



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS
EXTENSIÓN GUAYANA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA ADAPTADA Y
ESTANDARIZADA PARA MEJORAR LA TOMA DE DECISIONES
EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE OPCIONES DE UBICACIÓN
Y DISEÑO PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE PUERTOS**

presentado por
Frisancho Steinz, Alejandro
para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
Pietroniro Rangel, Mario Antonio.

Puerto Ordaz, Septiembre 2006

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCION GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS
EXTENSIÓN GUAYANA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA ADAPTADA Y
ESTANDARIZADA PARA MEJORAR LA TOMA DE DECISIONES
EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE OPCIONES DE UBICACIÓN
Y DISEÑO PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE PUERTOS**

presentado por
Frisancho Steinz, Alejandro
para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
Pietroniro Rangel, Mario Antonio.

Puerto Ordaz, Septiembre 2006

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
EXTENSIÓN GUAYANA**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA ADAPTADA Y
ESTANDARIZADA PARA MEJORAR LA TOMA DE DECISIONES EN EL
PROCESO DE SELECCIÓN DE OPCIONES DE UBICACIÓN Y DISEÑO PARA
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE PUERTOS**

Trabajo Especial de Grado para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Autor: Ing. Alejandro Frisancho Steinz
Tutor: Ing. Mario Antonio Pietroniro Rangel
2006

RESUMEN

Esta investigación nace como una propuesta para mejorar la toma de decisiones de dos aspectos muy importantes cuando se efectúa un proyecto de construcción de puertos tales como lo son la ubicación y el diseño. Se han diseñado en el pasado muchos puertos que han producido pérdidas por no ser funcionales y con poca rentabilidad como consecuencia de una equivocada selección de diseños y ubicaciones por lo cual se decidió elaborar una propuesta de una herramienta basada en criterios primarios, secundarios y terciarios relativos a ubicación y diseño para la construcción de un puerto de una manera estandarizada y adaptada para este tipo de proyectos. Se empleo la metodología del análisis multicriteria (AMC) para diseñar la propuesta debido a que es fácil de crear, permite relacionar y asignar pesos a cada uno de los diferentes criterios de acuerdo al análisis subjetivo del evaluador o del grupo de evaluadores. Posteriormente se asignan puntuaciones que van del 1 al 5 para reflejar un resultado de acuerdo al peso asignado. La sumatoria de estos resultados da como alternativa a seleccionar aquella con mayor puntaje. Asimismo permitirá ver las sumatorias de puntaje parcial para criterios primarios y secundarios y así poder determinar fortalezas y debilidades para cada opción incluyendo la de mayor puntaje lo que facilitará optimizar el diseño en aquellos criterios de menor puntuación. Los criterios varían en naturaleza, entre estos se tienen, algunos referentes a aspectos de planificación de puertos, aspectos de operación de puertos, aspectos de ingeniería portuaria, planificación física, impacto ambiental, desarrollo industrial (valor de tierra desarrollada) y costos; pero de manera superficial debido a que la información que se maneja para este momento del proceso de creación del plan maestro no es tan precisa aun.

Palabras claves: Diseño de Puertos, Ubicación, Toma de decisiones, Criterios.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
PROPUESTA DEL PROYECTO.....	4
Planteamiento y delimitación de la problemática.....	4
Objetivos de la investigación.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Resultados esperados.....	9
Justificación.....	9
Alcance.....	9
Consideraciones éticas.....	10
Marco metodológico.....	13
Tipo de estudio.....	13
Diseño de la investigación.....	14
Unidad de análisis.....	16
Población y muestra.....	17
Variables.....	18
Técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos.....	19
Validez y confiabilidad.....	20
Operacionalización de los objetivos.....	20
Método a seguir.....	21
Factibilidad del estudio.....	22

CAPITULO 2	
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	24
Bases teóricas.....	24
CAPITULO 3	
MARCO REFERENCIAL.....	38
CAPITULO 4	
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	59
CAPITULO 5	
RESULTADOS DEL PROYECTO.....	91
Análisis de los resultados.....	91
CAPITULO 6	
EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	93
CAPITULO 7	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
<i>Figura 1.</i> Estructura Metodológica.....	16
<i>Figura 2.</i> Ciclo elemental del diseño.....	31
<i>Figura 3.</i> Puerto Cabello.....	40
<i>Figura 4.</i> Plano general actual del Puerto Cabello.....	42
<i>Figura 5.</i> Opciones de expansión en Puerto Cabello.....	42
<i>Figura 6.</i> Vista aérea del Puerto La Guaira.....	44
<i>Figura 7.</i> Vista Satelital del Puerto La Guaira y su proximidad a Caracas.....	45
<i>Figura 8.</i> Viaducto 1.....	46
<i>Figura 9.</i> Cola de Camiones de Contenedores.....	46
<i>Figura 10.</i> Proyecto de nueva vía que facilitara el comercio entre el Puerto y capital.....	47
<i>Figura 11.</i> Plan de contingencia.....	47
<i>Figura 12.</i> Puerto de Maracaibo.....	48
<i>Figura 13.</i> Eutroficación sobre el Lago de Maracaibo.....	49
<i>Figura 14.</i> Plan de rieles en Oriente.....	57
<i>Figura 15.</i> Tsunami en Phuket, Tailandia.....	58
<i>Figura 16.</i> Proceso del Plan Maestro.....	59
<i>Figura 17.</i> Opciones de diseño y ubicación de construcción de una ampliación de un puerto.....	89
<i>Figura 18.</i> Mapa de Capitanías de Puertos en Venezuela.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
<i>Tabla 1.</i> Operacionalización de los Objetivos.....	21
<i>Tabla 2.</i> Herramienta para selección de mejor ubicación y diseño.....	88
<i>Tabla 3.</i> Herramienta adaptada al caso.....	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
<i>Anexo 1.</i> Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos e Insulares (INEA).....	102

INTRODUCCIÓN

Al dar inicio a un proyecto de construcción de un puerto se preparará un plan maestro, el cual posee varias fases donde se deben tomar decisiones de ubicación y diseño. Por ser el diseño una actividad multidisciplinaria incluye información en las áreas de economía de transporte, envíos, asuntos náuticos, seguridad y logística pero también conocimiento de olas y corrientes, transporte de sedimentos y morfología costera, dragados y relleno marino para obtener tierras, diseño de rompeolas y muelles. Al comenzar con el estudio para la construcción de un puerto se analizan varias alternativas de ubicación así como también se elaboran en cada una varios diseños preliminares del puerto con sus diferentes elementos estructurales en base a la información existente para la fecha la cual quizás no es tan precisa aun por el poco tiempo del estudio.

Estas alternativas tienen diferentes fortalezas y debilidades pero es difícil definir cual es la mejor opción, es decir la más rentable para el negocio portuario. Para determinar la mejor opción así como visualizar mejor las ventajas y desventajas de cada una en esta etapa inicial del proceso del plan maestro se propone la herramienta desarrollada en esta investigación, la cual permite aplicar el criterio subjetivo del evaluador o grupo de evaluadores para asignar puntajes y diferenciar las alternativas de manera clara y ordenada, así como también poder justificar la elección por medio de criterios significativos en esta área de la ingeniería portuaria.

Esta herramienta se propone debido a que en los proyectos de construcción de puertos en ciertas ocasiones no se selecciona la mejor opción de ubicación o diseño lo cual trae consecuencias negativas con el tiempo, en su funcionalidad y rentabilidad. En el desarrollo de esta investigación se hace referencia a casos particulares, a debilidades de puertos existentes a nivel nacional así como también se citan fuentes en las cuales se confirman las pérdidas económicas cuantiosas

por fallas tan simples como en la selección de la opción más adecuada de dibujos preliminares de diseños en ubicaciones variadas. Además se ahonda en aquellas fases del proceso de elaboración del plan maestro en las cuales se deben tomar decisiones de alternativas sin considerar tanto el aspecto económico como el operativo para luego terminar el proceso con un análisis de costo-beneficio.

La herramienta propuesta se basa en la metodología del Análisis Multicriterio (AMC), la cual se emplea para la selección de la mejor opción tomando en cuenta un número variado de criterios cualitativos y cuantitativos. Estos criterios pueden ser primarios, o subdivisiones secundarias y terciarias. Los pesos para cada criterio los asigna el evaluador de manera subjetiva, los cuales se ponderarán de acuerdo al puntaje asignado para cada criterio. La suma total por cada opción dará el puntaje final. Asimismo se obtendrá una sumatoria parcial para criterios primarios y secundarios lo que permitirá ver las fortalezas y debilidades de cada opción de ubicación y diseño.

Se siguió una estructuración para el trabajo en siete capítulos, que se describen a continuación.

El Capítulo 1, PROPUESTA DE PROYECTO, contiene el planteamiento y delimitación de la problemática, la justificación del estudio, los objetivos de la investigación, el alcance, y el marco metodológico, tipo y diseño de la investigación, la unidad de análisis, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas para el análisis de datos.

El Capítulo 2, MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL, contiene las bases teóricas que sustentaron el estudio.

El Capítulo 3, MARCO REFERENCIAL, contiene información sobre casos de puertos en Venezuela.

El Capítulo 4, DESARROLLO DEL PROYECTO contiene los datos e información recolectada por el investigador para el desarrollo del estudio.

El Capítulo 5, RESULTADOS DEL PROYECTO contiene las respuestas a los objetivos planteados en la investigación.

El Capítulo 6, EVALUACIÓN DEL PROYECTO, contiene una evaluación de los resultados obtenidos en el proyecto y si estos cumplen con los objetivos de la investigación.

El Capítulo 7, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la investigación.

Y finalmente se presentan las Referencias Bibliográficas y Anexos.

CAPÍTULO 1

PROPUESTA DE PROYECTO

Planteamiento y delimitación de la problemática.

Los métodos de selección de un proyecto implican medir el valor o el atractivo para el propietario o el patrocinador del proyecto, y pueden incluir otros criterios propios de decisión de la organización. La selección del proyecto también está relacionado con la elección de modos alternativos de ejecución del proyecto.

En algunas organizaciones, un proyecto no se constituye e inicia formalmente hasta no haber completado una evaluación de las necesidades, un estudio de factibilidad, un plan preliminar o alguna otra forma equivalente de análisis que se haya iniciado por separado. Desarrollar el acta de constitución del proyecto se relaciona principalmente con la documentación de las necesidades de negocio, la justificación del proyecto, la comprensión efectiva de los requisitos del cliente, y del nuevo producto, servicio o resultado destinado a satisfacer dichos requisitos.

La toma de decisiones en una organización se circunscribe a una serie de personas que están apoyando el mismo proyecto (stakeholders). Se debe empezar por hacer una selección de decisiones, y esta selección es una de las tareas de gran trascendencia. Con frecuencia se dice que las decisiones son algo así como el motor de los negocios y en efecto, de la adecuada selección de alternativas depende en gran parte el éxito de cualquier organización. Una decisión puede variar en trascendencia y connotación.

En el área de las obras civiles, se presentan con frecuencia varias alternativas en las cuales se debe tomar una decisión que determine la opción e implique la menor incidencia en las distintas fases de un proyecto ya sea en los procesos de iniciación, planificación, ejecución, seguimiento, control y cierre. Más aún en proyectos de obras civiles tan complejas como la construcción de un puerto, donde se deben tomar en cuenta varios factores que afectarían la funcionalidad del mismo a corto y largo plazo. La decisión para construir un puerto, generalmente está determinada por factores que se relacionan con la necesidad y justificación económica, el volumen previsto de comercio marítimo y la disponibilidad de comunicaciones tierra adentro, ya sea por tierra como por agua.

Quizás la mayor decisión que se debe tomar a la hora de definir un proyecto de construcción de un puerto es la selección de la alternativa más conveniente de su ubicación y diseño. La elección del sitio para un puerto depende de muchos factores que incluyen la disponibilidad de terreno, la profundidad del canal de acceso, la protección necesaria contra las tormentas, etc. Estas consideraciones deben preceder a los estudios técnicos y proyecto del puerto.

En la fase de diseño de un puerto se exponen varias alternativas que forman parte de las diferentes etapas de la planificación del proceso: primero se proyectan los borradores o dibujos iniciales, seguido por la evaluación de las alternativas más prometedoras, y finalmente un análisis de la factibilidad económica y financiera del plan maestro seleccionado. Las técnicas de evaluación son más elaboradas en etapas posteriores. Un problema básico es que los criterios para la evaluación son muy diferentes en naturaleza e importancia, variando desde seguridad náutica a molestias por ruido. Hay criterios cuantitativos y cualitativos, los cuales deben ser reducidos a un denominador común para el propósito de la evaluación. La primera proyección permanece frecuentemente cualitativa, pero la selección del plan maestro requiere un procedimiento formal, el cual debe ser transparente.

A nivel mundial, se han cometido y todavía se siguen cometiendo muchos errores debido a que la importancia de la flexibilidad en diseño de puertos es frecuentemente subestimada. Previsiones respecto a la cantidad y tipos de bienes que se trafican y los pronósticos relacionados respecto al desarrollo de envíos son con frecuencia solo parcialmente reflejados en los desarrollos reales. Esto es causado por eventos imprevistos en la economía mundial, cambios en las áreas de producción o consumo, un cambio en el tipo de bienes, por ejemplo, de materia prima por artículos prefabricados, etc. Adaptaciones regulares y a veces radicales del plan maestro de un puerto deben, por lo tanto, ser posibles. En consecuencia, el plan maestro no es un documento estático.

Otros obstáculos en el diseño de un puerto son: datos básicos insatisfactorios (anticuado, insuficiente o poco fiable), mucha rigidez en la extrapolación de desarrollos históricos, defectos en el enfoque de los sistemas y la planificación de la metodología, falta de entendimiento y experiencia de autoridades portuarias locales; entendimiento insuficiente del tiempo y costo involucrados, estudios en profundidad, falta de ajustes a desarrollos de puertos regionales y nacionales, mucha atención a provisiones de infraestructura y una subestimación de la importancia de aspectos operacionales y organizacionales, mucha acentuación sobre las actividades portuarias en el lado del mar y poco en el lado terrestre (tanto en la parte del puerto como en las conexiones al interior), subestimación y desconocimiento de las demandas que requieren embarcaciones grandes y difíciles de maniobrar a la infraestructura del puerto, como por ejemplo la falta de requerimientos náuticos, la falta de familiaridad con aspectos de seguridad asociados con el manejo de cargas peligrosas.

Problemas específicos en varios países del mundo en desarrollo son entre otros: en el área de la gerencia debido a que frecuentemente es ineficiente, muchas de las tomas de decisiones recaen sobre el gobierno central y poco con los administradores locales. En el área de operaciones el manejo de la carga y el almacenamiento de los bienes son a menudo dejados en manos de la autoridad

portuaria y esto usualmente resulta en baja productividad, largos tiempos de tránsito de bienes en los puertos y organización ineficiente de las instalaciones de almacenamiento, llevando a la necesidad de sobredimensionar el patio de almacenamiento.

De acuerdo a H. Ligteringen (2001), solamente en los 10 a 15 años pasados se ha invertido cientos de millones de dólares en puertos nuevos que, después de su completación, resultan ser parcial o completamente infuncionales. Es por esto que se deben emplear herramientas que faciliten la toma de decisiones a la hora de elegir la mejor opción de ubicación o de diseño, en la cual se pueda analizar el impacto de diferentes criterios de relevancia para optimizar la funcionalidad y la rentabilidad del puerto en su etapa de operación.

Para la selección de la mejor alternativa de diseño de un puerto así como la selección de su localización se empleó como herramienta de evaluación numérica el análisis multicriteria (AMC). El AMC o toma de decisiones multiobjetivas o multicriteria es un tipo de herramienta de análisis de decisión que es particularmente aplicable a casos donde un simple criterio de enfoque (tal como el análisis de costo-beneficio) no es suficiente, especialmente donde a impactos ambientales y sociales significativos no se les puede asignar valores monetarios. El AMC permite a los que toman decisiones incluir un amplio rango de criterios sociales, ambientales, técnicos, económicos y financieros.

Ante la toma de decisiones erróneas para la selección de la alternativa más conveniente en diseño y ubicación de un puerto, por la falta de precisión en el rango de criterios involucrados que impactan en la funcionalidad y rentabilidad, se desea proponer una herramienta estándar y adaptada a este tipo de obra civil de por si tan compleja para responder a la siguiente pregunta:

¿Cómo tomar la decisión más adecuada entre las distintas opciones de diseño o de localidad para la construcción de un puerto tomando en cuenta diferentes criterios de importancia?

Para contestar esta interrogante se plantean los siguientes objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar con este estudio y que conllevará a dar respuesta a la misma.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

- Proponer una herramienta estandarizada y adaptada para mejorar la toma de decisiones en el proceso de selección de opciones de diseño y ubicación para proyectos de construcción de puertos.

Objetivos Específicos

- Definir un rango de criterios de importancia y precisión para la creación de una herramienta de toma de decisiones para la selección de la ubicación más adecuada para la construcción de un puerto o su ampliación.
- Definir un rango de criterios de importancia y precisión para la creación de una herramienta de toma de decisiones para la selección del diseño más adecuado para la construcción de un puerto o su ampliación.

- Conceptualizar la herramienta de toma de decisiones para la selección de la ubicación y diseño más adecuada para la construcción de un puerto o su ampliación.

Resultados Esperados

Una herramienta adaptada y estandarizada para mejorar la toma de decisiones en el proceso de selección de opciones de ubicación y diseño para proyectos de construcción de puertos. En la cual se empleen una serie de criterios cualitativos y cuantitativos de importancia relativos a la ubicación y diseño.

Justificación

El interés por desarrollar esta herramienta se origina por causa de las malas decisiones tomadas en proyectos de construcción de puertos para la selección de ubicación y diseño. Estas malas decisiones han afectado la funcionalidad y rentabilidad de los mismos ocasionando grandes pérdidas económicas dentro del negocio de los puertos. Antecedentes de lo mencionado se nombran en el marco referencial.

Alcance

El presente estudio contempla solo la elaboración de una propuesta de diseño de una herramienta adaptada y estandarizada para mejorar la toma de decisiones en el proceso de selección de opciones de ubicación y diseño para proyectos de construcción de puertos. Utilizando como instrumento el Análisis Multicriteria (AMC).

No abarcará la implementación del mismo ni la evaluación de los resultados posteriores a su aplicación; por tanto su acción depende del modo como se promueva su importancia y su aceptación por todos los niveles de la organización interesada, muy especialmente por parte de la Gerencia de la organización encargada del diseño de puertos.

Consideraciones Éticas

La realización de este proyecto no tiene implicaciones éticas referidas al tipo ó manejo de data e información necesaria para su desarrollo, así mismo los resultados, conclusiones y recomendaciones que surjan producto del estudio estarán disponibles ampliamente para todo interesado en conocer acerca del proyecto y los aspectos concluyentes del mismo.

Considerando lo descrito en el planteamiento del problema, la gran utilidad de este estudio será su difusión y que sirva como herramienta de evaluación a los organismos del estado, entes de apoyo, gestores, contratistas y promotores de estos proyectos.

Además de las consideraciones antes mencionadas se incluyen las dictadas por el Project Management Institute (P.M.I.). De acuerdo al código de ética de los miembros del P.M.I. (Project Management Institute, 2004), los profesionales dedicados a la Gerencia de Proyectos deben comprometerse a:

- Mantener altos estándares de una conducta íntegra y profesional.
- Aceptar las responsabilidades de sus acciones.

- Buscar continuamente mejorar sus capacidades profesionales.
- Practicar la justicia y honestidad.
- Alentar a otros profesionales a actuar de una manera ética y profesional.

Algunas obligaciones profesionales indicadas por el P.M.I. que son particularmente aplicables a este trabajo son:

Comportamiento Profesional

- Revelar completa y oportunamente cualquier conflicto profesional.
- Respetar y proteger apropiadamente los derechos intelectuales de otros; revelar y reconocer apropiadamente las contribuciones profesionales, intelectuales y de investigación de otros.
- Procurar mejorar sus capacidades, habilidades y conocimientos profesionales, y dar a conocer sus calificaciones profesionales de forma sincera y certera.

Relaciones con Clientes y Empleados

- Suministrar a los clientes y empleados información honesta, imparcial y completa concerniente a sus calificaciones, servicios profesionales y de preparación de estimados de costos y resultados esperados.
- Honrar y mantener la confidencialidad y privacidad de la identidad de los clientes, de la información de trabajo, tareas asignadas y otro tipo de información adquirida durante el curso de la relación profesional, a menos que

el cliente le conceda permiso o que el mantenimiento de la confidencialidad sea un acto no ético, ilegal e ilícito.

- No tomar ventajas personales, comerciales o financieras de la información confidencial y privada adquirida durante el curso de sus relaciones profesionales.

Relaciones con la Ciudadanía y la Comunidad

- Honrar y respetar toda obligación legal y ética, incluyendo leyes, reglas y costumbres de la comunidad y nación en la cual ellos funcionan, trabajan o conducen sus actividades profesionales.

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Estudio

El tipo de esta investigación y su modalidad es documental (o también llamada monográfica). Según la Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado de la UCAB (2005) en este tipo de investigación:

“el investigador se basa en la bibliografía de investigación existente, para desarrollar y avanzar en la teoría en cualquier área de su campo o disciplina. La información empírica, propia o ajena, se maneja tanto en cuanto afecta a los temas teóricos. El autor sigue el desarrollo de la teoría con el fin de ampliar o definir los constructos teóricos.” (p. 5)

El carácter de esta investigación es descriptivo y Hernandez, Fernandez y Baptista (2003) explican que “se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”. (p. 119)

La investigación para la elaboración de esta herramienta para toma de decisiones entre opciones de ubicación y diseño se basó en una variada bibliografía nacional e internacional, como libros de Venezuela en los cuales se muestra las fortalezas y debilidades de los diseños y ubicaciones de los puertos venezolanos así como libros de autores estadounidenses entre los cuales se encuentra uno de los diseñadores del Puerto la Guaira (segundo puerto de contenedores y primer puerto de pasajeros mas grande del país) entre otros puertos desarrollados por este mismo autor en diferentes países del mundo así como también varios libros de universidades holandesas basados en diseños y ubicaciones ideales para puertos de diferentes tipos, recordando que Holanda posee uno de los Puertos más grandes del mundo llamado el puerto de Róterdam.

Entre otras fuentes de información empleadas en esta investigación documental tenemos la obtenida en diferentes charlas de expertos en puertos en Holanda, por ejemplo de diferentes empresas holandesas especializadas como Witeween+Bos / Tebodin, Delta Marine Consultants y Ballast Nedam Dredging, también asesoramiento de Ingenieros holandeses en esta área, información de páginas Web tanto nacionales como internacionales, proyectos elaborados de referencia de construcción de Puertos en Letonia (Puerto de Ventspills), Surafrica (Puerto de Coega), Holanda (Puertos de Delfzijl, Eemshaven y Róterdam), etc.

Igualmente para la elaboración de la herramienta de toma de decisiones AMC (Análisis Multicriteria) se empleará la metodología del manual de Análisis Multi-criteria elaborado por NERA (National Economic Research Associates) de Inglaterra.

Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación es no experimental tipo transversal, sin manipulación de las variables. Se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos (no se construye una situación). El diseño no experimental es definido por Hernández, Fernández y Baptista (2003) como los “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (p. 269).

También Hernández, Fernández y Baptista (2003) hacen referencia al diseño no experimental de tipo transversal correlacionales-causales diciendo que:

“estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. Se trata también de descripciones, pero no de categorías, conceptos,

objetos ni variables individuales, sino de sus relaciones, sean estas puramente correlacionales o relaciones causales. En estos diseños lo que se mide-analiza (enfoque cuantitativo) o evalúa analiza (enfoque cualitativo) es la asociación entre categorías, conceptos, objetos o variables en un tiempo determinado. A veces únicamente en términos correlacionales, otras en términos de relación causa-efecto (razones por las que se manifiesta una categoría, una variable, un suceso o un concepto) (causales). Pero siempre en un momento específico" (p. 274).

La investigación se basa en la determinación de los criterios principales en las diferentes áreas involucradas en el diseño de un puerto así como también en la selección de la mejor ubicación para este de manera de poder facilitar la selección de la mejor opción para ambos casos y así obtener el mejor rendimiento y buen funcionamiento del mismo.

Al obtener diferentes opciones o alternativas de diseño o ubicación se debe analizar el impacto y la relación que cada criterio tendrá con cada opción y de esta manera poder asignar puntajes de acuerdo a su peso o importancia para así tomar la mejor decisión en la selección de la mejor opción. La relación de cada criterio y cada opción debe ser estudiada cuidadosamente para entender las razones de la opción seleccionada.

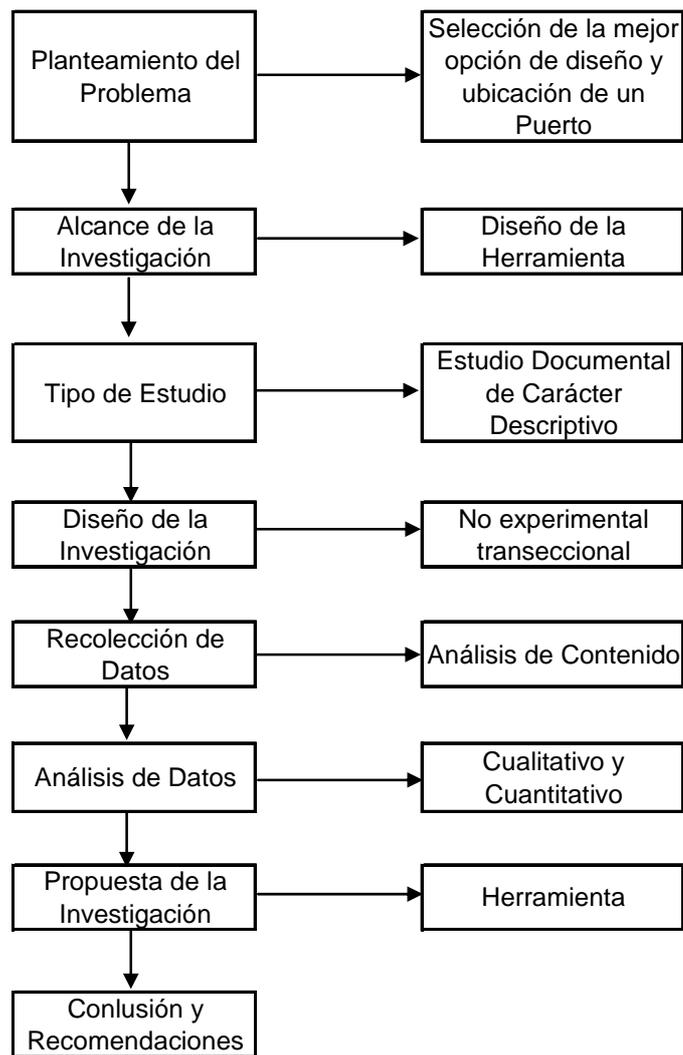


Figura 1. Estructura Metodológica
Fuente: El investigador (2006)

Unidad de Análisis

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003), “las unidades de análisis constituyen segmentos del contenido de los mensajes que son caracterizados para ubicarlos dentro de las categorías”. (p. 414)

Criterios para la ubicación y diseño de un puerto. Los criterios seleccionados son de gran importancia para la selección de una ubicación y diseño apropiado para la construcción de un puerto. Estos criterios se dividen en criterios primarios, secundarios y terciarios de acuerdo a la necesidad de subdividir cada renglón.

Población y Muestra

Población

Hernández, Fernández y Baptista (2003) definen población como “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”. (Pág.304).

En esta investigación se estudiaron varios proyectos de puertos y los diversos criterios que han estado involucrados en su buen funcionamiento.

Muestra

Hernández, Fernández y Baptista (2003) definen muestra como “un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (Pág. 305).

Se consideraron los criterios empleados en la toma de decisiones de varios puertos. Como muestra se consideraron un aproximado de 10 puertos de diferentes países, entre otras fuentes de información.

Variables: Definición conceptual y operacional

Criterios para la ubicación y diseño de un puerto:

- Aspectos Náuticos
 - Espacio de maniobrabilidad
 - Control del tráfico
 - Seguridad Náutica
- Aspectos Hidráulicos
 - Influencia de las Olas
 - Influencia del tráfico de barcos
 - Influencia de la corriente
- Uso del Terreno
 - Impacto en el uso del terreno existente
 - Eficiencia en el uso del terreno
- Flexibilidad
 - Extensión Futura
 - Cambios en la función
 - Adecuación
- Seguridad
 - Posición de zonas peligrosas
 - Posibilidad para limitar calamidades
- Aspectos de Operación de Puertos
 - Conexiones al interior
 - Conexión al mar
 - Área de tierra operativa
 - Comodidad Operativa
- Aspectos de Ingeniería Portuaria
 - Facilidad para construcción
 - Condiciones físicas

- Tiempo de construcción
- Planificación física
 - Planificación urbana
- Impacto ambiental
 - Durante la construcción
 - Durante las operaciones
- Desarrollo Industrial (Valor de tierra desarrollada)
 - Industrias relacionadas al puerto
 - Otras Industrias
- Otros
 - Batimetría
 - Condiciones de olas
 - Corrientes y marea horizontal
 - Niveles de agua y marea vertical
 - Tasas de flujo del río (en caso de puertos de ríos)
 - Condiciones meteorológicas (viento, lluvias, nieblas, temperaturas)
 - Salinidad
 - Características de los sedimentos y transporte
 - Características del suelo y condiciones geotécnicas
 - Condiciones sísmicas

Técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos

Recolectar los datos implica tres actividades estrechamente vinculadas entre sí, según afirman Hernández, Fernández y Baptista (2003), estas actividades comienzan por la selección de un instrumento o método de recolección de los datos luego se aplica este instrumento o método para recolectar datos para finalmente preparar observaciones, registros y mediciones obtenidas (Pág. 344).

En esta investigación se empleará el análisis de contenido para la recolección de datos. Estos datos se refieren a los criterios a considerarse para la selección de diseño y ubicación de puertos y que podrían afectar el rendimiento y el buen funcionamiento del mismo una vez construido.

Validez y Confiabilidad

Los criterios seleccionados y empleados en la herramienta de toma de decisiones fueron elegidos de una gran variedad de criterios los cuales se determinaron luego de consultar con diferentes fuentes de información especializada en la construcción de puertos. Los criterios son principalmente cualitativos aunque también existen cuantitativos.

Operacionalización de los Objetivos

Según Sabino, (1992) “Consiste en hacer operativos, es decir, manejables, posibles de trabajar con ellos, a los conceptos y elementos que intervienen en el problema a investigar” (p.101).

Objetivo General: "Proponer una herramienta estandarizada y adaptada para mejorar la toma de decisiones en el proceso de selección de opciones de diseño y ubicación para proyectos de construcción de puertos."				
Objetivos Específicos	VARIABLES	Definición	Indicadores	Técnicas/Instrumentos
Definir un rango de criterios de importancia y precisión para la creación de una herramienta de toma de decisiones para la selección de la ubicación más adecuada para la construcción de un puerto o su ampliación.	Criterios de Ubicación	Elementos y temas a tomar en cuenta para la selección de ubicación	Cartas Náuticas, Normas, Planes urbanísticos, Información General del Sitio.	Técnica: Revisión documental Instrumento: Fichas, Computadora
Definir un rango de criterios de importancia y precisión para la creación de una herramienta de toma de decisiones para la selección del diseño más adecuado para la construcción de un puerto o su ampliación.	Criterios de Diseño	Elementos y temas a tomar en cuenta para la selección de diseño	Normas, Especificaciones, Planos preliminares.	Técnica: Revisión documental Instrumento: Fichas, Computadora
Conceptualizar la herramienta de toma de decisiones para la selección de la ubicación y diseño más adecuada para la construcción de un puerto o su ampliación.	Herramienta AMC	Herramienta que emplea múltiples criterios para la selección de la mejor opción	Criterio subjetivo del evaluador	Técnica: Revisión documental Instrumento: Fichas, Computadora

Tabla 1. Operacionalización de los Objetivos.

Diseño: El investigador (2006)

Método a Seguir

1. Establecer el contexto de decisión. ¿Cuál es el propósito del AMC (Análisis Multicriteria)? y ¿quiénes son los que tomaran las decisiones y otros participantes claves?
2. Identificar los objetivos y los criterios que reflejan el valor asociado con las consecuencias de cada opción.
3. Describir la forma de dar puntaje al rendimiento esperado de cada opción contra los criterios.
4. Recomendar como asignar pesos para criterio para reflejar su relativa importancia en la decisión.

5. Combinar los pesos y los puntajes para cada una de las opciones para obtener un valor en conjunto.
6. Explicar como examinar los resultados en caso de aplicar la herramienta
7. Elaborar un análisis de sensibilidad de los resultados a cambios en puntajes y pesos

Factibilidad del Estudio

El estudio es factible debido a que se cuenta con buena fuente de información tal como una bibliografía nacional e internacional, libros de Venezuela en los cuales explican las fortalezas y debilidades de los diseños y ubicaciones de los puertos venezolanos así como libros de autores estadounidenses entre los cuales se encuentra uno de los diseñadores del Puerto la Guaira (segundo puerto de contenedores y primer puerto de pasajeros mas grande del país) entre otros puertos desarrollados por este mismo autor en diferentes países del mundo así como también varios libros de universidades holandesas basados en diseños y ubicaciones ideales para puertos de diferentes tipos, recordando que Holanda posee uno de los Puertos más grandes del mundo llamado el puerto de Róterdam.

Entre otras fuentes de información empleadas en esta investigación documental tenemos la obtenida en diferentes charlas de expertos en puertos en Holanda, por ejemplo de diferentes empresas holandesas especializadas como Witween+Bos / Tebodin, Delta Marine Consultants y Ballast Nedam Dredging, también asesoramiento de Ingenieros holandeses en esta área, información de páginas Web tanto nacionales como internacionales, proyectos elaborados de

referencia de construcción de Puertos en Letonia (Puerto de Ventspils), Surafrica (Puerto de Coega), Holanda (Puertos de Delfzijl, Eemshaven y Róterdam), etc.

Igualmente para la elaboración de la herramienta de toma de decisiones AMC (Análisis Multicriteria) se empleará la metodología del manual de Análisis Multi-criteria elaborado por NERA (National Economic Research Associates) de Inglaterra.

Todos estos elementos hacen que el proyecto sea factible y por consiguiente se cumplan los objetivos planteados.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Bases Teóricas

El presente marco teórico se basó principalmente en los aspectos más importantes a considerar para el diseño y la ubicación de puertos, así como conocimientos básicos sobre las funciones y características relacionados a este tipo de obra civil. Igualmente se explica la importancia y la metodología que se emplea para la elaboración de la herramienta de toma de decisiones llamado Análisis Multicriteria.

Esta herramienta sirve principalmente para determinar la mejor opción de un conjunto de alternativas posibles en base a puntuaciones asignadas a una diversidad de criterios que deben considerarse y que pueden impactar en el buen funcionamiento del puerto.

Generalidades sobre puertos

Principales funciones de un puerto

- La función del tráfico: es un punto principal en el tráfico, conectando aguas y varios modos de terrenos.
- La función del transporte: los puertos son empleados por varios flujos de cargas.

Aparte de esto, los puertos pueden tener muchas funciones secundarias:

- Actividades industriales, frecuentemente en relación a los flujos de carga, a las reparaciones o construcciones de barcos, o suministro costa-afuera. Pero la cercanía con el transporte marítimo podría ser por si misma la razón para ubicar una industria.
- Servicios comerciales y financieros, incluyendo bancos.

La función de tráfico requiere de tres condiciones que deben cumplirse, por ejemplo, una buena “puerta frontal”, una buena “puerta trasera” y una capacidad suficiente y servicios en el propio puerto:

- Entrada desde el mar, debe ser accesible y segura.
- Las cuencas de los puertos y muelles, el adecuado espacio para maniobrabilidad y atraque de los barcos, la capacidad de manejo y almacenamiento.
- Las conexiones al interior, carreteras, rieles, canales de agua internos, líneas de tuberías, dependiendo de la función del transporte.

Algunos factores competitivos han de ser considerados en la planificación de un puerto para atraer ciertos comercios y volúmenes de carga:

- Disponibilidad de tierras para terminales y el costo relacionado por metro cuadrado
- Tarifas y cuotas del puerto
- Calidad del puerto y estibadores (eficiencia, rentabilidad, flexibilidad, manejabilidad, costos)
- Calidad en las conexiones al interior
- Régimen de aduanas

- Seguridad náutica

Conocimientos que debe tener un diseñador de puertos:

- Técnicos:
 - Oceanografía (olas, clima)
 - Ingeniería costera (morfología, rompeolas)
 - Hidráulica (mareas y corrientes)
 - Hidro-náutica (canal de entrada, diseño náutico)
 - Estructuras marinas (muelles, atracaderos)
 - Dragados (excavación y relleno para ganar terreno)
 - Geología, geotecnología e ingeniería sísmica (fundaciones y estabilidad de estructuras)
 - Tecnología de transporte (equipos)
 - Operaciones de terminales (logística)
 - Ingeniería de tráfico (conexiones con carreteras y rieles)
 - Ingeniería de seguridad (consecuencias de cargas peligrosas para el plan espacial)
- Economía:
 - Macro-economías y economías de transporte (pronósticos de carga)
 - Econometría (análisis económico y financiero)
 - Comercio (financiamiento y mercadeo)
- Social y Ambiente:
 - Planificación espacial

- Impactos ambientales (aire, agua, ruido, análisis de contaminación del suelo)
- Asesoría legal (requerimientos de planificación nacional y local, permisos)

Datos que requiere un diseñador de puertos son:

- Batimetría
- Condiciones de olas
- Corrientes y marea horizontal
- Niveles de agua y marea vertical
- Tasas de flujo del río (en caso de puertos de ríos)
- Condiciones meteorológicas (viento, lluvias, nieblas, temperaturas)
- Salinidad
- Características de los sedimentos y transporte
- Características del suelo y condiciones geotécnicas
- Condiciones sísmicas

Selección de la Ubicación de un Puerto

Tal como lo explica Frederick S. Merritt (1997) la decisión para construir un puerto generalmente esta determinada por factores que se relacionan con la necesidad y justificación económica, el volumen previsto de comercio marítimo y la disponibilidad de comunicaciones tierra adentro, ya sea por tierra como por agua. La elección del sitio para un puerto depende de muchos factores que incluyen la disponibilidad de terrenos, la profundidad del canal de acceso y la protección necesaria contra las tormentas. Estas consideraciones deben preceder a los estudios técnicos y proyecto del puerto.

Después de que se efectúan los estudios mencionados, pueden establecerse en forma general la localización del puerto, su uso principal y el tipo del tonelaje del tráfico que va a manejarse. El siguiente paso, que en algunos casos puede iniciarse durante los estudios anteriores, es realizar estudios y anteproyectos del puerto en preparación, para tener una investigación completa del lugar. Esta investigación se unirá a toda la información necesaria para realizar el proyecto definitivo del puerto.

De manera de conocer como se maneja la información necesaria para esta fase inicial de diseño en países desarrollados se presenta el caso en particular de los Estados Unidos. En este país la información para el anteproyecto puede obtenerse generalmente de las siguientes fuentes: U.S. Department of Commerce a través de la National Geodetic Survey; de Navy Department, a través de la Hydrographic Office, y del Corps of Engineers, que ha estudiado grandes áreas de aguas navegables en Estados Unidos. Pueden obtenerse cartas y mapas de información en la Government Printing Office, en Washington, D.C. 20402 o en la U.S. District Engineer's Office mas cercana. Estas cartas son muy valiosas para el anteproyecto del puerto, debido a que proporcionan información acerca de la profundidad del agua, el carácter general del fondo y el nivel de las mareas.

El U.S. Weather Bureau, de Washington, publica datos meteorológicos sobre los vientos, la temperature y las lluvias. Si no hay cerca una oficina meteorológica, esta información puede obtenerse posiblemente en el aeropuerto más cercano. Las tablas de mareas y corrientes las publica la National Geodetic Survey y pueden obtenerse en la Government Printing Office.

Si el puerto se va a localizar donde no sea posible obtener ninguna de las informaciones mencionadas, es necesario efectuar un reconocimiento inicial del lugar. Para el estudio preliminar, la elaboración de cartas por procedimientos aéreos puede ser una forma rápida y conveniente para estudiar la topografía. Las

fotografías aéreas son útiles para examinar la costa y playas adyacentes con el fin de encontrar lugares apropiados para el puerto, si el lugar no se ha fijado de antemano por consideraciones estratégicas. La fotografía aérea a menudo muestra los bajos, los arrecifes, las bocas de los ríos y otros detalles importantes a lo largo de la costa. Pueden hacerse sondeos con bastante rapidez con una sonda acústica. La profundidad y la presencia de rocas, así como la profundidad de estratos de apoyo pueden determinarse con equipo sísmico.

A no ser que el sitio se defina por requisitos específicos del puerto, deben estudiarse diversas posibilidades para ubicarlo. Una comparación debe determinar la localización con mayor protección, incluyendo la menor cantidad de dragado y con las condiciones más favorables de fondo marino. Asimismo, el lugar seleccionado debe tener un área de costa adecuado para el desarrollo de instalaciones terminales. Por ejemplo, un fondeadero para buques contenedores puede ocupar unas diez hectáreas. El puerto también puede proveer espacio industrial para obtener ingresos adicionales.

En igualdad de circunstancias, la profundidad del agua es el factor más importante para ubicar un puerto. Una bahía de aguas profundas es, por supuesto, ideal. Pero cuando se debe localizar un puerto en una costa expuesta, un estudio de cartas hidrográficas generalmente muestra las áreas en donde el agua es profunda en la proximidad de la ribera y otras áreas en donde no se alcanzaría la profundidad necesaria para el puerto en cientos de metros mar adentro. Esto último exigiría una cantidad prohibitiva de dragado.

Sin embargo, en la localización de aguas profundas, el agua cerca de la ribera puede tener una profundidad tan grande, que el costo de construcción de rompeolas protectores también resultaría prohibitivo. En los casos en que se embarcan materiales a granel, la solución puede ser un ancladero mar adentro con

tubería submarina, si se manejan líquidos o una construcción de caballetes, o cable vía, si se mueven materiales en bultos.

Las condiciones del fondo son muy importantes. Las excavaciones subacuáticas de roca son muy costosas y deben evitarse, excepto en casos especiales en que la roca puede necesitarse en la construcción del muelle. También, un fondo que consista en una cama muy profunda de material suave, como fango, arena o limo puede ser indeseable. Aunque estos pueden removerse fácilmente con dragas de succión, tales condiciones de debilidad para fundaciones pueden encarecer la construcción de rompeolas y muelles.

Otras consideraciones importantes en la selección del lugar de un puerto son: el viento, las corrientes, las condiciones de visibilidad, la presencia de hielo, las características costeras y los efectos de las mareas en los cambios del nivel del agua. Con respecto a las características de la costa, los estudios geomorfológicos indican lo siguiente: Un puerto se debe localizar contra deriva de una fuente de sedimentos, como un río, y contra deriva del área donde se inicia la erosión, o de preferencia en un sitio donde el sedimento derive a uno u otro lado del puerto. En una costa expuesta, el puerto se debe ubicar lo más aguas abajo de la deriva que sea posible, en una costa convexa con respecto al agua y que forme un arco contra la acción de las olas. De preferencia los suelos de estos sitios deben ser de grava y arena gruesa.

Diseño del Puerto

Según H. Ligteringen (2000) los pasos principales de un “ciclo elemental del diseño” pueden ser reconocidos como:



Figura 2. Ciclo elemental del diseño

Fuente: H. Ligteringen (2000)

Algunas veces este ciclo es parcialmente repetido, con un aumento en el nivel de precisión. Este es el caso al crear un plan maestro, cuando uno comienza con una aproximada generación de conceptos de planos (frecuentemente basados en datos aproximados del sitio) y se seleccionan 2 o 3 alternativas prometedoras. Estas son posteriormente trabajadas en mayor detalle, usando datos mejorados para luego volver a la evaluación y selección.

Es importante mantener un balance entre la precisión de los datos usados y el nivel de detalle del diseño. La primera generación de alternativas es hecha en base a datos disponibles sobre olas, corrientes, batimetría, suelo, etc.

Frecuentemente estas alternativas no son aplicables al sitio específico, pero son de naturaleza más general. La inspección puede haber comenzado, pero los resultados aun no están disponibles. Por lo tanto los diseños de alternativas en esta etapa no son más que dibujos conceptuales, borradores, basados en simples reglas de diseño.

No es necesario trabajar ningún detalle, siempre y cuando las principales dimensiones del canal de acceso, la cuenca de maniobrabilidad, los muelles y terminales estén adecuadamente reflejadas en las diferentes alternativas. La estimación de costos (debido a que el costo es un importante criterio de selección en todas las etapas) es todavía muy imprecisa, comparando con los elementos de mayor costo (rompeolas, dragados, muelles). Luego de la primera selección vienen mejores datos de entrada disponibles y las alternativas prometedoras son elaboradas. El diseño preliminar implica el uso de estándares aplicables de diseño,

ya sean nacionales o internacionales. Las estimaciones de costos tienen una precisión de cómo un -25% a +75% de precisión según el Project Management Institute (PMI) su clasificación es de clase V.

Cuando la alternativa seleccionada es optimizada, en base a investigaciones detalladas en sitio y análisis hidráulico, náutico y logístico (modelo, simulación) las estimaciones detalladas de costo pueden ser hechas dirigiendo a una precisión global de -20% a +60%, según el PMI su clasificación es de clase IV. En este nivel de precisión el análisis económico puede ser hecho. Cuando el proyecto avanza hacia el diseño actual y la preparación de la construcción, los elementos estructurales son diseñados y las estimaciones de costo tendrá una precisión de -10% a +25% y según el PMI se clasificación es de clase III.

Esta claro que el proceso de diseño involucra muchas disciplinas diferentes, y que el trabajo en equipo es esencial. El diseñador del puerto debe tener el conocimiento suficiente de varias áreas especializadas para estar capacitado para dirigir al equipo, para integrar los resultados y para mantener el balance mencionado anteriormente.

Análisis Multicriteria (AMC)

NERA (National Economic Research Associates) (2001) define el Análisis Multicriteria (AMC) como un método que facilita comparar mutuamente soluciones alternativas de una forma clara y ayuda en el proceso de tomar decisiones complejas. Su fortaleza reside en resaltar factores de decisión y determinar con precisión los argumentos centrales y la forma en la que estos están mutuamente balanceados. También es una vía para demostrar por qué las partes difieren en sus prioridades y qué argumentos son los que inciden. Las aplicaciones del AMC frecuentemente involucran combinaciones de algunos criterios que son valorados en términos monetarios, y otros en los cuales el valor monetario no existe.

Esta herramienta contribuye a analizar posibles soluciones pero no es una medida completamente automática para una decisión, sus ventajas principales son:

- Identifica cuáles argumentos juegan una parte en el proceso de toma de decisión y cómo estos están interrelacionados.
- Permite una forma de explorar desde puntos de vista diferentes cuáles alternativas son preferidas y cómo se relacionan a los pesos asignados a los objetivos y criterios.
- Establecen una conexión entre los resultados de la investigación dentro de los efectos de las diferentes soluciones y las opiniones de su aceptación y conveniencia por medio de los puntajes por criterio.

El AMC es una ayuda en el proceso de toma de decisiones. El emplearla hará que el entendimiento del tema y sus posibles soluciones sea profundizado.

Existe una variedad de técnicas de AMC las cuales son de valor práctico para los que toman decisiones públicas y esta siendo usado cada vez más en el Reino Unido y en otros países. Las técnicas de AMC no necesariamente dependen de la valoración monetaria, más bien complementan la orientación de aquellas técnicas que principalmente usan la valoración monetaria, como el análisis financiero, análisis de eficacia del costo, análisis costo-beneficio. Estas técnicas monetarias han sido usadas extensivamente en los círculos del gobierno del Reino Unido.

Fases en un Análisis Multicriteria

- Fase 1. Establecer el contexto de decisión

El contexto de decisión es todo el panorama de estructuras administrativas, políticas y sociales que rodean a la decisión que se está tomando. Dentro de este contexto están los objetivos del cuerpo de toma de decisiones, el contexto administrativo e histórico, el grupo de personas que será afectado por la decisión y el grupo de aquellos responsables por la decisión.

Es crucial tener un claro entendimiento de los objetivos. ¿A que ambición general busca contribuir esta decisión? El AMC es todo sobre objetivos múltiples conflictivos.

- Fase 2. Identificar opciones

Es improbable, incluso con un nuevo e inesperado problema, que el grupo de toma de decisiones llegará a la etapa de la estructuración formal del AMC sin algo de intuición sobre las opciones. Algunas veces el problema será una gran cantidad de posibilidades, y será el rol del AMC en primera instancia, el de proveer un filtro estructurado de alternativas para identificar una pequeña lista, usando datos básicos y procedimientos rápidos.

A veces vale la pena llevar a cabo un filtrado informal contra restricciones legales o similares. No vale la pena considerar y poner esfuerzo en reunir datos sobre proposiciones claramente no factibles.

La primera visita a la fase 2 probablemente no sea la última, particularmente en problemas donde hay una carencia de alternativas aceptables. Los siguientes pasos del AMC podrían demostrar que ninguna de las alternativas es aceptable y puede servir a cristalizar los pensamientos sobre dónde yace lo inadecuado. En esta etapa se necesitan ideas frescas y pensamientos creativos. Esto será informado por el AMC. Por ejemplo, esto va a alentar una búsqueda de nuevas opciones que combinan los puntos fuertes de una opción existente en algunas áreas con los puntos fuertes de otra en un área diferente.

- Fase 3. Identificar criterios y subcriterios

Los criterios y subcriterios son las medidas de rendimiento por las cuales serán juzgadas las opciones. Una gran proporción del valor agregado por un proceso formal de AMC se deduce del establecimiento de un grupo de criterios sólidamente basados contra los cuales se juzgarán las opciones.

Para deducir criterios es bueno inspirarse y responder la siguiente pregunta: *¿Qué podría distinguir una buena opción de una mala en este problema de decisión?*

- Fase 4. Calificar

Una importante consideración que se debe tomar en cuenta es la de ajustar una escala numérica consistente para la evaluación de los criterios. Asegurando que el sentido de la dirección es el mismo en todos los casos, para que así los mejores niveles de rendimiento dirijan a los valores más altos de puntaje. Esto podría significar un cambio de las unidades naturales. Por ejemplo, el acceso a una instalación puede ser contado en términos de

distancia al transporte público más cercano, donde la escala natural de medición (distancia) asocia un bajo número con un buen rendimiento.

- Fase 5. Asignar pesos

Se debe asignar pesos a cada criterio de acuerdo a su importancia en el análisis para cada caso en específico de proyectos de construcción de puertos. El evaluador o evaluadores se encargan de colocar estos pesos en porcentajes en base a un 100% como total. Estos pesos se colocaran de manera subjetiva de acuerdo a la experiencia y análisis del evaluador o grupo de evaluadores.

- Fase 6. Combinar pesos y puntajes

Una vez asignados los pesos y los puntajes, cada puntaje se multiplica por su peso (%) correspondiente lo que da un resultado. Todos los resultados de una opción se suman para dar la calificación total. Igualmente se suman parcialmente los resultados para criterios secundarios y terciarios.

- Fase 7. Examinar resultados

Una vez concluida la sumatoria de resultados totales y parciales se examinan. Se pueden examinar los resultados parciales para determinar fortalezas y debilidades de criterios en específicos para cada opción y determinar como se podría mejorar cada caso. Igualmente se examina el resultado total para cada opción. La mejor opción es aquella de mayor calificación.

- Fase 8. Análisis sensitivo

Siempre se puede volver a efectuar de nuevo la evaluación modificando los pesos para cada criterio así como los resultados, siempre y cuando el evaluador o grupo de evaluadores lo considere conveniente para mejorar la toma de decisiones adaptándola mejor a las necesidades del caso.

CAPÍTULO 3

MARCO REFERENCIAL

La elaboración de esta herramienta va dirigida a entidades gubernamentales y empresas privadas involucradas en la construcción de puertos o ampliaciones de los mismos. Puede ser empleada tanto por el cliente u ente financiero o por la contratista a ejecutar el proyecto.

En este marco referencial se nombran algunos puertos del país que han presentado ciertos fenómenos y casos particulares que han ocurrido con el tiempo y de alguna manera han impactado en el rendimiento o buen funcionamiento de los mismos y que quizás pudieron haber sido evitados con una selección diferente de diseño o ubicación.

La idea de este marco referencial es de informar al lector o interesado en el uso de esta herramienta propuesta sobre los fenómenos y casos a nivel nacional de puertos con particularidades evitables con mejores tomas de decisión en la selección de una mejor ubicación y diseño y así evitar impactos negativos en el buen funcionamiento a corto y largo plazo.

Posibles ámbitos de aplicación y casos en particular en Venezuela

Introducción a algunos fenómenos y detalles ocurridos en los principales puertos del país debido a su ubicación o diseño particular así como también futuras expansiones y construcciones de puertos nacionales en los cuales se podría emplear una herramienta de toma de decisiones como la de este trabajo de investigación.

Puerto Cabello

Generalidades

Es el principal puerto del país en cuanto a movimiento de carga. Cuenta con 44 puestos de atraque para buques de 100 a 190 metros de eslora. Con una profundidad de 11,60 metros. Se comunica con Barquisimeto por medio de ferrocarril y carreteras, y con Caracas, Valencia y Maracay por modernas autopistas que han favorecido su desarrollo, por ser esa la zona económica mas activa del país.

El Puerto de Puerto Cabello es el principal punto de entrada a Venezuela para carga marítima. El puerto está ubicado estratégicamente en la parte central de la costa norte, a unos 211 Km. de Caracas y 600 millas náuticas de las principales vías marítimas que se extienden de este a oeste por el Mar Caribe.

Debilidades

El Puerto se ha beneficiado de las oportunidades del tráfico de trasbordo y, si se proveen las condiciones adecuadas, se estima que el puerto podría captar un volumen cada vez mayor del negocio marítimo.

Sin embargo, el puerto está seriamente congestionado, tanto en términos de la disponibilidad de muelles como en términos de la capacidad de los muelles y del terminal. Si no se actúa de inmediato, esta congestión comenzará a limitar el crecimiento futuro y en consecuencia, el crecimiento económico nacional. Existe un reconocimiento por parte de los usuarios del puerto, los agentes navieros y las empresas de transporte, acerca de la necesidad de ampliar las instalaciones para el manejo de la carga contenerizada.

El IPAPC (Instituto Puerto Autónomo de Puerto Cabello) no cuenta con instalaciones modernas para manejar la carga contenerizada. Los muelles existentes son limitados en términos de calado, el ancho y la capacidad de carga del andén, así como el área de reserva disponible para el almacenamiento y manejo de contenedores.



Figura 3. Puerto Cabello

Fuente: <http://www.puertodemaracaibo.com/plano.html> (2006)

El puerto no cuenta con grúas pórtico (tipo Panamax o Post-Panamax) para manejar la carga entre el barco y el muelle y viceversa. Las grúas de muelle que son utilizadas en el puerto, son muy limitadas en su capacidad, debido a la incertidumbre que existe con relación a la resistencia de los muelles existentes. Casi todas las operaciones de carga y descarga de contenedores se realizan con el equipo de los barcos conjuntamente con las grúas de tierra.

Existe la urgente necesidad de implantar un Plan Maestro que permita desarrollar la infraestructura portuaria de manera ordenada. Tal Plan debe estar

basado en una estimación de la demanda futura a fin de garantizar la satisfacción óptima de la demanda prevista. Inicialmente, se deberán definir los usos actuales y futuros del puerto, considerando la construcción de instalaciones que logren satisfacer las demandas futuras a corto, mediano y largo plazo.

El Plan Maestro del Puerto será implementado en tres (3) etapas durante un período de 25 años:

1er Etapa: 2005- 2009 (Corto Plazo: 5 años)

2da Etapa: 2010 –2019 (Mediano Plazo: 10 años)

3er Etapa: 2020 – 2029 (Largo Plazo: 10 años)

El Plan Maestro será ejecutado a través de un Plan Maestro Estratégico, el cual permitirá:

- Proveer los lineamientos generales que permitan desarrollar la infraestructura portuaria de manera ordenada, hasta el año 2029.
- Proporcionar el patrón de desarrollo a seguir a largo plazo, sin especificar el tiempo en el cual se proceda a iniciar alguna gestión en particular.
- Ofrecer un esquema general para implementar planes de uso de las áreas que no solo son factibles, sino que también son viables desde el punto de vista ambiental, económico, social y técnico. (Posible ámbito de aplicación de la herramienta propuesta).

Las proyecciones y los estudios de factibilidad, determinarán los requerimientos de las futuras instalaciones, a fin de mejorar los niveles de eficiencia del puerto, su capacidad y su potencial como generador de ingresos.

Ejecutar una serie de evaluaciones para analizar las futuras proyecciones de carga, la utilización efectiva de los muelles y almacenes, así como los niveles de productividad en cuanto a la movilización de la carga suelta y contenerizada.

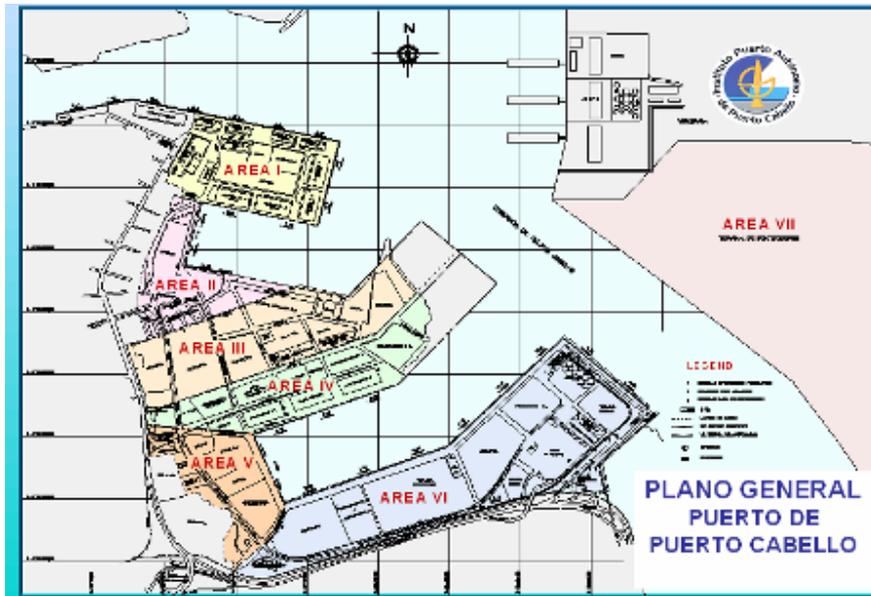


Figura 4. Plano general actual del Puerto Cabello

Fuente: <http://www.ipapc.gov.ve/> (2006)



Figura 5. Opciones de expansión en Puerto Cabello

Fuente: <http://www.ipapc.gov.ve/> (2006)

Puerto La Guaira

Generalidades

Es el principal puerto del país en movilización de pasajeros y segundo en movilización de carga. Tiene 26 puestos de atraque.

Debilidades

Zona de deslaves, corrimientos de tierra e inundaciones

Algunos fenómenos han impactado sobre la correcta operación de este puerto como los ocurridos en 1999 con los deslaves que trajo las siguientes consecuencias en Infraestructura: al menos 3 centros poblados desaparecen del mapa, y muchos otros quedan en condiciones casi inhabitables, cerca del 10% de las casas de la región desaparecen, unos 5 hospitales y ambulatorios quedan dañados, más del 85% de la vialidad del estado queda bloqueada o destruida lo que afecta el tráfico del puerto, el sistema de aguas blancas y negras colapsa, importantes hoteles de la zona como el Meliá Caribe y el Macuto Sheraton se ven muy afectados.



Figura 6. Vista aérea del Puerto La Guaira

Fuente: El investigador (2004)

Pocas alternativas de conexiones con el interior y capital

La autopista Caracas-La Guaira (que une a la capital con el estado Vargas, en la costa) enlaza con el aeropuerto internacional más grande de Venezuela, así como con el segundo puerto naviero más importante del país. El trayecto entre el puerto de La Guaira y Caracas no llega pasar de una hora (en un viaje libre de tráfico) y algunas de las rutas alternas hasta triplican el tiempo de traslado. Una vía de contingencia se construye alrededor de un viaducto desplomado entre Caracas y el puerto por donde ingresan aproximadamente la mitad de las importaciones a Venezuela y debería estar lista el 22 de febrero de 2006, según un importante empresario local. Tomás Socías, director de la Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos (CAVIDEA), dijo tras visitar el lugar que los dos nuevos kilómetros de camino deberían aliviar los costos del transporte, que para muchos incrementan la inflación en un país que depende absolutamente de sus importaciones.



Figura 7. Vista Satelital del Puerto La Guaira y su proximidad a Caracas
Fuente: Google earth (2006)

Eso solucionaría el 70 por ciento de la situación actual, informó Socías el miércoles a Reuters, aclarando que los camiones igualmente enfrentarán embotellamientos en la carretera de una vía que rodea el enorme barranco. La autopista de cuatro vías que conecta la capital rodeada de montañas con el aeropuerto internacional y el puerto de La Guaira fue cerrada a principios de enero del 2006, cuando ingenieros advirtieron que el viaducto construido 50 años atrás podría colapsar, debido al desplazamiento de la tierra.

Camiones que transportan importaciones clave de alimentos y automóviles se tardan entre 3 y 4 horas para llegar desde el puerto a la capital a lo largo de una estrecha vía de dos canales. La clausura del camino podría significar una caída de tres por ciento en el crecimiento económico esperado para el 2006. El Banco Central prevé el impacto en un punto porcentual del crecimiento económico de entre 6 y 7 por ciento proyectado. Aproximadamente la mitad de las compras al exterior del país llegan a través de la autopista Caracas-La Guaira. Venezuela es

el quinto exportador mundial de petróleo pero importa la mayor parte de sus alimentos.

El principal impacto se verá en la inflación pues Venezuela depende enormemente de sus importaciones. Se puede tratar de contener los precios al consumo pero igualmente habrá presiones inflacionarias por los mayores costos del transporte, según comenta el analista Benito Berber del banco HSBC.

Por último, los empresarios no descartan un encarecimiento de los bienes importados en la capital, ante los problemas que enfrentan los vehículos de carga pesada para llevar las mercancías desde el puerto hasta Caracas.

Algunas medidas del gobierno

Decreto que exonera (durante 4 meses) el 70% del pago de las tasas por trámite de documentos de transporte de materia prima y productos terminados en aduana, tanto para la exportación como para la importación. La Capitanía del Puerto de La Guaira rebajó en 20% el costo de los servicios de lanchaje y pilotaje. Exoneradas del incremento de la Unidad Tributaria las empresas almacenadoras ubicadas en el puerto de La Guaira, durante los meses de enero y febrero.



Figura 8. Viaducto 1

Fuente: BBC Mundo (2006)



Figura 9. Cola de Camiones de Contenedores

Fuente: BBC Mundo (2006)

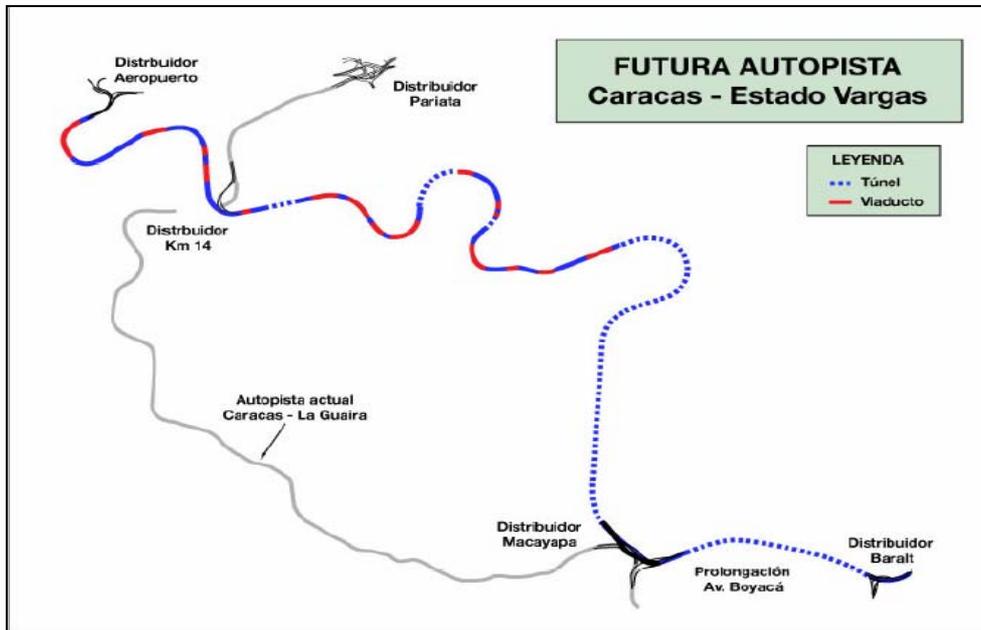


Figura 10. Proyecto de nueva vía que facilitara el comercio entre el Puerto y capital
Fuente: MINFRA (2006)



Figura 11. Plan de contingencia
Fuente: MINFRA (2006)

Puerto de Carúpano

Debilidad

La parte Occidental de la bahía de Carúpano es muy peligrosa por existir muchos sitios bajos y arrecifes de coral, la entrada al puerto de Carúpano debe hacerse por la parte o sector del norte al NE, nunca por el oeste, no por el NW.

Puertos del Lago de Maracaibo

Debilidad

Actualmente existe un fenómeno ambiental llamado eutroficación sobre el lago de Maracaibo, mejor conocido como Lemna o Lenteja. Actualmente se realizan estudios de opciones para salvar el Lago de este fenómeno.



Figura 12. Puerto de Maracaibo

Fuente: <http://www.puertodemaracaibo.com/plano.html> (2006)

Los remedios para este fenómeno involucran cambios en el presente canal de navegación sobre las instalaciones sobre tierra al servicio del petróleo y otras

industrias, el estudio para la posible solución a este fenómeno también incluye el análisis de alternativas de vías para mantener el transporte de petróleo, carbón y mercancía general.



Figura 13. Eutroficación sobre el Lago de Maracaibo
Fuente: El investigador (2006)

Proyecto del Primer Puerto de Aguas Profundas en Venezuela

El proyecto del primer puerto de aguas profundas esta en la fase de diseño y es por esta razón que se nombra en este marco referencial, de manera de poder presentar un caso particular de inicio de la fase de diseño, los problemas que suelen ocurrir y un posible ámbito de aplicación de la herramienta propuesta en esta investigación.

Actualmente dentro de este proyecto el Ministerio de Infraestructura encargó a la empresa Ingeniería de Consulta Incostas, S.A., para acometer el proyecto del estudio de factibilidad para la macro y micro localización del Puerto de Aguas Profundas en Araya, previsto en el Plan Nacional de Desarrollo regional 2001-2007.

Se analizaron seis posibles lugares para el desarrollo del puerto; no obstante, ante las características con las que debía cumplir esta infraestructura (servir para la exportación e importación, movilización de carga general, contenedores, tener profundidades de 15 metros o más en el canal de acceso y en las obras de maniobra y atraque para buques de gran calado; además de que su desarrollo debía estar íntimamente ligado a la construcción de una vía férrea que permita empalmar con Ciudad Guayana), Incostas consideró factible su ejecución en la conocida ensenada de Manzanillo (Manicuare).

El Ingeniero Ambiental Germán Castro (MSc.) quién se ha especializado en la ejecución de estudios ambientales; estudios y proyectos de planificación y diseño de recursos hidráulicos, así como los relacionados con la caracterización y análisis de eventos hidrológicos y calidad de agua, hace un análisis con respecto a la polémica que ha surgido recientemente en el Golfo de Cariaco ante la inminente construcción de un puerto de aguas profundas en las inmediaciones del mismo. El autor trata de enmarcar el diseño y desarrollo de este proyecto dentro de la dialéctica del desarrollo sustentable, con el objeto de establecer las bondades y desventajas que podría tener el puerto sobre el Golfo y las comunidades aledañas al mismo.

Un poco para enmarcar la localización del Golfo de Cariaco dentro del contexto geográfico nacional, se puede decir que este es una depresión ubicada en la plataforma continental nor-oriental de Venezuela, la cual separa la región continental del Estado Sucre de su región peninsular (Araya). Dicho Golfo posee

un área superficial aproximada de 640 Km² y una profundidad media de 50 mts., presentando en algunos puntos profundidades de hasta 90 mts. Debido a las características favorables presentes en este cuerpo de agua, el Golfo se ha convertido, a lo largo de los años, en un reservorio natural de especies marinas.

Recientemente, el Golfo de Cariaco se ha convertido en centro de atención de muchos sectores del país. Esto se debe a la intención de la CVG de desarrollar un puerto terminal en aguas del mismo, para comercializar internacionalmente productos semi-elaborados provenientes de las empresas básicas de Guayana. Para tal fin, estos productos serían transportados hasta ese puerto por un sistema ferrocarrilero que atravesaría los estados Monagas y Sucre. Sin embargo, esta propuesta de desarrollo no ha sido del agrado de algunos sucrenses debido a la gran sensibilidad que se le atribuye al Golfo de Cariaco por su alta productividad que, según ellos, se vería seriamente amenazada con la instalación de un puerto dentro del mismo.

Indudablemente, la ejecución de este proyecto implica la intervención física de una zona tradicionalmente ajena al desarrollo, e involucra una serie de impactos socioeconómicos originados por la introducción de nuevas actividades en la economía regional. Por tal motivo, la solución del paradigma que se presenta, exige la ponderación de los impactos positivos y negativos que todo el proyecto, en conjunto, sería capaz de producir sobre la población directamente afectada por su construcción.

Durante años la conexión ferroviaria Guayana-Centro fue objeto de propuestas de ruta a nivel conceptual. Pero no fue sino hasta el año 1988 que, por instrucciones del Ejecutivo Nacional, a través de CVG-Ferrominera Orinoco C.A., se realizó un estudio de prefactibilidad económica de este transporte masivo. A efectos del mismo, se establecieron cifras de transporte aproximadas de 20 millones de toneladas de hierro y prerreducidos, 2 millones de toneladas de caliza

y 5,4 millones de toneladas de cargas masivas, lo cual implicaba restricciones en los sistemas portuarios y carreteros de la región.

Esta carga mineral y de prerreducidos en los volúmenes indicados, requiere de la conexión a un terminal portuario de productos de este tipo con profundidad y capacidad suficiente para buques de 300.000 TPM de desplazamiento bruto. A tal efecto, se estudiaron varias alternativas en los estados Anzoátegui y Sucre, resultando como las más adecuadas aquellas ubicadas en el estado Sucre, específicamente, en Guacarapo dentro del Golfo de Cariaco y en Carúpano. Posteriormente, los estudios han colocado a Guacarapo como el sitio de puerto más adecuado debido a una serie de consideraciones de tipo ambiental que demostraron la necesidad de ejecutar movimientos de tierra masivos y obras de protección enormes para resguardar un puerto en Carúpano donde, además, las características batimétricas o de profundidad de la zona resultan inadecuadas.

Como respuesta a esta intención de la CVG, varias instituciones han organizado diversas iniciativas en el estado Sucre, con el fin de establecer posiciones con respecto a la verdadera sensibilidad del Golfo. Una de estas iniciativas fue el Seminario "Evaluación de los Estudios Oceanográficos, Biológicos y Socioeconómicos realizados en la Cuenca del Golfo de Cariaco" que se desarrolló en la facultad de Ciencias de la Universidad de Oriente en Cumaná, Edo. Sucre. Este Seminario sirvió para presentar públicamente las investigaciones científicas que se han realizado sobre este cuerpo marino en ese estado, e informar sobre la problemática actual que lo afecta. El evento fue organizado y patrocinado por varias instituciones; entre ellas: la Universidad de Oriente, la Gobernación de Sucre y el MARNR-Sucre. A tal efecto, se presentaron trabajos ejecutados por investigadores de la UDO y el FONAIAP principalmente, estableciéndose en algunos casos posiciones abiertas con respecto a la ejecución del proyecto ferroviario y su terminal en aguas del Golfo de Cariaco.

Durante el transcurso del seminario se expusieron trabajos que atribuyeron la alta productividad del Golfo a un fenómeno comprobado de carácter global conocido como surgencia, el cual se origina como una respuesta de las masas de agua a los procesos climáticos; otros resaltaron impactos positivos y negativos originados por la intervención del hombre sobre el medio; y hubo algunos de carácter biológico destinados a demostrar la alta diversidad de este cuerpo marino y la importancia de su conservación. Así mismo, se escucharon intervenciones que dejaron evidencias claras de los problemas de contaminación que se han detectado en el Golfo hasta el presente. Entre éstos, se podrían mencionar: (1) la presencia de coliformes en la boca y el saco del Golfo, (2) deterioro de la calidad del agua en zonas costeras y, (3) demanda biológica de oxígeno mayor que el oxígeno disuelto en las mismas.

Todos éstos son ocasionados, principalmente, por las descargas cloacales no controladas en aguas del Golfo. También, hubo ciertas notas discordantes dentro del evento, tales como algunos "trabajos" de carácter social que carecieron totalmente de algún soporte científico o histórico y, en cambio, trataron de descalificar a un proyecto de esta naturaleza con actitudes rebeldes que no le hacen ningún bien a nadie y mucho menos a su propia causa. Finalmente, todos los investigadores recomendaron la necesidad de implementar y/o continuar las investigaciones en las distintas áreas para enriquecer más el conocimiento existente.

Adicionalmente, algunos participantes establecieron posiciones opuestas al desarrollo de este proyecto en el Golfo motivados, principalmente, por su desconocimiento total del mismo y de las consideraciones ambientales incluidas en sus bases de diseño. Este desconocimiento general se debe, principalmente, a la falta de divulgación de los detalles de este importante proyecto.

El balance de los impactos potenciales de este puerto pudiera ser medido a través de un análisis costo-beneficio que permita evaluar todas las variables involucradas. Este análisis es frecuentemente utilizado cuando los indicadores que normalmente proveen los precios del mercado están ausentes o no reflejan adecuadamente los costos de oportunidad de los recursos involucrados. En algunas situaciones, este análisis puede resultar inapropiado, debido a que sus costos y beneficios reales no pueden ser medidos en términos monetarios o materiales; por tal motivo, éste pudiera ser sustituido por otro análisis similar conocido como costo-efectividad, el cual evalúa los costos de las posibles alternativas para alcanzar los objetivos así como también se podría emplear la herramienta propuesta en esta investigación en la fase inicial de diseño para la selección de la mejor alternativa de diseño y ubicación (evaluación efectuada antes del análisis de costo beneficio).

Obviamente, su propósito principal es determinar el camino que represente el menor costo para obtener el máximo beneficio por la inversión efectuada. Cualquiera de estos análisis, dentro del marco del desarrollo sustentable, debe asegurar la utilización de los recursos a niveles que permitan su subsistencia indefinida. Como resultado, la viabilidad ambiental de este proyecto debe asegurar el predominio de los beneficios sociales por encima de los costos asociados. Para ello, estos beneficios no deben lograrse a expensas del agotamiento de ningún recurso ni deben comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

Cabe destacar que, las bases de diseño de este terminal incluyen las siguientes consideraciones ambientales destinadas a reducir al mínimo los impactos que se producirán sobre el medio físico-natural:

1. Movimientos de tierra mínimos.
2. Áreas particulares de almacenamiento y manejo para cada producto.

3. Uso de accesorios especiales para el control de emisiones de aire.
4. Instalaciones de recepción para desechos sólidos.
5. Sistemas de drenaje recolector en instalaciones para impedir la descarga de residuos sólidos.
6. Tratamiento de aguas domésticas.
7. Las embarcaciones atendidas en el puerto deberán poseer tanques de lastre segregado.
8. No se ejecutarán actividades de dragado.
9. Ausencia de escolleras o espigones.
10. No se suministrará combustible a ninguna embarcación.

Adicionalmente, se estima un tránsito máximo de 8 buques por mes lo cual introduce otra consideración operacional de carácter ambiental que permitirá asegurar un impacto adverso mínimo sobre el medio. A tal efecto, sería válido cuantificar los impactos que el tránsito de buques ha originado en el río Orinoco, especialmente, sobre la actividad pesquera dentro del mismo. Posteriormente, éstos podrían aplicarse comparativamente al Golfo de Cariaco, en base a las condiciones operativas planificadas para el terminal dentro de las aguas del mismo.

Se debe reconocer que la problemática del Golfo de Cariaco se encuentra directamente relacionada con todas las actividades que se llevan a cabo en su cuenca. Particularmente, debemos recordar experiencias vividas en Venezuela, tales como los lagos de Valencia y Maracaibo, donde la aglomeración de las actividades de desarrollo alrededor de los mismos y la falta de verdaderos programas de vigilancia ambiental han provocado los escenarios actuales y han requerido la implementación de programas de saneamiento que involucran una serie de medidas restauradoras para lograr sus objetivos a muy altos costos.

Tomando en cuenta estas experiencias y comparando la situación allí existente con la que se presenta en el Golfo de Cariaco, debería implementarse un programa de manejo integral de sus recursos constituido, principalmente, por medidas dirigidas a prevenir y/o mitigar los impactos generados sobre el mismo. Dicho programa debería exigir el cumplimiento de un plan de ordenamiento y uso del territorio que permita la adecuada planificación de los servicios requeridos.

Al mismo tiempo, debería diseñarse un programa de vigilancia y monitoreo continuo que permita detectar los cambios producidos con el tiempo y sus respectivas causas. De esta manera, se podría asegurar que la construcción de un terminal de aguas profundas en el golfo de Cariaco o cualquier otro proyecto de desarrollo no implicaría mayores problemas, si se respetan todas las medidas de carácter ambiental incluidas en los mismos.

Es evidente que, la problemática actual del Golfo no puede ni debe atribuirse a un proyecto aún por ejecutarse, ni mucho menos considerarse un motivo suficiente para su rechazo. La solución de los problemas actuales en ese cuerpo marino no debe basarse en el rechazo a los grandes proyectos de desarrollo que se plantean, sino en la integración y el aprovechamiento de los recursos disponibles para alcanzar un objetivo común.

Por tanto, la intención de la CVG debe enfocarse como una alternativa adicional dentro de ese proceso de integración, donde la misma constituya un componente activo de la comunidad sucrense, que sume su fuerza a la solución de los problemas existentes. Es indudable que una gestión conjunta integrada por la Gobernación del estado, las alcaldías, el MARNR y la CVG podría rendir enormes beneficios en favor de la comunidad.



Figura 14. Plan de rieles en Oriente

Fuente: Wikipedia (2006)

Permitirá por un lado establecer vínculos de transporte masivo entre las zonas de producción industrial de las empresas básicas de Guayana y un Puerto de exportación, y por el otro la conexión de esta zona con los centros de producción agrícola y pecuaria del centro del país. Conectara a los Estados: Sucre, Anzoátegui, Monagas y Bolívar, cuenta con tres tramos, entre Ciudad Guayana, existe uno privado en operación y el de Guata naricual, en desuso, los demás no están construidos, el Puente Sobre el Río Orinoco, se encuentra en Construcción.

De concretarse este proyecto, Venezuela contaría con el primer puerto de aguas profundas en el área del Caribe, el cual permitirá el tráfico de cargas desde y hacia los países de la región para con el resto del mundo, además de la creación de un sistema intermodal de transporte, con la unión de los estados Bolívar, Monagas y Sucre, a través del desarrollo ferroviario Norte-Sur que interconectará Puerto Ordaz con el estado Sucre, y la vialidad marítima una vez que el estudio determine la factibilidad de construcción del puerto de aguas profundas.

Un caso particular a prever entre los criterios, el fenómeno de las olas.

Otro fenómeno que podría afectar un puerto como un Tsunami, como el acontecido en Dic-2004:



Figura 15. Tsunami en Phuket, Tailandia
Fuente: BBC Mundo (2005)

CAPITULO 4

DESARROLLO DEL PROYECTO

Dentro del proceso de diseño de un puerto existe una fase inicial que requiere de una evaluación y selección de alternativas u opciones.

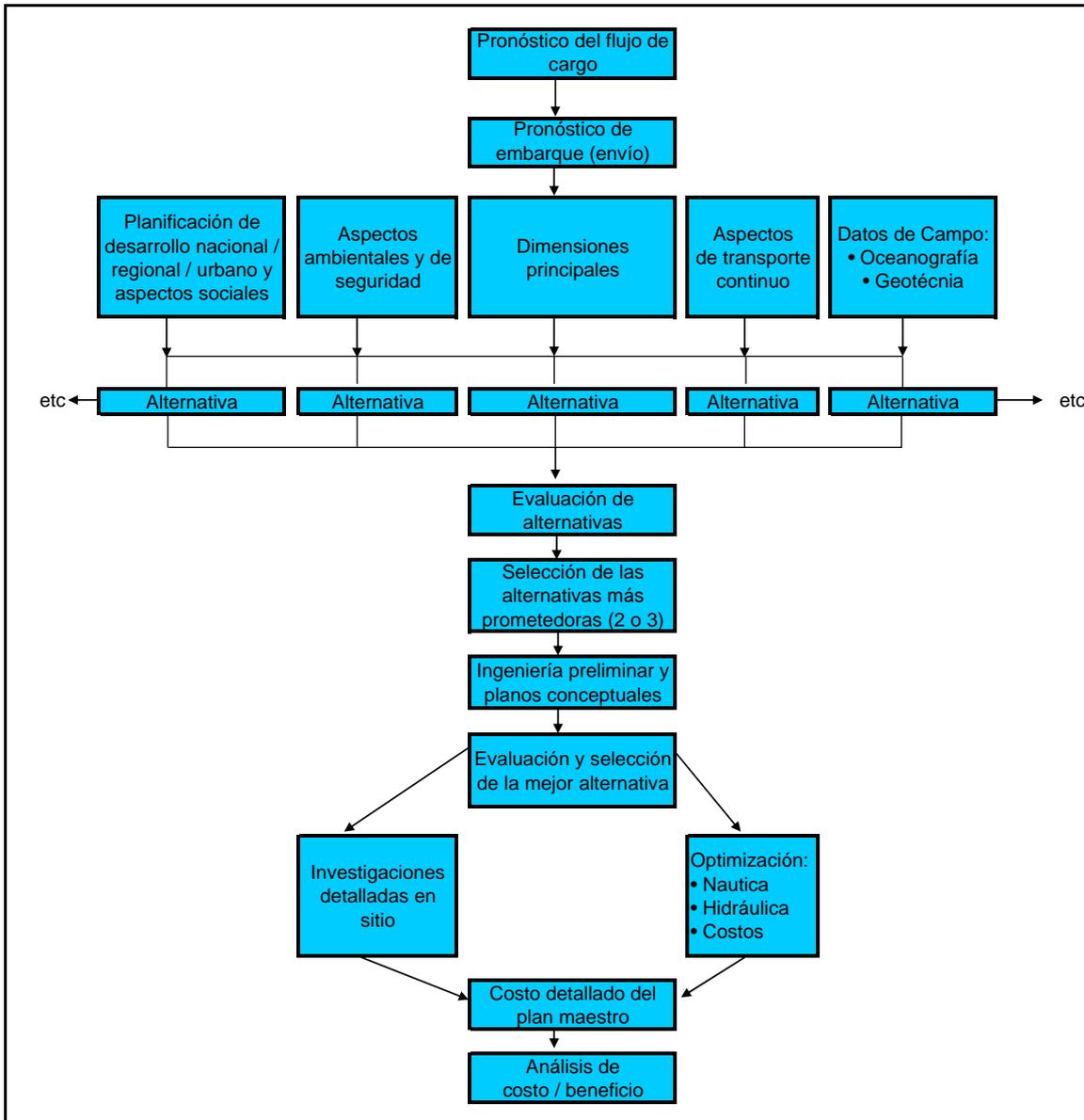


Figura 16. Proceso del Plan Maestro

Fuente: H. Ligteringen (2000)

Esta fase inicial se puede llamar “el ciclo elemental del diseño” en el cual primero se analiza la situación luego se elabora una síntesis y simulación para así crear diferentes alternativas de diseños en ubicaciones o escenarios diferentes, momento en el cual se puede emplear la herramienta propuesta para tomar la decisión mas adecuada en base a criterios cualitativos e incluso de costos y así seleccionar la opción final. A veces este ciclo elemental de diseño se repetirá pero cada vez aumentará el nivel de precisión.

La primera generación de opciones, tal como se puede observar en el proceso del plan maestro en la figura 15, se realiza en base a datos disponibles sobre olas, corrientes, batimetría, suelos, etc. Estos datos son de naturaleza general. En esta etapa se comienzan a realizar los estudios pero aun no hay resultados. Las alternativas que se elaboran son solo dibujos conceptuales, diseños preliminares basados en reglas simples.

No hay necesidad de trabajar los detalles, siempre y cuando se reflejen las dimensiones apropiadas del canal de entrada, cuenca de maniobrabilidad, muelles y terminales en las diferentes alternativas. Los costos todavía no son precisos aunque no dejan de ser un criterio importante, sin embargo los elementos de mayor costo suelen ser los rompeolas, los trabajos de dragados y los muelles.

Luego de efectuar la primera selección de las dos o tres alternativas más prometedoras, en base a un variado número de diseños preliminares, se obtienen datos más precisos con los cuales se mejora la elaboración de estos repitiéndose la evaluación y la selección quedando el diseño mas conveniente el cual será optimizado posteriormente en base a investigaciones mas detalladas en sitio.

La asignación de pesos para cada criterio se hará con un gran sentido de subjetividad. Una de las grandes ventajas de esta forma de evaluación y selección es la rapidez en que se elabora este proceso, a diferencia de las evaluaciones

monetarias las cuales son menos subjetivas a la hora de la asignación de pesos pero consumen mucho tiempo y son mucho mas difíciles de elaborar parcialmente por la necesidad de tener que expresar las diferencias cuantitativas a través de análisis de riesgos.

Criterios de ubicación

- **Disponibilidad de terrenos:** Se debe efectuar un estudio sobre la facilidad y legalidad para el uso de los terrenos que se emplearan en la construcción de los terminales así como los posibles terrenos a emplearse en las ampliaciones a largo plazo. Determinar que tanta facilidad hay en la ubicación seleccionada para una ampliación futura en caso de aumentar la demanda de flujo de cargo.
- **Condiciones de olas:** Las olas pueden ser producidas por ciertos disturbios artificiales como barcos en movimiento o explosiones; o pueden ser producidas por sismos, mareas o vientos. El viento produce las olas que tienen mayor influencia en el diseño de puertos y de estructuras marinas. En las oficinas meteorológicas es posible obtener la estadística para vientos en cualquier océano. Esto incluye condiciones de tormenta y operacionales las cuales sirven para determinar un estimado de la altura de ola de diseño.
- **Corrientes y marea horizontal:** Es importante conocer los patrones y velocidades de las corrientes relacionadas con los grandes sistemas de circulación y/o mareas y vientos. Las corrientes densas en la entrada, donde el agua salada fluye adentro por el fondo, mientras que el agua fresca o más calida fluye hacia fuera por la superficie, ocasionan sedimentación.
- **Niveles de agua y marea vertical:** Para las mareas verticales la información que aparece en las cartas náuticas es suficiente para la etapa de diseño. Y si

las condiciones particulares del sitio podrían afectar la situación de las mareas en general, como por ejemplo en un estuario o una laguna, con un mes de observaciones es suficiente determinar las características de la marea. El nivel del agua mayormente relacionado a los niveles de marea son datos importantes para el diseño de la profundidad del canal de entrada.

Para las velocidades de flujo del agua se realizan mediciones en sitio durante un periodo relativamente corto de tiempo, por lo menos incluyendo un ciclo completo de marea viva y marea muerta.

- **Caudal del río:** En el caso de ser un puerto de río o un puerto con conexiones a ríos se debe conocer el caudal del río, el cual permite conocer la posibilidad de los barcos para navegarlos, las características de sedimentación y erosión, posibilidades de dragado, entre otros.

Los ríos poseen sedimentos compuestos por una mezcla de arena, limo y arcilla. Estos están constantemente en movimiento dependiendo del caudal del río. La sedimentación ocasiona una acumulación en el lecho del río disminuyendo su profundidad ocasionando el posible colapso de los barcos y el derrame de su carga en caso de ser líquida o también podrían quedar accidentados. El caudal del río también puede provocar una sedimentación y erosión en las costas adyacentes haciendo un canal mas estrecho o con desniveles produciendo la necesidad de trabajos de dragado que son costosos. Usualmente se considera que no es económico dragar cuando la capa de sedimentación es inferior a los 2,5 m de espesor.

- **Condiciones meteorológicas (viento, lluvia, niebla, temperatura):** Las agencias meteorológicas proporcionan datos sobre los vientos, la temperatura y las lluvias. Si no hay una oficina meteorológica cerca, el aeropuerto más cercano posiblemente pueda proporcionar esta información.

Los datos sobre el viento podrían incluir los monzones por ejemplo. Las condiciones de olas pueden advertir sobre ocurrencia de tifones y huracanes y sus rutas típicas.

- **Características de los sedimentos y transporte:** Para determinar si la ubicación es apropiada y evitar gastos innecesarios de mantenimiento o problemas con la navegación de los barcos que traficaran el puerto y los canales es necesario conocer los sedimentos que se encuentran en las aguas ya sean de mar o río, y el tipo de transporte que estos tienen y como podrían afectar los distintos componentes del puerto ya sea el canal de entrada, la cuenca de maniobrabilidad o la profundidad en los atracaderos.

El transporte de sedimentos juega un papel muy importante en casi todos los problemas de ingeniería costera. Es por esta razón que se debe conocer los cambios morfológicos naturales debidos al transporte de sedimentos en el sitio a seleccionar como ubicación y predecir los porcentajes de transporte de sedimentos a lo largo de la costa en general y en los alrededores de las estructuras existentes. Frecuentemente ocurre una reducción del material existente en algunos lugares, lo que se denomina como erosión indeseable y en otros lugares toma lugar una abundancia de material el cual podría ocasionar problemas en el funcionamiento del puerto como la sedimentación del canal de navegación por ejemplo o gastos que harían del puerto un negocio poco rentable.

Se debe analizar el transporte de sedimentos en la base del mar o río y el transporte de sedimentos en suspensión. En ríos suele ser más simple ya que la dirección del transporte es idéntica debido al carácter unidireccional del caudal.

Las variaciones en salinidad causan floculación y el rápido asentamiento del material fino. Este asentamiento de material procede incluso más rápido en puertos debido a la tranquilidad del agua que existe. Para efectos cuantitativos de dragados es importante conocer sobre la sedimentación.

- **Características del suelo y condiciones geotécnicas:** Se puede tener una primera impresión de las condiciones del suelo por fotografías aéreas. Igualmente deben realizarse muestreos por perforaciones en puntos estratégicos para obtener información de las características del subsuelo en los lugares donde se construirán rompeolas, muelles, atracaderos, malecones y otras estructuras marinas.

La profundidad de las perforaciones depende del suelo que se encuentre y de la profundidad del lecho de roca. En la mayoría de los lugares, una penetración de 45m. bajo el nivel de aguas bajas encontrará roca o suelo con un valor de soporte adecuado para sostener pilares o cimientos. Normalmente, una penetración de 12 m. dentro del material firme asegura una capacidad de carga para estructuras marinas. Para obtener información acerca del suelo que va a dragarse solo son necesarias perforaciones de 0,60 m. por debajo del fondo a dragarse. Pero si se encuentra roca arriba de este nivel, una o más de las perforaciones debe hacerse a una profundidad de 1,5 m. por debajo del fondo dragado y recobrar tanto del corazón como sea posible.

Este corazón debe analizarse para determinar las propiedades de la roca que influyen en el costo de su remoción. Para determinar las elevaciones de la parte superior de la roca, pueden usarse sondeos de chorro en lugar de perforaciones. Este tipo de sondeos es más rápido y barato de llevar a cabo. A diferencia del caso del suelo bajo rompeolas, la carga adicional impuesta por muelles abiertos y otras estructuras marinas similares al suelo subyacente no es grande.

- **Condiciones sísmicas:** Al momento de analizar las opciones de ubicación se debe tener información sobre las condiciones sísmicas del lugar, conocer en que zona sísmica y que normas deben aplicarse para la construcción, en este caso de estructuras marinas e ingeniería costera. Debido a que el análisis para el empleo de la herramienta de toma de decisiones se hace con información aun no tan precisa para el momento, se recomienda estudiar los antecedentes sísmicos de cada área y determinar si es factible la construcción en las diferentes alternativas de ubicación, debido a que las normas para zonas sísmicas encarecen los proyectos para poder diseñarlos mas seguros.
- **Planificación Urbana:** Las áreas a emplear deben estar en coordinación con los planes de crecimiento urbano de la ciudad o zona en la que se construirá, es decir con la planificación de desarrollo de gobernaciones y alcaldías. Previamente se debe conocer la planificación y disponibilidad de los terrenos así como el impacto económico que podría causar el puerto en la ubicación seleccionada pero de una manera superficial para esta primera evaluación debido a que son diseños preliminares.

Criterios de diseño

- **Espacio de maniobrabilidad:** Para puertos transitados por barcos medianos y pequeños no hay problemas realmente en las dimensiones de la infraestructura ya que los requerimientos de longitud de frenado son limitados y se pueden ajustar a los espacios tradicionales de espacios de maniobrabilidad y canales internos. Sin embargo cuando se estime que por el puerto transitaran barcos de grandes dimensiones la longitud de frenado debe ser mucho mas largo de lo tradicional. Estos barcos grandes son de 50.000 dwt (dead weight tonnage) o más.

Este espacio de maniobrabilidad para los barcos incluye el ancho del canal de navegación, entre atracaderos, del canal de entrada, diámetro del círculo de giro, profundidad del canal del río, atracaderos, cuencas de maniobrabilidad y el canal de entrada dentro del puerto, en la entrada y costa afuera. De acuerdo a la estimación del tipo barcos y el flujo de carga se buscara el diseño más apropiado en esta primera etapa de selección de opciones.

- **Control del tráfico:** El análisis del tráfico de barcos en el presente o en el futuro es necesario para determinar los tipos de barcos que transitaran por el puerto. Este análisis es importante cuando el tráfico será mixto entre barcos de gran calado o de gran amplitud, lo que ayuda a estimar las dimensiones aproximadas del canal de entrada, y áreas de maniobrabilidad.

La función del tráfico requiere de tres condiciones para ser suficiente. La entrada desde el mar debe ser accesible y segura, las cuencas y los muelles del puerto deben tener un adecuado espacio de maniobrabilidad y atracaderos para los barcos con gran capacidad para manejo y almacenamiento y la ultima condición es la referente a las conexiones al interior a través de vialidades, rieles, canales internos de agua, tuberías (oleoductos, gasoductos, etc.) dependiendo de la función del transporte. Estas tres condiciones deben estar en balance.

El trafico puede ser controlado por ayudas de alta tecnología como el (STB) Servicio de tráfico de barcos o en ingles el (VTS) Vessels Traffic Service, el cual implica el monitoreo de todos los movimientos de los barcos en un puerto por un radar central.

- **Seguridad náutica:** Se debe analizar como será la seguridad náutica en cada alternativa. El riesgo marino es aquel que incluye el riesgo a la vida, daño al ambiente marino y la perdida comercial potencial para un puerto en caso de

accidente y el riesgo general es aquel que se determina por la frecuencia en la que determinado tipo de accidente podría ocurrir combinado con algunas mediciones de sus consecuencias, este podría ser diferente para cada ubicación y diseño.

Algunos de los servicios náuticos necesarios a considerar para establecer una buena seguridad náutica son las boyas y luces, asistencia de pilotaje y remolcadores entre otros.

- **Influencia de las Olas:** La penetración de las olas al puerto ocurre normalmente por la entrada, sin embargo también pueden entrar por el rebose de las olas al impactar con rompeolas de cresta baja. Este fenómeno podría agitar las aguas internas al puerto. Es importante considerar este fenómeno en la fase de diseño debido a que es difícil reducir la penetración de las olas una vez que se ha construido el rompeolas.

Un diseño apropiado debe satisfacer dos necesidades desde el punto de vista de penetración de olas, las condiciones operacionales deben permitir una eficiente carga y descarga de los barcos en los atracaderos y que el barco pueda mantenerse en el atracadero seguro.

- **Influencia de los barcos que transitan:** Es necesario considerar las respuestas de los barcos a fuerzas ejercidas por olas, corrientes y vientos a la hora de elegir un diseño apropiado principalmente por los movimientos verticales de los barcos en las olas necesarios para el diseño de la profundidad del canal de entrada, círculo de giro y otras áreas de maniobrabilidad así como en los atracaderos.

- **Influencia de la corriente:** Las fuerzas de las corrientes sobre un barco son proporcionales al área de la sección transversal submarina y el promedio de la velocidad de la corriente al cuadrado. Es importante conocer esta influencia de las corrientes en las diferentes opciones de ubicación y su influencia sobre el tráfico de barcos.
- **Impacto en el uso del terreno presente:** Se debe analizar de qué manera el diseño afecta los terrenos a emplear en la construcción de los terminales. El impacto puede variar dependiendo del tipo de carga del terminal, el cual puede variar desde un terminal para contenedores a un terminal para mercancía a granel o de gas natural líquido (LNG).
- **Eficiencia en el uso del terreno:** El terreno seleccionado para la construcción de los terminales debe ser usado de la manera más funcional en coordinación con las conexiones al interior. La distribución del área y la forma seleccionada de cada Terminal debe favorecer el transporte de cada tipo de carga que fluirá por el puerto.
- **Ampliación futura:** Al evaluar este criterio se debe analizar la posibilidad de una ampliación futura del puerto que se está diseñando. Para la expansión de un puerto existente se suele hacer una extrapolación del flujo actual de cargo como un primer estudio.

Esto es poco preciso sobre todo cuando se considera una expansión en unos 20 a 25 años. El desarrollo de los puertos suele ser muy rápido en el área de transporte de contenedores, en tales mercados se necesita efectuar un estudio más detallado.

- **Cambios en la funcionalidad:** Los puertos son usados para varios tipos de carga. Pero a lo largo de su funcionamiento el puerto podría ir adaptándose a la oferta y demanda que hay en el mercado y modificar su funcionalidad. De esta manera el puerto debe tener un diseño versátil capaz de poder variar o ampliar su distribución de áreas de manera más rentable y útil.
- **Adecuación:** La distribución de los espacios debe permitir la adecuación de cambios y nuevas tecnologías que mejores en servicio del puerto. No debe ser una distribución rígida o sujeta a un sistema de transporte.
- **Posición de zonas peligrosas:** Los terminales de cargas peligrosas deben estar bien protegidos y en zonas especiales, los muelles de petróleo o gas deberían estar separados de otras instalaciones portuarias. No debería existir otro tipo de envío dentro de las cuencas de los muelles de gas o petróleo.

Los terminales de carga líquida preferiblemente deberían ser ubicados contra viento de otras actividades del puerto y centros urbanos de manera de no afectar a esas zonas con gases tóxicos o malos olores. En caso de un accidente los efectos negativos (humo, gases tóxicos o nubes de vapor) tendrán menos impacto.

- **Posibilidad para limitar calamidades:** Se refiere, entre otros, a la protección necesaria contra las tormentas. También no deben existir atracaderos o estructuras fuertes en la línea de frenado de los barcos y no más allá del círculo de maniobrabilidad.

En caso de que alguna maniobra de frenado falle el barco debería poder dirigirse hacia un banco suave superficial. Igualmente se debe considerar el

tipo de peligro de acuerdo a la carga del barco que se estima que transitara por el puerto.

- **Comunicación tierra adentro:** Los puertos deben tener buenas conexiones para transportar las cargas o mercancías tanto que entran como que salen. Estas vías de comunicación tierra adentro pueden ser vialidades terrestres, rieles, tuberías como gasoductos, oleoductos, etc., así como canales internos de agua (ríos).
- **Comunicación al mar:** La comunicación al mar debe ser directa y de fácil acceso. El canal de navegación debe ser lo suficientemente profundo para el tipo de barco de diseño que demanda el puerto. Las obras de dragados para el mantenimiento del canal deben ser las mínimas posibles para reducir los costos de mantenimiento.
- **Área de tierra operativa:** El lugar seleccionado debe tener un área de costa adecuado para el desarrollo de instalaciones terminales. Por ejemplo, un fondeadero para buques contenedores puede ocupar unas 10 hectáreas.
- **Comodidad operativa:** El diseño de un puerto se hará con el menor tamaño posible, por razones de seguridad y para que tengan lugar operaciones razonablemente fáciles. El uso de remolcadores en las maniobras de los barcos para atracar y salir también influye en el tamaño y rentabilidad de un puerto. Otros aspectos a considerar para una buena operación en el puerto son la frecuencia de tormentas, la persistencia de las condiciones de aguas bajas, los problemas de visibilidad regular, las restricciones para navegar de noche, las restricciones por mareas, la presencia de buenos servicios portuarios, etc.

- **Facilidad para construcción:** La profundidad del agua es el factor más importante para ubicar un puerto. Una bahía de aguas profundas es, por supuesto, ideal. Las cartas náuticas generalmente muestran las áreas en donde el agua es profunda en la proximidad de la ribera y otras áreas en donde no se alcanzaría la profundidad necesaria para el puerto en muchos metros mar adentro, lo cual exigiría una cantidad prohibitiva de dragado. Mientras que en la localización de aguas profundas cerca de la ribera la construcción de un rompeolas sería muy costoso.

En los casos en que se embarcan materiales a granel, la solución puede ser un ancladero mar adentro con tubería submarina, si se manejan líquidos o una construcción de caballetes, o cable vía, si se mueven materiales en bultos.

- **Tiempo de construcción:** El tiempo de construcción debe ser el menor posible al menor costo. Las mejores técnicas constructivas deben poder ser aplicadas y los tiempos deben ser estimados en base a rendimientos realistas.
- **Canal de entrada:** Para determinar la funcionalidad de este elemento se debe tomar en cuenta el tamaño y comportamiento de los barcos, el factor humano en el manejo de la nave y los efectos del medio ambiente. Los tres parámetros principales son el alineamiento, el ancho y la profundidad. En caso de fuertes condiciones de oleaje costa afuera la orientación del canal de entrada debería estar alineado con la dirección dominante de la ola de manera que estas impacten con los barcos que salen o entran por la parte frontal o por la parte trasera en vez de impactar lateralmente.

Deben ser evitadas las curvas en el canal de entrada cercanas a la entrada del puerto debido a que el barco necesita un curso derecho sin complicaciones de manejo como las que ocurren en una curva. El ancho mínimo del canal depende del ancho máximo de los navíos que lo navegaran, la eslora y la

capacidad de maniobra del buque mas largo, la exactitud y la confiabilidad de las ayudas de navegación, la velocidad, el volumen y la naturaleza del trafico, la naturaleza, la intensidad y la variación de las corrientes en el canal, la habilidad y experiencia de los timoneles y pilotos, la profundidad y la curvatura del canal, además deberá tener la anchura suficiente para que los buques se rebasen.

Para la profundidad del canal es necesario tener un estimado de lo que será el barco de diseño, es decir el barco de mayor calado, que entrara al puerto totalmente cargado. Así como la estimación de factores del fondo del canal como las variaciones en los niveles de dragado y los efectos de limosidad después del dragado.

- **Círculo de maniobrabilidad:** En este caso se debe tomar en cuenta que el radio del área de este círculo debe ser, por lo menos, del doble de la eslora (longitud del barco) de la nave para permitir el libre giro o la vuelta con remolcadores si las condiciones de agua y viento lo permiten.
- **Muelles por tipo de carga (funcionalidad):** La funcionalidad del muelle depende del tráfico y tipo de carga que se transporta y pueden tener uno o más atracaderos para barcos. El tipo de atracadero se relaciona con la naturaleza del proceso de carga y descarga. Por ejemplo los muelles para contenedores deben estar lo mas cerca posible a las áreas de almacenamiento de manera de conseguir una carga y descarga de estos lo más eficientemente posible.
- **Área de terminales:** La funcionalidad del área dependerá del volumen de carga que se estima y la posibilidad de expansión en caso de aumentar la demanda. Debido a que muchas veces el área de almacenamiento se sobrediseña o al contrario, no es suficiente para el volumen estimado.

Quizás para este análisis preliminar en el que no se cuenta aun con información precisa se tomara mucho en cuenta la ubicación de las áreas de almacenamiento de acuerdo al tipo de carga donde por ejemplo se debe considerar que las cargas peligrosas deben estar en zonas aisladas con protecciones especiales o que los terminales de contenedores por ser los que mayor presión tienen debido a que son entregas con duraciones específicas, deben tener una ubicación preferencial en las conexiones tierra adentro.

- **Conexiones al interior:** En el caso de que el proyecto amerite construcción de conexiones al interior estas deben ser diseñadas de manera de satisfacer el mercado en el cual se enfoque el flujo de mercancía, con orientación a zonas de alta demanda e industrias relativas.

- **Impacto ambiental durante la construcción:** Entre los temas y factores a considerar en la evaluación de este criterio con una visión general por la falta de información precisa tenemos:
 - *Temas ambientales principales a tomar en cuenta:*
 - Cambio climático (su efecto es el calentamiento global y su impacto cambio del clima)
 - Acidificación (su efecto es la acidez del suelo y el impacto es el daño del mismo)
 - Sustancias toxicas (su efecto es la contaminación y su impacto es la extinción de las especies)
 - Eutroficación (su efecto es el crecimiento de las algas y su impacto es el desbalance de oxígeno)
 - Derroche (su efecto es el uso rápido y su impacto es el agotamiento)
 - Desecación o deshidratación (su efecto es la caída del nivel freático y su impacto es la extinción de especies de plantas)

- Disposición de desechos (su efecto son los rellenos de tierra o terraplenes y su impacto son las tierras contaminadas con desechos)
- Parcelamiento de tierras (su efecto es la separación de hábitat y su impacto es el decrecimiento del contacto entre especies)
- Molestia por ruido y olor (su efecto es estorbar un ambiente saludable para vivir y su impacto es en la salud pública)

- *Factores relativos al proyecto (construcción):*
 - General
 - Ambiente atmosférico
 - Ambiente acuático
 - Generación de desechos
 - Peligros
 - Social

- *Factores relativos a la ubicación*
 - Protección legal
 - Características generales
 - Características acuáticas
 - Paisaje y características visuales
 - Condiciones atmosféricas
 - Características históricas y culturales
 - Estabilidad del suelo
 - Ecología
 - Uso del terreno

- *Factores relativos al impacto*
 - Alteración en las tierras y propiedades
 - Erosión
 - Ambiente acuático

- Calidad del aire
- Condiciones atmosféricas
- Ecología
- Paisaje y aspecto visual
- Impactos relativos al tráfico
- Social y salud
- Otros

➤ *El análisis del criterio debe hacerse en base al impacto en los siguientes factores:*

- Población
- Fauna y flora
- Suelo
- Agua
- Aire y factores climáticos
- Activos materiales, incluyendo patrimonio arquitectónico y arqueológico
- Paisaje
- Interrelación entre estos factores

➤ *Componentes del proyecto que podrían causar un impacto ambiental:*

Ubicación y trabajos físicos:

- Ocupación del sitio y sus alrededores
- Demolición u ocupación de propiedad
- Estructuras subterráneas como túneles, excavaciones, trabajos de drenaje, etc.
- Estructuras superficiales como edificios, movimientos de tierra, cercados y otras estructuras
- Estructuras costa afuera
- Cambios en el uso del terreno

- Rutas de acceso
- Cierre, desvíos y reubicación de vías existentes

Fase de construcción:

- Sondeos y ensayos
- Preparación del sitio
- Movimientos de tierra incluyendo corte y relleno, túneles y excavaciones
- Represas, embalses, malecones, muros de contención, dragados
- Suministro de materiales, energía y agua
- Operación de plantas, movimiento de mano de obra y materiales
- Eliminación de desechos
- Eliminación de efluentes del sitio y escurrimientos
- Emisiones al aire de plantas y vehículos
- Generación de luz, calor, ruido u otra radiación
- Generación de polvo
- Uso de materiales peligrosos
- Ocupación temporal y acceso a sitios de trabajo
- Almacenamiento temporal
- Movimiento de vehículos dentro y fuera del sitio

➤ *Componentes ambientales que podrían ser afectados por el proyecto:*

Físicos:

- Geología y condiciones superficiales
- Suelos (calidad, cantidad y estabilidad)
- Recursos minerales y energéticos
- Recursos de agua superficial (calidad y cantidad)
- Recursos de aguas subterráneas (calidad y cantidad)
- Mares y océanos incluyendo aguas costeras y estuarios
- Climas

- Zonas pesqueras, de navegación, para usos recreacionales
- Calidad del aire

Tierras y uso de tierras:

- Uso de tierras (residenciales, comerciales, recreacionales, agricultura, espacio abierto, comunidad)
- Casas, jardines y otras propiedades

Recursos naturales:

- Hábitats y especies
- Biodiversidad, diversidad genética, productividad y suministro de nutrientes
- Insectos, organismos exóticos, enfermedades

Políticas y planes:

- Planes, políticas y programas de otras agencias

Población:

- Visibilidad
- Ruido y vibración
- Peligros humanos y ambientales
- Salud humana, bienestar, seguridad personal
- Cohesión de la comunidad e identidad
- Condiciones de tráfico
- Negocios (granjas, comercio e industria)
- Condiciones sociales (empleo, demografía, condiciones de alojamiento y economía local)
- Preocupaciones especiales (asociaciones culturales, instituciones sociales, etc.)

Patrimonio:

- Recursos arqueológicos, históricos y culturales (arquitectónicos)
- Paisajes

Infraestructura:

- Capacidad de la infraestructura (eliminación de desechos, colectores y tratamientos de cloacas, vialidades, energía, agua y telecomunicaciones)
- Utilidad pública (suministro de agua, líneas de transmisión, gasoductos, etc.)
- Instalaciones sensibles a la interferencia

- ***Impacto ambiental durante las operaciones:*** Entre los temas y factores a considerar en la evaluación de este criterio con una visión general por la falta de información precisa tenemos:

- *Temas ambientales principales a tomar en cuenta:* Los mismos nueve temas del punto uno del criterio de “impacto ambiental durante la construcción”.
- *Factores relativos al impacto:* Los mismos diez factores del punto cuatro del criterio de “impacto ambiental durante la construcción”.
- *El análisis del criterio debe hacerse en base al impacto en los siguientes factores:* Los mismos ocho factores del punto cinco del criterio de “impacto ambiental durante la construcción”.
- *Componentes del proyecto que podrían causar un impacto ambiental:*

Fase de operación:

- Operación de producción u otros procesos
- Suministro de materiales, energía y agua
- Combustión de equipos estacionarios y móviles
- Almacenamiento, manejo o transporte de materiales peligrosos
- Generación de residuos al aire, agua, suelos y sistemas de alcantarillado
- Generación de luz, calor, ruido, vibración y otras radiaciones
- Generación y eliminación de desechos
- Sobrantes de materiales y desechos peligrosos
- Uso de materiales peligrosos
- Accidentes como explosiones, emisiones, fuego o derrames
- Movimiento de vehículos dentro y fuera del sitio
- Operación de instalaciones auxiliares
- Empleo permanente
- Alojamiento e instalaciones para la fuerza laboral

Desalojo del Sitio:

- Desmantelamiento y demolición
- Desecho de materiales
- Limpieza del sitio
- Desmalezamiento del sitio
- Uso posterior del sitio

➤ *Componentes ambientales que podrían ser afectados por el proyecto:* Los mismos siete componentes del punto siete del criterio de “impacto ambiental durante la construcción”.

- ***Industrias relacionadas al puerto:*** Un puerto puede proveer espacio industrial para obtener ingresos adicionales. Estas actividades industriales

frecuentemente tienen relación con el flujo de carga, pueden ser desde reparación y construcción de barcos a suministros de productos costa afuera. Pero la razón de la cercanía al transporte marítimo podría ser la principal razón para ubicar una industria.

Se debe considerar la disponibilidad de áreas para zonas industriales de acuerdo al tipo de carga a transportarse. Dentro de este análisis para seleccionar la mejor ubicación y diseño se pueden considerar las industrias existentes cercanas al puerto y las posibilidades de construcción de industrias dentro de las áreas del puerto para aumentar el valor de este así como generar fuentes de empleo y beneficios por alquiler. Las industrias estarán relacionadas al tipo de carga tales como industrias de productos de cargas a granel (hierro, carbón, granos, fosfato, bauxita/alumina, azúcar, arroz, bentonita, yeso, madera en distintas formas, sal, pescados, etc.) así como industrias de productos químicos, alimentos, refinerías de petróleo, etc.

Estas industrias requieren de amplias áreas para el almacenamiento e infraestructura y son normalmente ubicadas en la periferia del puerto lejos de la carga general y terminales de pasajeros.

Para el caso específico de minerales, muchos de estos puertos se han construido en zonas remotas preferiblemente cercanos a las minas o yacimientos donde ha sido necesario llevar todos los equipos de construcción, mano de obra especializada y materiales requeridos para el trabajo. La construcción de estos terminales ha requerido la creación de ciudades completas con escuelas, hospitales, tiendas, etc., y la instalación de servicios básicos como energía eléctrica, suministro de agua y redes de cloacas. Igualmente requieren de equipos de minería y procesamiento, vías férreas o transporte por autopistas.

- **Otras industrias:** Otras industrias que podrían ubicarse dentro de un puerto son las de servicios comerciales y financieros incluyendo bancos. También plantas de generación de energía eléctrica lo cual favorecería la demanda del puerto y sus alrededores. Por lo que se recomienda tomar en cuenta las características de ubicación de las alternativas.
- **Costos de capital:** Se debe considerar los costos que representan el uso del capital para la ejecución y operación del proyecto. Seleccionando la opción que represente la menor pérdida de intereses por costo de capital. También se considera la depreciación de los elementos y equipos que conformaran el puerto.
- **Costos de mantenimiento:** Aunque posteriormente se hará un análisis de costo beneficio por ahora se puede estimar el costo de mantenimiento de algunos componentes del diseño como el canal de entrada y su mantenimiento consta de dragados contra la sedimentación.
- **Financiamiento:** Analizar las posibles fuentes de financiamiento para cada opción. Entre los ingresos de la autoridad de un puerto tenemos los subsidios del gobierno, los beneficios de las operaciones del puerto como contratos de arrendamiento o impuestos por contenedor y peajes.
- **Dragados (costos del trabajo):** Para la selección del diseño se debe tomar en cuenta el dragado que será necesario tanto para la creación de superficies como para obtener las profundidades requeridas en los distintos elementos que componen el puerto tales como el canal de entrada, la cuenca de maniobrabilidad, los atracaderos, entre otros. También se debe considerar que el dragado es una actividad de mantenimiento una vez que el puerto entre en operación por lo tanto este trabajo representa un impacto económico

significativo por su elevado costo, el cual es quizás el mas costoso dentro de la construcción de un puerto.

Estos costos de trabajos de dragados son frecuentemente determinados estimando tasas de producción por semana para varios tipos de equipos o varias piezas de equipos en una categoría (draga cortadora versus draga tolvadora de succión). Por lo tanto, se determina el costo del equipo por semana, lo que nos lleva a tener un precio unitario por m³ de material o precio total para un proyecto particular. El costo semanal por un equipo esta compuesto por los siguientes elementos: depreciación e intereses, mantenimiento y reparación, mano de obra, combustible y lubricantes, seguros, recargo por gastos generales de la compañía y recargo por beneficio y riesgos.

Al efectuar el estudio sobre el volumen a dragar se debe tomar en cuenta el balance que debe existir entre el corte y el relleno de manera de aprovechar al máximo el material y minimizar costos innecesarios. También se debe estudiar el tipo de suelo que conforma el lecho marino y sus estratos debido a que el dragado en roca es mucho más costoso que el dragado de materiales más suaves como arenas, lodos y limos. Igualmente se debe considerar que en caso de no requerir rellenos el material a desechar debe ser ubicado en una zona en la que no ocasione algún impacto ambiental.

Si se necesita el dragado de un puerto o canal, el material se mide generalmente en el lugar para determinar el costo del trabajo. Para determinar el costo se toman sondeos en secciones fijas. En general se especifica que el pago se hará por el material removido a un máximo de 0,60m. por debajo del fondo dragado necesario, pero debe removerse todo el material por lo menos hasta la profundidad especificada.

- **Rompeolas (costos de construcción):** Otro elemento que representa un alto costo en la construcción de puertos, el cual debe ser bien justificado a la hora de decidir el número, la longitud y el tipo, son los rompeolas. Su función es proporcionar seguridad a la navegación y proteger el puerto del efecto de las olas. A lo largo de la línea de costa aluvial el transporte litoral esta presente dentro de la zona de rompientes. Los rompeolas deben alcanzar las profundidades del agua de manera de evitar que el transporte de sedimentos se deposite dentro del canal de entrada.

El tipo de rompeolas ha ser usado esta determinado por la disponibilidad de materiales en el sitio, la profundidad del agua, las condiciones del lecho del mar debido a que representan las fundaciones de esta estructura, su función en el puerto y el equipo idóneo y disponible para su construcción. El lecho marino es quien tiene la reacción final contra la fuerza de las olas que impactan contra la estructura las cuales fueron colocadas para disipar la energía de las olas. La mayoría de los rompeolas son estructuras de gravedad que dependen de su peso para su estabilidad por lo tanto la profundidad del agua y las características del lecho marino son factores importantes en su diseño. Es muy difícil y costoso lograr una fundación sólida en un lecho marino de material suave.

La roca es uno de los materiales principales para la construcción de rompeolas por lo tanto su disponibilidad debe ser investigada. Además es necesario este estudio para determinar si es económicamente factible producir y suministrar suficiente roca al sitio así como es importante conocer su densidad y habilidad para triturarse en pedazos grandes ya que son factores importantes para su uso.

Otro detalle a ser considerado en esta etapa con respecto a la cantidad de rompeolas y su ubicación ocurre cuando el transporte litoral se lleva a cabo en

ambas direcciones a lo largo de la costa, en estos casos los rompeolas se necesitarían en ambos lados. Solo cuando el clima de olas es tal que el transporte litoral es unidireccional un rompeolas será suficiente.

La longitud de un rompeolas depende no solo de la extensión de la zona rompiente de aguas o la zona de quiebre sino que también de la magnitud del transporte litoral y de la correspondiente tasa de sedimentación en el rompeolas.

- **Muelles (costos de construcción):** En la construcción de muelles es necesario conocer las condiciones del suelo para saber que tan estable y factible es el diseño de estos. A veces su construcción puede incluir rellenos o cortes de material del lecho marino por lo que es importante analizar los costos involucrados en estos trabajos. Así como los rompeolas y los trabajos de dragados, la construcción de los muelles son quizás las tres actividades que representan el mayor costo por lo que se recomienda especial cuidado en su diseño.

El tipo de muelle más costoso es aquel denominado marginal el cual es un muelle conectado a lo largo de toda su longitud al área del terminal que se encuentra detrás de este. Por lo tanto este tipo de terminales permite movimientos de cargas tanto transversales como longitudinales hacia o desde las áreas de almacenamiento hacia toda la longitud del barco. Este es un prerrequisito para el manejo eficiente de todas las cargas que no son masa o volumen. Estos muelles marginales también son frecuentemente empleados para terminales de masa seca cuando son necesarias grúas torre o pórtico muy pesadas y tienen que desplazarse a lo largo del barco para trabajos de descarga.

El tipo de muelle más económico es aquel que tiene un solo punto de amarre, empleado para cargar y descargar petróleo o productos de petróleo en el mar abierto. Una tubería submarina conecta el punto de amarre con la costa.

Los barcos de volumen líquido cargan y descargan a través de tuberías. Estos generalmente tienen a la mitad de su longitud un múltiple que se conecta con las diferentes tuberías para que estas asimismo se conecten con mangueras o brazos de carga y descarga con la costa. Como consecuencia una plataforma simple y económica es suficiente para contener los brazos de carga en atracaderos diferentes y así absorber las fuerzas horizontales generadas por el barco.

En muchos lugares donde existen plantas industriales construidas junto al transporte acuático, el terreno puede ser bajo y palustre. En consecuencia es necesario rellenarlo. Este relleno se obtiene por medio de trabajos de dragado de la vía acuática adyacente, formando un canal navegable o puerto a lo largo de la propiedad. Para retener el terreno así formado, que tendrá ahora mucha mayor elevación a lo largo de la vía acuática, normalmente se instala un terraplén. Este, o parte de su longitud, pueden usarse como embarcadero para los barcos que atraquen si se agregan algunos complementos, pavimento e instalaciones para el manejo de carga y almacenamiento. Para este tipo de muelles se debe considerar el alto costo que representan los trabajos de dragados y determinar un aproximado del volumen a rellenar y el área de material para relleno disponible en las cercanías, así como la calidad de este.

Instrucciones para el uso de la herramienta

La siguiente herramienta en la tabla 1 se elaboro según la metodología del análisis multicriteria (AMC) debido a que es una herramienta que nos permite

seleccionar la mejor opción de acuerdo un numero de criterios de importancia relativos a lo deseado. En este caso se adapto la herramienta para poder seleccionar la mejor opción de diseño y ubicación de los primeros dibujos o planos de un proyecto de construcción o ampliación de puertos. Los criterios se dividen en primarios, secundarios y terciarios, estos fueron seleccionados luego de consultar diferentes fuentes bibliográficas relativas al tema. Los criterios primarios abarcan subcriterios relativos a diseño de puertos, operación de puertos, ingeniería portuaria, planificación física, impacto ambiental, desarrollo industrial y costos pero de manera preliminar.

Esta herramienta puede ser empleada para cualquier proyecto de construcción y ampliación de puertos para la selección de la mejor alternativa y para determinar fortalezas y debilidades de cada alternativa por criterio y así poder mejorar las mismas en la fase inicial de creación del plan maestro cuando aun no son costosas las modificaciones. A continuación se dan algunas instrucciones para el correcto uso de la herramienta:

- Los pesos por criterio, ya sean primarios, secundarios o terciarios, se asignan subjetivamente de acuerdo al evaluador o los evaluadores.
- La información disponible para cada criterio en el momento de la evaluación suele ser escasa o muy básica, en las evaluaciones siguientes irá aumentando en precisión.
- Puntuación del 1 al 5 donde:
1=Malo, 2=Regular, 3=Aceptable, 4=Bueno, 5=Muy bueno.
- P=Puntuación, R=Resultado

Puntuación: es la calificación del 1 al 5 asignada a cada criterio de acuerdo al análisis subjetivo del evaluador.

Resultado: es la multiplicación de la puntuación por el peso (%) para cada criterio y la sumatoria de todos estos resultados para una alternativa da la puntuación final. La alternativa con mayor puntuación es la mejor opción de diseño y ubicación.

- Colocar N/A en el espacio donde no aplica el criterio.

En la tabla 1 se puede observar la propuesta de diseño de la herramienta para la toma de decisiones de ubicación y diseño para proyectos de construcción de puertos.

Tabla 2. Herramienta para selección de mejor ubicación y diseño. *Diseño: El investigador (2006)*

Primarios	Peso %	Criterios				Ubicación 1						Ubicación 2						etc. etc. →	
		Secundarios	Peso %	Terciarios	Peso %	Diseño 1		Diseño 2		Diseño 3		Diseño 4		Diseño 5		Diseño 6			
						P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R		
Aspectos de diseño de un puerto		Aspectos nauticos		Espacio de maniobrabilidad															
				Control del tráfico															
				Seguridad náutica															
				Total secundario=															
		Aspectos hidráulicos		Influencia de las olas															
				Influencia de los barcos que trafican															
				Influencia de la corriente															
				Total secundario=															
		Uso del terreno		Impacto en el uso del terreno presente															
				Eficiencia en el uso del terreno															
				Disponibilidad de terrenos															
				Total secundario=															
		Flexibilidad		Ampliación futura															
				Cambios en la funcionabilidad															
				Adecuación															
				Total secundario=															
Seguridad		Posición de zonas peligrosas																	
		Posibilidad para limitar calamidades																	
		Total secundario=																	
		Total primario=																	
Aspectos de operación de puertos		Comunicación tierra adentro																	
		Comunicación al mar																	
		Área de tierra operativa																	
		Comodidad operativa																	
		Total primario=																	
Aspectos de ingeniería portuaria		Facilidad para construcción																	
		Condiciones físicas (datos del sitio)		Condiciones de olas															
				Corrientes y marea horizontal															
				Niveles de agua y marea vertical															
				Caudal del río															
				Condiciones meteorológicas (viento, lluvia, niebla, temperatura)															
		Características de los sedimentos y transporte																	
		Características del suelo y condiciones geotécnicas																	
		Condiciones sísmicas																	
		Total secundario=																	
		Tiempo de construcción																	
Funcionalidad de elementos	Canal de entrada																		
	Círculo de maniobrabilidad																		
	Muelles por tipo de cargo																		
	Área de terminales																		
	Conexiones al interior																		
Total secundario=																			
Total primario=																			
Planificación física		Planificación Urbana																	
		Total primario=																	
Impacto ambiental		Durante la construcción																	
		Durante las operaciones																	
		Total primario=																	
Desarrollo industrial (valor de tierra desarrollada)		Industrias relacionadas al puerto																	
		Otras industrias																	
		Total primario=																	
Costos (análisis preliminar)		Costos de capital																	
		Costos de mantenimiento																	
		Financiamiento																	
		Elementos de costo mayor		Dragados															
				Rompeolas															
				Muelles															
Total secundario=																			
Total primario=																			

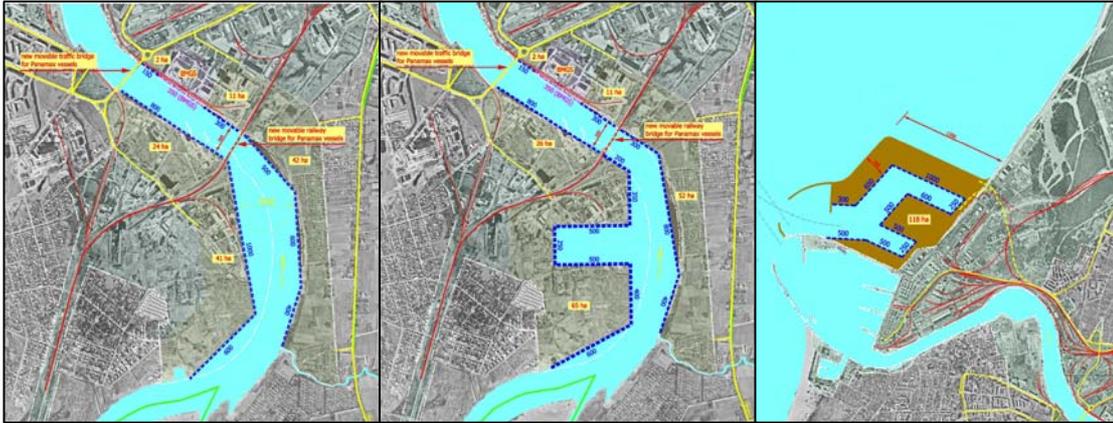
TOTALES= 100.0%

100.0%

PUNTUACIÓN FINAL=

Adaptación de la herramienta

En la figura 16 podemos observar 3 opciones de diseño para una ampliación de un puerto. El diseño 1 y 2 se encuentran en la misma ubicación mientras que el diseño 3 esta en una ubicación diferente.



Diseño 1 Ubicación 1

Diseño 2 Ubicación 1

Diseño 3 Ubicación 2

Figura 17. Opciones de diseño y ubicación de construcción de una ampliación de un puerto

Fuente: Witteveen+Bos/Tebodin (2005)

Tabla 3. Herramienta adaptada al caso. Diseño: El investigador (2006)

Primarios	Peso %	Criterios				Ubicación							
		Secundarios		Terciarios		Diseño 1		Diseño 2		Diseño 3			
		Peso %	Peso %	Peso %	Peso %	P	R	P	R	P	R		
Aspectos de diseño de un puerto	20.0%	Aspectos nauticos	4.0%	Espacio de maniobrabilidad	1.0%	5	0.05	5	0.05	4	0.04		
				Control del tráfico	2.0%	4	0.08	3	0.06	4	0.08		
				Seguridad náutica	1.0%	4	0.04	2	0.02	3	0.03		
				Total secundario=	4.0%		0.17		0.13		0.15		
		Aspectos hidráulicos	4.0%	Influencia de las olas	2.0%	3	0.06	3	0.06	3	0.06		
				Influencia de los barcos que trafican	1.0%	4	0.04	4	0.04	2	0.02		
				Influencia de la corriente	1.0%	2	0.02	3	0.03	3	0.03		
				Total secundario=	4.0%		0.12		0.13		0.11		
		Uso del terreno	4.0%	Impacto en el uso del terreno presente	1.5%	3	0.05	3	0.05	3	0.05		
				Eficiencia en el uso del terreno	1.5%	4	0.06	3	0.05	4	0.06		
				Disponibilidad de terrenos	1.0%	4	0.04	3	0.03	4	0.04		
				Total secundario=	4.0%		0.15		0.12		0.15		
		Flexibilidad	4.0%	Ampliación futura	2.0%	5	0.10	3	0.06	3	0.06		
				Cambios en la funcionabilidad	1.0%	4	0.04	2	0.02	2	0.02		
				Adecuación	1.0%	2	0.02	3	0.03	3	0.03		
				Total secundario=	4.0%		0.16		0.11		0.11		
		Seguridad	4.0%	Posición de zonas peligrosas	2.0%	4	0.08	4	0.08	2	0.04		
				Possibilidad para limitar calamidades	2.0%	3	0.06	4	0.08	1	0.02		
				Total secundario=	4.0%		0.14		0.16		0.06		
				Total primario=	20.0%		20.0%		0.74		0.65		0.58
		Aspectos de operación de puertos	10.0%	Comunicación tierra adentro	2.0%			4	0.08	4	0.08	2	0.04
				Comunicación al mar	2.0%			4	0.08	5	0.10	2	0.04
				Área de tierra operativa	3.0%			3	0.09	4	0.12	3	0.09
				Comodidad operativa	3.0%			3	0.09	3	0.09	2	0.06
Total primario=	10.0%						0.34		0.39		0.23		
Aspectos de ingeniería portuaria	15.0%	Facilidad para construcción	3.0%			4	0.12	2	0.06	1	0.03		
		Condiciones físicas (datos del sitio)	5.0%	Condiciones de olas	0.3%	5	0.02	1	0.00	1	0.00		
				Corrientes y marea horizontal	1.0%	4	0.04	2	0.02	2	0.02		
				Niveles de agua y marea vertical	1.0%	3	0.03	3	0.03	3	0.03		
				Caudal del río	N/A								
				Condiciones meteorológicas (viento, lluvia, niebla, temperatura)	1.0%	4	0.04	5	0.05	2	0.02		
				Características de los sedimentos y transporte	0.7%	3	0.02	3	0.02	2	0.01		
				Características del suelo y condiciones geotécnicas	0.5%	3	0.02	4	0.02	1	0.01		
				Condiciones sísmicas	0.5%	3	0.02	3	0.02	2	0.01		
		Total secundario=	5.0%				0.18		0.16		0.10		
		Tiempo de construcción	3.0%			3	0.09	2	0.06	1	0.03		
		Funcionalidad de elementos	4.0%	Canal de entrada	1.0%	4	0.04	3	0.03	2	0.02		
				Circulo de maniobrabilidad	1.0%	5	0.05	3	0.03	3	0.03		
Muelles por tipo de cargo	1.0%			4	0.04	2	0.02	3	0.03				
Área de terminales	0.5%			5	0.03	3	0.02	2	0.01				
Conexiones al interior	0.5%			5	0.03	4	0.02	3	0.02				
Total secundario=	4.0%				0.18		0.12		0.11				
Total primario=	15.0%				0.57		0.39		0.27				
Planificación física	5.0%	Planificación Urbana	5.0%			4	0.20	4	0.20	3	0.15		
		Total primario=	5.0%				0.20		0.20		0.15		
Impacto ambiental	20.0%	Durante la construcción	10.0%			3	0.30	3	0.30	4	0.40		
		Durante las operaciones	10.0%			3	0.30	3	0.30	3	0.30		
		Total primario=	20.0%				0.60		0.60		0.70		
Desarrollo industrial (valor de tierra desarrollada)	10.0%	Industrias relacionadas al puerto	7.0%			4	0.28	4	0.28	2	0.14		
		Otras industrias	3.0%			4	0.12	3	0.09	2	0.06		
		Total primario=	10.0%				0.40		0.37		0.20		
Costos (análisis preliminar)	20.0%	Costos de capital	3.0%			4	0.12	2	0.06	3	0.09		
		Costos de mantenimiento	4.0%			4	0.16	2	0.08	3	0.12		
		Financiamiento	4.0%			4	0.16	2	0.08	4	0.16		
		Elementos de costo mayor	9.0%	Dragados	3.0%	3	0.09	2	0.06	4	0.12		
				Rompeolas	3.0%	3	0.09	2	0.06	4	0.12		
				Muelles	3.0%	3	0.09	2	0.06	4	0.12		
				Total secundario=	9.0%				0.27		0.18		0.36
Total primario=	20.0%				0.71		0.40		0.73				
TOTALES=	100.0%					3.55		3.00		2.85			

CAPITULO 5

RESULTADOS DEL PROYECTO

Análisis de los Resultados

Al iniciar con un proyecto de diseño de un puerto se debe comenzar con la parte creativa la cual es la creación del diseño. De acuerdo a la necesidad del cliente y las estimaciones de envíos y flujo de carga se empezará a seleccionar diferentes ubicaciones así como se comenzará a dibujar de manera preliminar varias opciones de diseño. Estos diseños son diferentes soluciones a la necesidad planteada y serán realizados en base a guías y reglas formales de diseño. La ubicación juega un papel importante en la creación del diseño debido a las características naturales de este.

Adicionalmente para la creación de estas alternativas de diseño se tiene cierta información básica aun como la de datos de campo como oceanografía, geotecnia, datos de costas, así como información sobre aspectos de transporte para envíos, dimensiones básicas basadas en las estimaciones de flujo de carga y envíos, aspectos ambientales y de seguridad, aspectos de planificación nacional, regional y urbanos y aspectos sociales.

Una vez creadas las alternativas de diseño dentro de las diferentes opciones de ubicación se procederá a adaptar la herramienta propuesta. Para poder determinar la mejor opción se elaboró una herramienta que involucra una serie de criterios primarios tales como aspectos de diseño de un puerto, aspectos de operación de un puerto, aspectos de ingeniería portuaria, planificación física, impacto ambiental, desarrollo industrial y costos, los cuales se dividen a su vez en criterios más específicos como secundarios y terciarios.

El rango de puntuación va desde 1 a 5 en el que 1 es malo y 5 muy bueno. A cada criterio se le asigna un peso de acuerdo al análisis subjetivo del evaluador. Este peso se multiplica por el puntaje y nos dará un resultado para cada criterio.

Luego se efectúan sumatorias parciales en criterios primarios y secundarios para determinar fortalezas y debilidades específicas, luego se suma todo el resultado para cada opción lo que nos dará un total para cada una. Esta herramienta dará la mejor opción de diseño y ubicación entre varias alternativas propuestas. La opción ganadora es aquella que tiene mayor puntaje.

Dentro del proceso del plan maestro para la construcción de un puerto se efectúan varias evaluaciones de manera de que no quede duda de que se ha seleccionado la opción mas funcional y rentable. Por lo tanto al efectuar la primera evaluación se seleccionan las dos o tres alternativas mas prometedoras y se trabaja la ingeniería preliminar con mas detalle así como también los planes conceptuales, de manera de contar con información mas precisa para cada criterio en la segunda evaluación en la que se incluirán solo estas dos o tres opciones seleccionadas en la primera evaluación. De esta segunda evaluación quedara la opción más favorable de acuerdo a un amplio rango de criterios sociales, ambientales, técnicos, económicos y financieros.

CAPITULO 6

EVALUACION DEL PROYECTO

Para la selección de la mejor opción se desarrolló una herramienta en base a la metodología del Análisis Multicriteria (AMC). Los criterios fueron seleccionados de acuerdo a la consulta con ingenieros expertos en el área así como variada bibliografía especializada en el área de diseño y construcción de puertos.

Los criterios de importancia para la parte de diseño son los relativos a la parte de planificación como por ejemplo lo referentes a aspectos náuticos; espacio de maniobrabilidad, el control del tráfico, seguridad náutica, aspectos hidráulicos; influencia de los barcos que trafican, influencia de las olas (con el diseño existente), influencia de la corriente (con el diseño existente), uso del terreno; el impacto en el uso del terreno presente, eficiencia en el uso del terreno, flexibilidad; ampliación futura, cambios en la funcionalidad, adecuación, seguridad; posición de zonas peligrosas, posibilidad para limitar calamidades.

También hay criterios referentes a aspectos de operación de puertos como comunicación tierra adentro, comunicación al mar, área de tierra operativa, comodidad operativa; aspectos de ingeniería portuaria como facilidad para la construcción, tiempo de construcción, funcionalidad de elementos tales como el canal de entrada, círculo de maniobrabilidad, muelles por tipo de carga, área de terminales, conexiones al interior, así como criterios que relacionan el diseño y su impacto ambiental en su ubicación durante la construcción y operación.

Además se colocan criterios en los cuales se analizan las industrias relacionadas al puerto cercanas o que podrían operar en un futuro y otro tipo de industrias y aspectos relativos a costos aunque de una forma muy superficial y por aspectos que son fáciles de intuir con la poca información existente para el momento de estas evaluaciones en donde la información aun no es tan precisa, como por ejemplo para los trabajos que representan mayor costo como lo son los dragados, construcción de rompeolas y muelles así como la estimación de los costos de mantenimiento, el factor económico se estudiara mas a fondo durante el análisis costo beneficio para el cual ya existirá investigaciones más detalladas del sitio y optimización de los detalles náuticos, hidráulicos y costos para posteriormente elaborar el costo detallado del plan maestro.

Entre los criterios relativos a la ubicación específicamente se estudian los referentes a disponibilidad de terrenos para cada ubicación, condiciones físicas (datos del sitio); condiciones de olas, corrientes y mareas horizontales, niveles de agua y marea vertical, caudal del río, condiciones meteorológicas (viento, lluvia, niebla, temperatura), características de los sedimentos y transporte, características del suelo y condiciones geotécnicas, condiciones sísmicas y aspectos de la planificación urbana para cada opción.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La herramienta propuesta es adaptada debido a que todos los criterios de evaluación son relativos al diseño y ubicación de un puerto y es una herramienta estandarizada debido a que se puede aplicar en cualquier tipo de proyecto de construcción o ampliación de puertos ya que casi todos son criterios aplicables en este tipo de proyectos y en caso de que alguno no aplique simplemente se excluye en la asignación del peso especificándose que no aplica.

El diseñador de puertos debe comenzar un proyecto sin disponer de mucha información debido a que muchos de estos datos requieren de extensivos períodos de medición de manera de determinar los parámetros de diseño con suficiente precisión. Por lo tanto, en esta herramienta propuesta se emplea la información disponible para el momento inicial de la fase de diseño de manera de poder tener una base de datos general no tan precisa, para poder analizar en conjunto con la experiencia del evaluador o el grupo de evaluadores y así poder dar un puntaje en base a la escala del 1 al 5 para cada criterio de ubicación y diseño, los cuales han sido seleccionados tratando de cubrir todas las áreas de importancia que impactan sobre la decisión de determinar la mejor ubicación y diseño para un proyecto de construcción o ampliación de puertos.

La selección de la mejor alternativa se logra con la asignación de pesos para cada uno de estos criterios incluidos en la herramienta propuesta, estos pesos se asignan de manera subjetiva al igual que los puntajes para luego multiplicarlos y tener un resultado para cada criterio y un resultado total para cada

alternativa así como también se obtienen resultados de sumatorias parciales para criterios secundarios y terciarios.

Se pueden mejorar los diseños y ubicaciones para cada opción ya que la herramienta permite identificar los puntajes para criterios primarios, secundarios y terciarios de manera de poder determinar los que representan debilidades o fortalezas para la funcionalidad y rentabilidad del puerto.

Esta herramienta permite optimizar la selección en este punto inicial de la fase de diseño en la cual aun no son tan costosas las modificaciones o alteraciones del proyecto así como correcciones en el funcionamiento y logística del manejo de carga en el puerto, mejoras en los sistemas de protección entre otros, en comparación a un nivel mas avanzado de la fase del diseño incluso ejecución u operación del puerto, momentos en los cuales las perdidas pueden ser grandes por fallas en la correcta selección de la mejor opción en la fase inicial de diseño.

Los objetivos propuestos fueron logrados ya que se seleccionó y explicó un variado grupo de criterios relativos a ubicación y diseño, estos fueron elegidos luego de consultar con diferentes fuentes de información especializada en el área de ingeniería portuaria y se trato de seleccionar un grupo no tan numeroso pero que abarque las áreas mas importantes involucradas dentro de la fase de diseño de un proyecto de esta magnitud. Para los criterios relativos a ubicación se tomaron en cuenta temas como disponibilidad de terrenos, condiciones de olas, corrientes y marea horizontal, niveles de agua y marea vertical, caudal del río, condiciones meteorológicas (viento, lluvia, niebla, temperatura), características de los sedimentos y transporte, características del suelo y condiciones geotécnicas, condiciones sísmicas y planificación urbana.

Entre los criterios que impactan en el diseño se seleccionaron y explicaron los relativos a espacio de maniobrabilidad, control del tráfico, seguridad náutica, influencia de las olas, influencia de los barcos que transitan, influencia de la corriente, impacto en el uso del terreno presente, eficiencia en el uso del terreno, ampliación futura, cambios en la funcionalidad, adecuación, posición de zonas peligrosas, posibilidad para limitar, calamidades, comunicación tierra adentro, comunicación al mar, área de tierra operativa, comodidad operativa, facilidad para construcción, tiempo de construcción, canal de entrada, círculo de maniobrabilidad, muelles por tipo de carga (funcionalidad), área de terminales, conexiones al interior, impacto ambiental durante la construcción, impacto ambiental durante las operaciones, industrias relacionadas al puerto, otras industrias, costos de capital, costos de mantenimiento, financiamiento y costos de construcción por dragados (costos del trabajo), rompeolas, y muelles debido a que generalmente son los de mayor peso económico.

Luego de determinar los criterios para ubicación y diseño se conceptualizó la herramienta adaptándola a este tipo de proyectos y estandarizándola para su uso en cualquier obra de construcción o ampliación de puertos, empleándose la metodología del Análisis Multicriteria (AMC). Se cumplió con el objetivo general dejando la herramienta propuesta en su forma básica (tabla 1), sin los datos que asigna el evaluador o grupo de evaluadores de manera subjetiva y se colocó el mismo cuadro con puntuaciones (tabla 2) de manera de tener dos versiones, una sin valores y otra con valores de peso y puntuaciones para facilitar el entendimiento del lector.

Recomendaciones

1. Se recomienda que el evaluador sea una persona con amplia experiencia en el diseño y la construcción de puertos debido a que la asignación de los pesos se

asigna subjetivamente y la puntuación debe ser colocada por conocedores del área.

2. Se recomienda efectuar una primera evaluación empleando esta herramienta propuesta para seleccionar las dos o tres alternativas más prometedoras para luego elaborar con más precisión la ingeniería preliminar y los planes conceptuales.
3. Se recomienda analizar las puntuaciones particulares para los criterios primarios, secundarios y terciarios de manera de poder ver la fortaleza y debilidad entre cada alternativa y poder mejorar los criterios de baja calificación para optimizar el diseño seleccionado.
4. Las decisiones se pueden tomar por uno o varios evaluadores y la herramienta puede ser empleada tanto por el cliente como por la contratista tanto como para selección como para confirmar o comparar la selección ganadora.
5. La herramienta puede ser usada tanto para proyectos de construcción de puertos como para ampliaciones de puertos en el cual se debe seleccionar la mejor opción para ampliación.
6. Antes de efectuar la evaluación se recomienda obtener la mayor cantidad de datos posibles disponibles para cada criterio de manera que el resultado sea el mas preciso considerando que por el tiempo quizás mucha información no sea la esperada o tal vez no este disponible aun.

BIBLIOGRAFÍA

DeF. Quinn Alonzo. (1972). “**Design & Construction of Ports & Marine Structures**”. (2nd Ed.). U.S.A. Mc Graw Hill Editores.

Del Rosario, Z. y Peñaloza, S. (2005). “**Guía para la elaboración formal de reportes de investigación**”. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas.

Dirk C. Roukema. M.S.c. (2005). “**Lecture on Ports and Shipping**”. Ponencia presentada en el curso de especialización de “Harbour Management and Coastal Engineering” en Holanda. University of Hanze (Hanzehogeschool) Groningen.

E.P.W. de Beer (1999). “**Environmental Impact Assessment Reader**”. Groningen, The Netherlands. Hanzehogeschool Groningen.

Frederick S. Merritt. (1997). “**Manual del Ingeniero Civil Tomo IV**”. (3era ed.). U.S.A. Mc Graw Hill Editores.

Guzman Quevedo Pedro J. (1987). “**Derrotero de los Puertos, Costas e Islas de Venezuela**”. (3era. Ed.) Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Venezuela.

Hernández, R., Fernández, C y Baptista L. (1998). “**Metodología de la Investigación**”. Colombia. McGraw Hill Interamericana S. A.

H. Ligteringen (2001) “**Ports and Terminals**”. Delft, The Netherlands. Delft University of Technology.

K. d'Angremond, ir. E.T.J.M. Pluim-Van der Velden (2001) “**Introduction Coastal Engineering**”. Delft, The Netherlands. Delft University of Technology.

NERA (National Economic Research Associates). (2001). “**DTLR Multi-Criteria Analysis Manual**”. London, U.K.

PIANC-IAPH with cooperation of IMPA and IALA. (1997). “**Approach Channels A Guide for Design**”.

Project Management Institute, INC. (2004). “**Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. (Guía del PMBOK®)**”. (3a ed.). Pennsylvania: Autor.

Sabino, C. (1992): “**El proceso de Investigación**”. Caracas. Editorial Panapo.

W.J. Benjaminse. (1999). “**Reader Civil Engineering**”. Groningen, The Netherlands. Hanzehogeschool Groningen.

Witteveen+Bos/Tebodin. (2005). “**Future Expansion of Ventspils Port, Free Port**”. Ponencia presentada en el curso de especialización de “Harbour Management and Coastal Engineering” en Holanda. University of Hanze (Hanzehogeschool) Groningen.

Referencias electrónicas:

“**Cola de Camiones de Contenedores**”. (2006). Disponible en [<http://www.bbcmundo.com>]; consulta realizada en Abril 2006.

“**Mapa de Capitanías de Puertos en Venezuela**” (2006). Disponible en [<http://www.inea.gov.ve>]; consulta realizada en Abril 2006.

Msc. D.C.C. van der Breggen. (2002). “**Multi Criteria Analysis (MCA): an aid in weighing interests**”. Disponible en [<http://www.minvenw.nl/rws/dzh/bagger/>]

[archieff/ speciaal_extra/multicriteria.html](#)] (in Dutch); consulta realizada en Abril 2006.

“Opciones de expansión en Puerto Cabello”. (2006). Disponible en [<http://www.ipapc.gov.ve/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Plan de contingencia”. (2006). Disponible en [<http://www.infraestructura.gov.ve/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Plan de rieles en Oriente” (2006). Disponible en [<http://es.wikipedia.org/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Plano general actual del Puerto Cabello”. (2006). Disponible en [<http://www.ipapc.gov.ve/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Proyecto de nueva vía que facilitara el comercio entre el Puerto y capital”. (2006). Disponible en [<http://www.infraestructura.gov.ve/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Puerto Cabello”. (2006). Disponible en [<http://www.puertodemaracaibo.com/plano.html>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Puerto de Maracaibo”. (2006). Disponible en [<http://www.puertodemaracaibo.com/plano.html>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Tsunami en Phuket, Tailandia” (2005). Disponible en [<http://www.bbcmundo.com/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Viaducto 1”. (2006). Disponible en [<http://www.bbcmundo.com/>]; consulta realizada en Abril 2006.

“Vista Satelital del Puerto La Guaira y su proximidad a Caracas”. (2006).

Disponible en [<http://earth.google.com>]; consulta realizada en Abril 2006.

ANEXOS

Anexo 1.

Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos e Insulares (INEA).

El INEA es la institución que actualmente se encarga de llevar a cabo los proyectos de puertos nacionales y sus ampliaciones.

Breve Historia

Con la finalidad de modernizar la Administración del sector acuático nacional y asegurar un crecimiento sostenible en el mismo, se creó el Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos e Insulares (INEA) - Antigua Dirección General de Transporte Acuático adscrita a MINFRA.

El INEA es un organismo dotado de personalidad jurídica, autónomo y con patrimonio propio, adscrito al (MINFRA). El INEA, es el responsable de planear, organizar y controlar las operaciones de buques, el transporte por agua, bienes y personas, la marina deportiva, de pesca, de turismo, recreativa, de investigación, de servicios y otras actividades conexas con el sector acuático nacional. Para el desarrollo de este trabajo cuenta con las Capitanías de Puerto, las cuales deben ejecutar las políticas y directrices emanadas del Estado.

Misión

Ser órgano ejecutor de la Política acuática del Estado, garantizando el eficiente ejercicio de la administración acuática, como responsable del cumplimiento de las políticas nacionales, convenios y acuerdos internacionales en materia de navegación y régimen portuario, mediante la planificación, organización

y control de las actuaciones que se realicen en el espacio acuático, a fin de coadyuvar al desarrollo armónico y sustentable del sector.

Capitanías de Puerto

La Capitanía de Puerto, es una unidad organizativa que forma parte del nivel de ejecución del Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos e Insulares (INEA). Le corresponde la dirección, coordinación, administración y control de las operaciones desarrolladas por el INEA, en la circunscripción acuática que le corresponde.



Figura 18. Mapa de Capitanías de Puertos en Venezuela

Fuente: [http:// www.inea.gov.ve](http://www.inea.gov.ve) (2006)

Objetivo

Dirigir, coordinar, administrar y controlar el desarrollo funcional y operativo de la Capitanía de Puerto, de conformidad con lo establecido en el Artículo 13 de la Ley General de Marinas y Actividades Conexas.