanías	1	2	3	4	5
Mantiene la calidad de los aspectos físicos: aire, agua, suelo	1	2	3	4	5
Mejora la calidad acústica	1	2	3	4	5
Conserva la biodiversidad	1	2	3	4	5
Conserva el paisaje	1	2	3	4	5

Elaborado por: Ecosambito, 2020

La función de valor creada, es en forma de S, y no devuelve valor para entradas menores a 6 (impactos negativos). El valor máximo es igual a 30, que es la máxima suma posible de los atributos de este indicador.

Figura 5. Función de valor para IAmb



Elaborado por: Ecosambito, 2020

3.3. Aspecto Social

Valora las consecuencias del proyecto sobre la comunidad, y se completa la conceptualización de sostenibilidad para los proyectos evaluados.

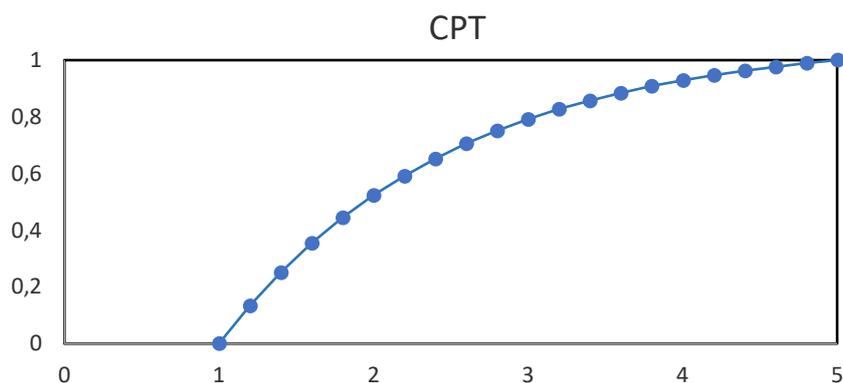
Creación de puestos de trabajo. mide los puestos de trabajo en las fases de construcción y explotación/operación de la inversión. Pretende priorizar aquellas inversiones que pueden crear más puestos de trabajo, a lo largo del tiempo. Con este fin, en este indicador se tienen en cuenta:

Tabla 5. Calificación por atributos para CPT

Creación de puestos de trabajo (CPT)		
Empleos Fase Construcción (EFC)	Empleos Fase Operación y Mantenimiento (EFO)	Puntuación
$0 \leq EFC \leq 5$	$0 \leq EFO \leq 5$	1
$5 \leq EFC \leq 25$	$5 \leq EFO \leq 25$	2
$25 \leq EFC \leq 50$	$25 \leq EFO \leq 50$	3
$50 \leq EFC \leq 100$	$50 \leq EFO \leq 100$	4
$EFC > 100$	$EFO > 100$	5

Elaborado por: Ecosambito, 2020

Figura 6. Función de valor para



Elaborado por: Ecosambito, 2020

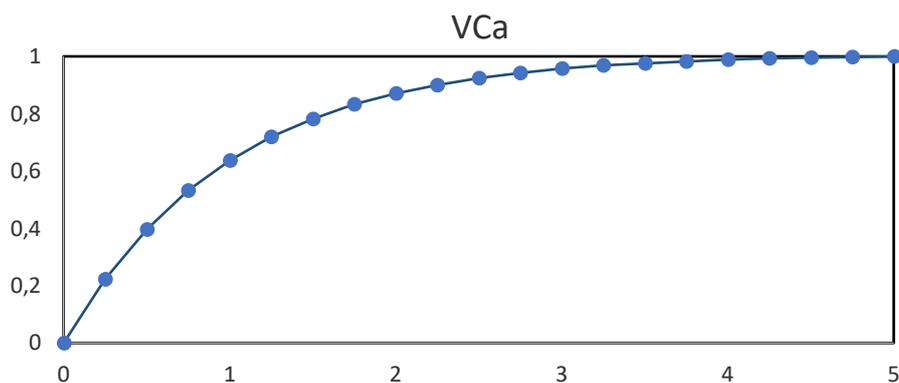
Variación en la capacidad. Evalúa el incremento de capacidad, en número o flujo máximo de usuarios, que pueden utilizar una infraestructura o servicio determinado por unidad de tiempo, una vez implementado el proyecto.

Tabla 6. Calificación por atributos para Acs

Aceptación Social (AcS)		
Atributo	Descripción	Puntuación
Muy Baja	Manifestaciones de oposición por parte de la comunidad o partes interesadas.	1
Baja	Queja o reclamación puntual	2
Normal	No existe una posición definida por parte de la comunidad.	3
Alta	Buena respuesta y acogida por parte de la población receptora.	4
Muy alta	Excelente respuesta y acogida en la comunidad	5

Elaborado por: Ecosambito, 2020

Figura 7. Función de valor para VCa



Elaborado por: Ecosambito, 2020

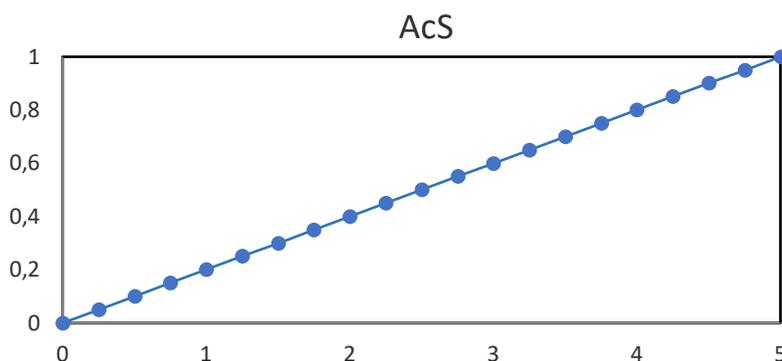
Aceptación Social: Análisis del grado de los actores sociales, partes interesadas y comunidad en general, respecto a la alternativa propuesta.

Tabla 7. Calificación por atributos para VCa

Variación en la capacidad (VCa)		
Atributo	Descripción	Puntuación
Muy Baja	El incremento de capacidad es muy reducido (Δ Capacidad \leq 10%)	1
Baja	El incremento de capacidad es reducido ($10\% < \Delta$ Capacidad \leq 40%)	2
Normal	El incremento de capacidad es intermedio ($40\% < \Delta$ Capacidad \leq 60%)	3
Alta	El incremento de capacidad es significativo ($60\% < \Delta$ Capacidad \leq 80%)	4
Muy alta	El incremento de capacidad es muy significativo (Δ Capacidad $>$ 80%)	5

Elaborado por: Ecosambito, 2020

Figura 8. Función de valor para AcS



Elaborado por: Ecosambito, 2020

4. Resultados

Una vez evaluadas las alternativas propuestas utilizando la metodología descrita, se obtienen los siguientes resultados:

4.1. Dragado

Los resultados numéricos de la evaluación se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 8. Resultado de análisis de alternativas de dragado

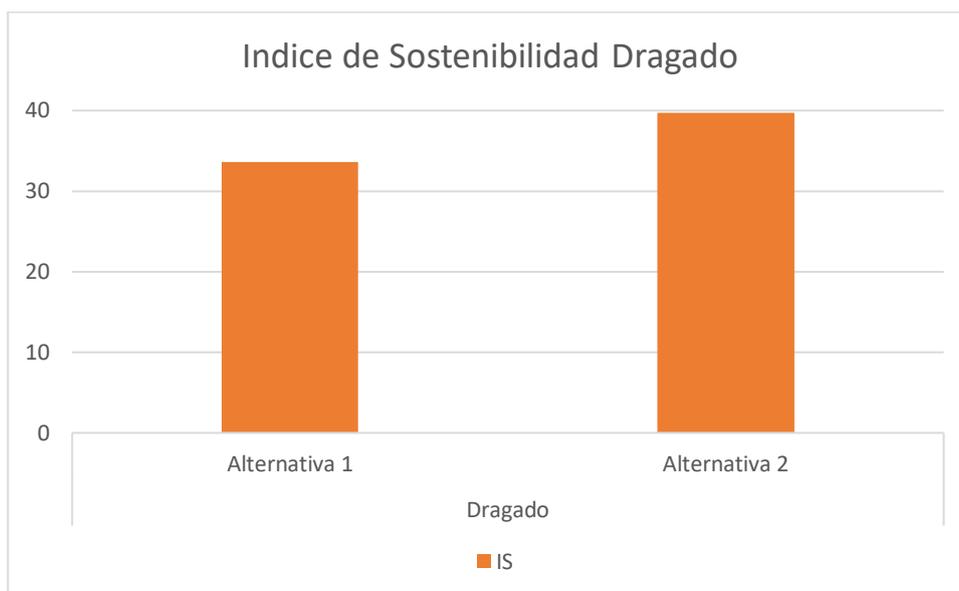
DRAGADO		
INDICADOR	Aternativa 1	Alternativa 2
CUA	0,00	0,03
GOYM	0,00	0,13
IAMB	0,08	0,08
CPT	0,10	0,03
CSR	0,10	0,09
ACS	0,05	0,04
	0,34	0,40
IS (%)	33,63	39,69

Elaborado por: Ecosambito, 2020

Los resultados obtenidos muestran que la Alternativa 2 “Disponer el total del dragado en zona de altamar”, obtiene un índice de sostenibilidad mayor que la alternativa 1 “Disponer los sedimentos del dragado de los muelles en tierra firme, y los sedimentos del dragado de la zona de maniobra y canal de acceso, en altamar.”

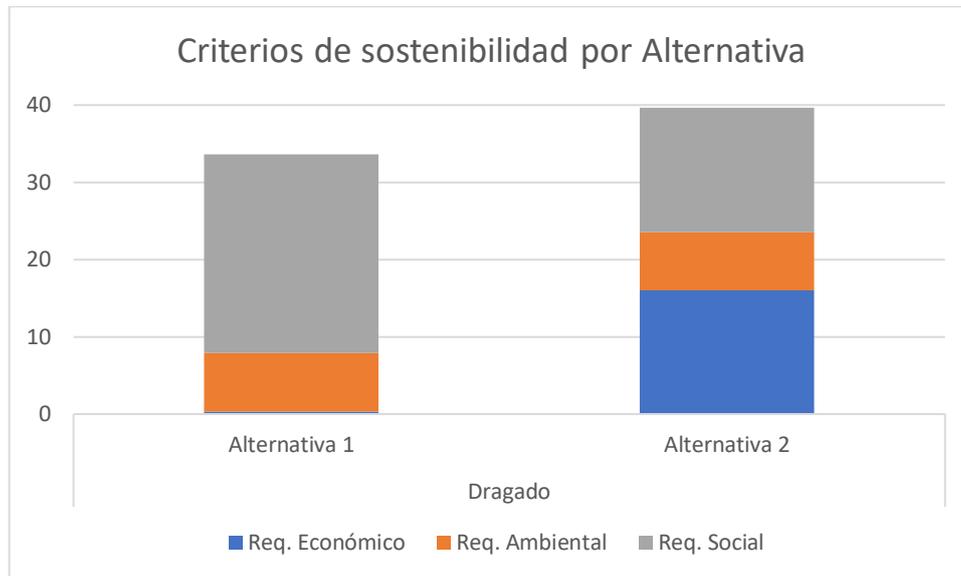
Se muestra también el aporte de cada criterio de sostenibilidad, a la valoración total.

Figura 9. Índice de Sostenibilidad para alternativas de Dragado



Elaborado por: Ecosambito, 2020

Figura 10. Índice de sostenibilidad por criterio, para alternativas de dragado.



Elaborado por: Ecosambito, 2020

El gráfico muestra que la alternativa número dos, tiene una ventaja importante desde el punto de vista económico, esto se debe a los costos de mantenimiento, que influyeron negativamente en el resultado.

4.2. Muelle 6

De las 3 alternativas sometidas a la evaluación, la Alternativa 1 (pilotes de acero) obtuvo un mayor índice de sostenibilidad, sobre las otras dos alternativas.

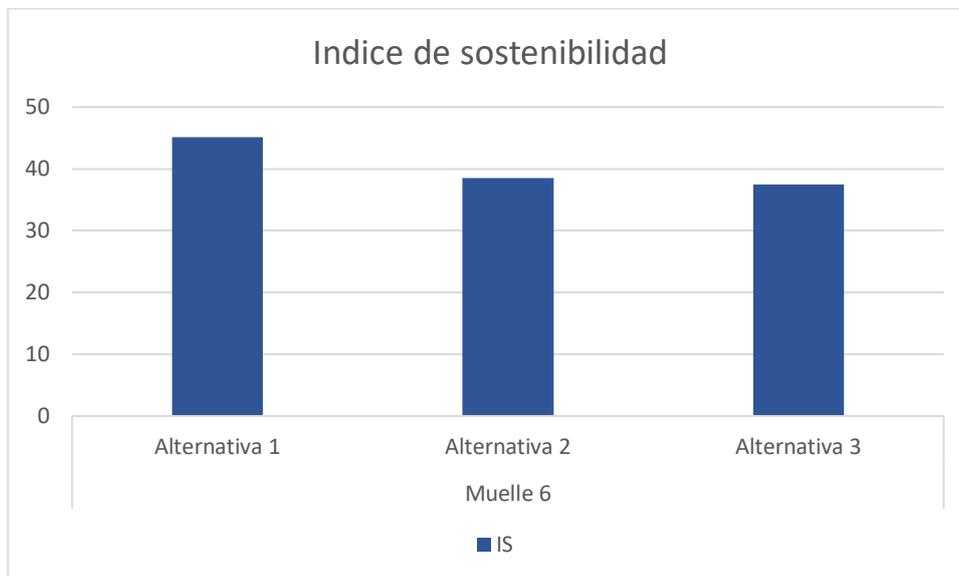
Tabla 9. Resultado de análisis de alternativas muelle 6.

MUELLE 6			
INDICADOR	Aternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
CUA	0,05	0,03	0,01
GOYM	0,13	0,09	0,10
IAMB	0,12	0,12	0,14
CPT	0,03	0,03	0,03
CSR	0,09	0,09	0,09
ACS	0,03	0,02	0,00
	0,45	0,39	0,38
IS (%)	45,18	38,51	37,52

Elaborado por: Ecosambito, 2020

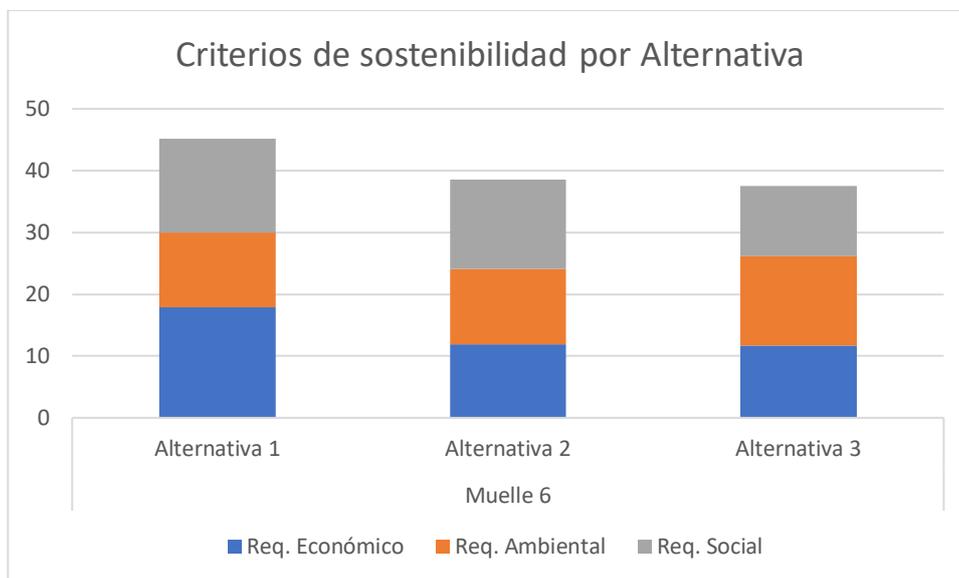
A continuación, se muestran los resultados.

Figura 11. Índice de sostenibilidad para alternativas construcción de muelle 6.



Elaborado por: Ecosambito, 2020

Figura 12. Índice de sostenibilidad por criterio, para alternativas de muelle 6



Elaborado por: Ecosambito, 2020

En el caso de las alternativas constructivas del muelle 6, el factor que más sostenibilidad aporta a la Alternativa 1 es el requerimiento económico, sin embargo, se puede ver que también existen un aporte importante y balanceado de los requerimientos económico y social.

5. Conclusiones

Se ha utilizado una metodología que combina varias técnicas para poder facilitar la toma de decisiones incluyendo criterios diversos, necesarios para un análisis que abarque distintos puntos de vista.

El árbol de decisión elaborado, incluye los requerimientos de la sostenibilidad, y en cada requerimiento, se identificaron indicadores que permitan calificar el desempeño de las alternativas en estos aspectos.

Las alternativas analizadas, tienen características muy similares, por lo que el modelo arroja resultados ajustados, sin embargo, se incluyeron indicadores que pudieran ser diferenciadores, y aporten a una identificación de la alternativa más sostenible.

La alternativa de Dragado con depósito de todos los sedimentos en mar abierto es la que ha obtenido mayor índice de sostenibilidad debido que los costos de mantenimiento de esta alternativa eran menores.

La alternativa de construcción y operación del Muelle, con pilotes de acero, es la que ha obtenido mayor índice de sostenibilidad debido a los costos de inversión menores de esta alternativa.

6. Bibliografía

Alarcón, B., 2005. Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles. Universitat Politècnica de Catalunya.

Quiroga, R., 2007. Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe CEPAL. Nac., Santiago de Chile.

Viñolas Prat, B. et al., 2009. MIVES: modelo integrado de valor para evaluaciones de sostenibilidad., (August 2016), pp.1–24. Available at: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/9704>.

Trigueros, M.A., 2008. An Analysis of Project Prioritization Methods at the Regional Level in the Seventy-five largest metropolitan areas in the United States of America. Environmental Engineering, (December).

Universidad Politécnica de Cataluña, 2009. Manual MIVES.