

125  
341



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

GUIA METODOLOGICA PARA LA ELABORACION  
DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
EN PUERTOS

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
ZENTENO MOJICA JAVIER ENRIQUE

ASESOR: M. EN I. JOAQUIN REBUERTA GUTIERREZ

MEXICO, D. F.

JULIO 1997



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-132/96

Señor  
**JAVIER ENRIQUE ZENTENO MOJICA**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M. en S. JOAQUIN REBUELTA GUTIERREZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

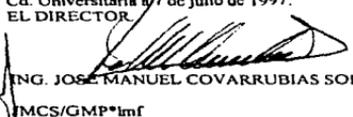
**"GUIA METODOLOGICA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN PUERTOS"**

- I. INTRODUCCION
- II. GENERALIDADES DEL IMPACTO AMBIENTAL
- III. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO PORTUARIO
- IV. DEFINICION DE LA SITUACION PREOPERACIONAL DE UN PUERTO
- V. IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES EN PUERTOS
- V. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS EN LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria 67 de julio de 1997.  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

IMCS/GMP\*lmf

**A mi madre Yolanda porque gracias a su ejemplo encontré el camino de la vida.**

**A Verónica y Carla por todo el impulso y apoyo que me han brindado.**

**A mis tíos Bertha y Adrián porque nunca encontraré manera de agradecerles.**

**A Gustavo, Agustín, Jorge, Hugo, Víctor y José María, mil gracias amigos.**

**A Eva por estar conmigo.**

**Al M. en I. Joaquín Rehuella Gutiérrez por su valiosa ayuda en la realización de este trabajo.**

**A la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. por contribuir a la formación de Ingenieros y brindarme la oportunidad de ser universitario.**

**Gracias... A Dios.**

**Javier Enrique Zenteno Mójica  
México, D.F. Julio de 1997**

# GUIA METODOLOGICA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN PUERTOS

<b>Introducción</b>	<b>..... 6</b>
<b>1. Generalidades del impacto ambiental.</b>	<b>.....10</b>
1.1 Conceptos basicos	
1.2 Los estudios de impacto ambiental en puertos	
1.3 Ambito del proyecto	
1.4 Ambito del medio afectado	
<b>2. Descripción general del proyecto portuario.</b>	<b>.....18</b>
2.1 Proceso de planeación portuaria y su descripción	
2.2 Descripción general de la infraestructura	
2.3 Estudios técnicos necesarios en la generación de un proyecto portuario	
2.3.1 Estudios de morfología costera, acarreo de litorales y mecánica de suelos	
2.3.2 Estudio de vientos	
2.3.3 Estudio de oleajes, mareas y corrientes	
2.3.4 Estudio de dragado de acceso y refugio de embarcaciones	
2.3.5 Estudio de accesos carreteros y servicios de transporte	
2.4 Descripción de las obras a realizar	
2.4.1 Programa de obra	
2.4.2 Programa de maquinaria y equipo	
2.4.3 Medidas y acciones en la realización de la obra	
2.5 Actividades inducidas o asociadas	
<b>3. Definición de la situación preoperacional de un puerto.</b>	<b>.....40</b>
3.1 Conceptos básicos	
3.2 El medio físico	
3.2.1 Clima	
3.2.1.1 Factores climáticos	
3.2.1.2 Elementos climáticos	
3.2.2 Calidad del aire	
3.2.3 Emisiones energéticas : ruidos	
3.2.4 Hidrología	
3.2.5 Calidad del agua	
3.2.6 Suelo	
3.2.7 Configuración física de las playas	
3.2.7.1 Islas	
3.2.7.2 Arrecifes	
3.2.7.3 Corales	
3.2.7.4 Barras	

- 3.2.7.5 Tómbolos
- 3.2.8 Mareas y corrientes marinas.
- 3.2.9 Oleaje
- 3.3 El medio ambiente biológico
  - 3.3.1 Flora
  - 3.3.2 Fauna
- 3.4 Aspectos socioeconómicos y estéticos.
  - 3.4.1 Demografía
  - 3.4.2 Empleos
  - 3.4.3 Vialidades
  - 3.4.4 Paisaje
  - 3.4.5 Turismo

#### **4. Identificación de impactos ambientales en puertos.**

.....56

- 4.1 Conceptos básicos
- 4.2 Identificación de alteraciones : medio físico
  - 4.2.1 Clima
  - 4.2.2 Calidad del aire
  - 4.2.3 Emisiones energéticas : ruidos
  - 4.2.4 Hidrología
  - 4.2.5 Calidad del agua
  - 4.2.6 Suelo
  - 4.2.7 Configuración física de las playas
    - 4.2.7.1 Islas
    - 4.2.7.2 Arrecifes
    - 4.2.7.3 Corales
    - 4.2.7.4 Barras
    - 4.2.7.5 Tómbolos
  - 4.2.8 Mareas y corrientes marinas
  - 4.2.9 Oleaje
- 4.3 Identificación de alteraciones : medio ambiente biológico
  - 4.3.1 Flora
  - 4.3.2 Fauna
- 4.4 Descripción de alteraciones : medio ambiente socioeconómico y estético
  - 4.4.1 Demografía
  - 4.4.2 Empleos
  - 4.4.3 Vialidades
  - 4.4.4 Paisaje
  - 4.4.5 Turismo
- 4.5 Indicadores de impactos
  - 4.5.1 Lista orientativa de indicadores de impactos
- 4.6 Criterios y metodologías de evaluación
  - 4.6.1 Criterios
  - 4.6.2 Métodos de evaluación
  - 4.6.3 Matrices de identificación de impactos ambientales

<b>5. Medidas preventivas y correctivas en los impactos ambientales.</b>	<b>.....84</b>
5.1 Conceptos basicos	
5.2 Descripcion de las medidas correctivas	
5.3 Impactos residuales	
5.4 Plan de contingencia	
5.5 Programa de vigilancia y control	
<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>.....90</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>.....93</b>

# Introducción

## **INTRODUCCION.**

A finales del presente siglo la Ingeniería Portuaria en nuestro país continúa en desarrollo a medida que formamos parte de uno de los bloques comerciales más grandes e importantes del mundo, por ello y con el objeto de ser un país competitivo en el ámbito mundial es necesario continuar con el desarrollo de nueva tecnología y metodología que nos permita mantener nuestros sistemas portuarios en condiciones óptimas de operación.

Actualmente son pocos los estudios de impacto ambiental en materia de Ingeniería Portuaria existentes, ya que el incorporar aspectos de situación y comunicación, atractivos naturales y escénicos, factores climáticos y biológicos y en general todos los que intervienen en el sistema a una metodología resulta por demás complejo dada la diversidad de elementos y por ser estos diferentes según la instalación portuaria.

Los ecosistemas naturales sufren un proceso de deterioro generado por las alteraciones provocadas por diversas actividades económicas y sociales. Debido a la falta de planeación, conservación y regeneración los recursos naturales ubicados en una zona portuaria acusan daños progresivos cada vez más costosos en términos económicos y ambientales. Las fuerzas conservadoras de la calidad de los diversos recursos del medio ambiente resultan impotentes para equilibrar los fuertes cambios que se presentan, por lo que muchas veces el proceso de explotación de un puerto no alcanza un equilibrio óptimo.

Por lo anterior se hace evidente la necesidad de contar con una metodología que proporcione a la Ingeniería Portuaria la posibilidad de contar con un medio ambiente de óptima calidad para así garantizar un desarrollo portuario sostenible.

En el capítulo I se definen algunos aspectos importantes dentro del entorno de impacto ambiental, tales como diferenciar conceptos como estudio de impacto ambiental y declaración de impacto ambiental, también se definen las diversas etapas que conforman los estudios de impacto ambiental, con el objeto de entender el objetivo de los mismos. Se pretende introducir como ámbito del proyecto la definición de sistemas portuarios y los tipos

de sistemas portuarios con el objeto de identificar adecuadamente la infraestructura portuaria para lograr un óptimo entendimiento de las consideraciones a seguir para la realización de estudios de impacto ambiental, finalmente el capítulo identifica como ámbito del medio afectado algunos parámetros pertenecientes al medio físico, biológico y socioeconómico y estético.

Se debe tener una amplia visión de lo que es el proyecto portuario, por lo que el capítulo II aborda conceptos tales como el proceso de planeación portuaria, la descripción general de la infraestructura, los estudios técnicos necesarios para generar el proyecto y menciona brevemente algunas de las obras a realizar. Los conceptos anteriormente mencionados integran y describen el entorno general del proyecto portuario, por lo que su correcta definición será fundamental para que las instalaciones portuarias y en general el proyecto tengan un desarrollo adecuado.

En los estudios de impacto ambiental en Ingeniería Portuaria es importante definir la situación del entorno con el objeto de tener una clara visión de la posible afectación al medio, es decir, conocer el medio antes del impacto para que cuando este ocurra sea posible su cuantificación y la determinación de su reversibilidad por ello, el capítulo III propone definir la situación preoperacional de un puerto basándose en el medio físico, el medio ambiente biológico, el medio socioeconómico y algunos de los elementos que los integran.

El capítulo IV define como se van a presentar los impactos en los medios anteriormente mencionados, además de proporcionar una lista orientativa de los indicadores de impactos y sus criterios y metodologías de evaluación. Como principal método se incluye una matriz de identificación de impactos ambientales proporcionada por la Coordinación General de Protección Ecológica y Mejoramiento Ambiental y complementada en esta revisión, misma que pretende tomar en cuenta un considerable número de elementos de posible impacto para su identificación.

En el capítulo V se mencionan brevemente las medidas correctivas para los impactos ambientales presentados y se propone la creación de un plan de contingencia útil en la prevención de impactos ocasionados por la presentación de eventos extraordinarios.

Es importante mencionar que un estudio de impacto ambiental en puertos puede ser tan complejo como se desea, por ello siempre será total responsabilidad del Ingeniero la complejidad y el número de variables del medio ambiente que el estudio tenga en función, por supuesto, de las características del puerto.

Finalmente se hace evidente que los pasos a seguir para la realización óptima de un proyecto portuario son básicamente la planeación, construcción y operación de actividades a través de equipos humanos interdisciplinarios que contemplan no solo aspectos económicos, técnicos y sociales sino que proporcionen a la variable ambiental una elevada jerarquía.

## Capítulo I

# Generalidades del impacto ambiental

## CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL IMPACTO AMBIENTAL.

### 1.1 Conceptos básicos.

El principal objetivo de una evaluación de impacto ambiental es informar y vaticinar los efectos que un determinado proyecto puede ocasionar al entorno del mismo ; lo anterior nos conduce a revelar que la correcta evaluación de impacto ambiental está totalmente ligada a la toma de decisiones sobre la conveniencia o no de un proyecto concreto.

Dentro del entorno de impacto ambiental, es importante diferenciar dos conceptos :

*Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.):* Son los trabajos encaminados a predecir las consecuencias de la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente y establecer medidas correctoras. El Estudio de Impacto Ambiental básicamente incluye los siguientes parámetros :

- Descripción del entorno del proyecto
- Situación preoperacional del medio que puede ser afectado
- Definición y valoración de las alteraciones que pueden producirse
- Medidas correctoras (de mitigación)
- Programa de vigilancia y recuperación
- Especificación de impactos residuales

*Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A.):* Es el resultado del procedimiento administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental, emitido por el órgano ambiental correspondiente, una vez revisado el E.I.A. y analizado los resultados del proceso de participación pública y el proyecto objeto de la evaluación.

Es posible concluir que el Estudio de Impacto Ambiental constituye el entorno al cual se adapta el proceso de la evaluación de impacto ambiental, mientras que la Declaración de Impacto Ambiental además de recoger los resultados del estudio, se encarga de hacer lo mismo con las observaciones del proceso de participación pública y el proyecto objeto de la evaluación.

### 1.2 Los estudios de impacto ambiental en puertos.

Para conocer el objetivo de los Estudios de Impacto Ambiental es conveniente definir las diversas etapas que lo conforman, de manera tal, que sea entendible y justificable la realización de los mismos.

- La primera etapa consiste básicamente en identificar y predecir las alteraciones que se producen con motivo del proyecto. Esta etapa consiste en el análisis y estudio del proyecto así como de las acciones capaces de producir impactos en los puertos (p.e. : dragado, tráfico marítimo previsto, emisiones de contaminantes al agua, etc.); por otra parte esta etapa contempla la definición de la situación preoperacional del entorno, es decir, se estudia el medio físico, biológico, socioeconómico y estético en el que se desarrollará el proyecto con el objeto de determinar los elementos de cada medio que son susceptibles a alterarse, realizar un intervalo de estos elementos y valorar éste inventario. Finalmente es necesario enfrentar la información proporcionada por el análisis del proyecto y el estudio de la situación preoperacional, de manera tal, que al conocer los impactos que pueden presentarse con motivo del proyecto y conocer el medio existente antes de la ejecución del mismo, sea posible identificar y predecir las alteraciones que pueden presentarse en el medio durante la ejecución del proyecto.
- En la segunda etapa se pretende la valoración de los impactos, en esta etapa es posible que algunos métodos de evaluación incluyan una ponderación previa del impacto.

- En la etapa final se determina la definición de medidas correctoras, los impactos residuales que tienen lugar después de aplicarlas, un programa de vigilancia para controlar la magnitud de las alteraciones registradas ; y en caso de que sean necesarios, los estudios complementarios, así como el plan de abandono y recuperación.

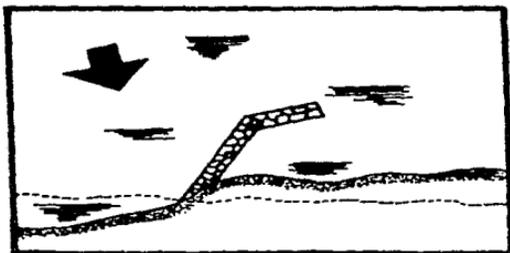
Los Estudios de Impacto Ambiental en puertos se adaptan adecuadamente a las etapas anteriormente expuestas, sin embargo, el plan de abandono y recuperación tiene poca importancia, dado que el abandono de un puerto es difícil de fijar a priori y en general si se produce, será en un período de tiempo largo.

Es importante señalar que los Estudios de Impacto Ambiental poseen casuística propia, es decir, son diferentes entre sí debido a que cada proyecto y el medio físico-social que rodea al mismo es diferente. Sin embargo es posible encontrar problemas comunes entre los puertos, mismos que los distinguen en parte de otros proyectos y por tanto de sus Estudios de Impacto Ambiental, estos problemas pueden resumirse en los siguientes aspectos :

- Ruidos : Las instalaciones portuarias son generadoras de emisiones sonoras de diversos tipos y magnitudes. Al encontrar instalaciones portuarias en zonas urbanas ó núcleos de población, se puede suponer un aumento en los niveles de ruido, dando como resultado la generación de un impacto importante.
- Derrame de combustibles : En la fase operacional de un puerto se deben tomar en cuenta los derrames de combustibles al mar, ya que la acción directa de estos puede provocar severos impactos en la flora y fauna marina.  
Efecto barrera : Se entiende por efecto barrera a la existencia de una estructura que provoca reducción de la permeabilidad de paso entre las zonas intersectadas. El efecto del corte repercute en los elementos móviles del sistema.  
Un ejemplo claro de efecto barrera puede obtenerse como resultado de la alteración en la configuración de las playas al verse intersectadas por un rompeolas. Ver *figura 1.1.*



(A.)



(B.)

Figura I.1

- A) Configuración de una playa indicando la dirección dominante de la corriente.
- B) Configuración de una playa después de construir un rompeolas.

- **Efectos inducidos** : Generalmente una zona portuaria origina un desarrollo regional ó local , por lo que necesaria la construcción de nueva infraestructura y edificaciones, considerando así los efectos que esta nuevas obras producen.
- **Efectos biológicos** : La construcción de una instalación portuaria y la operación de la misma suponen un cambio específico en el medio ambiente biológico, es posible de esta manera encontrar diversos efectos tales como desaparición de comunidades animales y vegetales, migración de especies, etc.

Los impactos generados por la construcción de infraestructura portuaria se describen con más detalle en los capítulos subsecuentes.

### 1.3 Ambito del proyecto.

En el caso de los sistemas portuarios la definición del ámbito del proyecto la podemos ajustar a dos parámetros esenciales : Definición de sistemas portuarios y tipos de sistemas portuarios.

Un sistema portuario puede definirse como un conjunto de elementos interrelacionados, cada uno con una o varias funciones con el objetivo común de participar en el desarrollo y aprovechamiento del litoral de una región o de un país, además de participar en la vinculación entre los transportes marítimos y terrestres.

Es importante apreciar que sistema portuario y puerto son dos conceptos diferentes ; el puerto es parte integral del sistema y su función es establecer un punto de liga entre los transportes marítimos y terrestres, delimitando la zona de frontera entre tierra y agua. La *figura 1.2* muestra un corte esquemático de las principales zonas de un puerto.

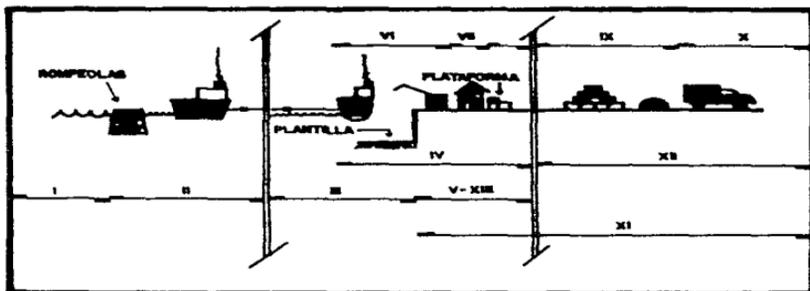


Figura I.2

*Corte esquemático de zonas y funciones de un Puerto.*

- I. Zona marítima
- II. Zona de entradas, maniobras y fondeo
- III. Dársenas y operaciones portuarias
- IV. Zona de operaciones portuarias
- V. Zona de operaciones terrestres
- VI. Zona de carga y descarga
- VII. Zona de carga y descarga con grúa en bodegas y almacenes
- VIII. Bodegas y almacenes temporales
- IX. Patios de carga negra (carga a la intemperie)
- X. Zona de evacuación
- XI. Zona terrestre
- XII. Zona complementaria de enlaces
- XIII. Zona franca (se permite todo tipo de carga, misma que no puede salir de la zona)
- XIV. Zona de bodegas y almacenes

Los sistemas portuarios pueden clasificarse en tres grandes grupos, mismos que a continuación se mencionan y explican brevemente.

- Sistema portuario general o comercial : Los sistemas portuarios de éste tipo tienen como prioridad cumplir como enlace y regulación de determinados volúmenes y tipos de carga, es decir, se encargan de dar continuidad al transporte de carga, conectándolo de un origen-destino por vía marítima, hacia un destino-origen por vía terrestre. El tamaño de las instalaciones estará condicionado con los volúmenes y tipos de carga que participen en el enlace y regulación. Es evidente que la eficiencia de éste sistema quedará determinada en función de la velocidad a la que se lleve a cabo el enlace.
- Sistemas portuarios especializados : La característica distintiva de estos sistemas es que el flujo de carga se realiza en una sola dirección, es decir, el puerto se convierte en punto de embarque ó terminal y no en un punto intermedio entre dos sistemas de transporte. Los sistemas portuarios especializados pueden ser de carácter mineraleros, pesqueros, petroleros y turísticos principalmente. Para entender la finalidad y el carácter del flujo de carga en un sólo sentido, podemos referirnos al siguiente ejemplo : Se supone una región de explotación mineral en constante crecimiento, misma que se encuentra en el área de influencia (hinterland) de un puerto ubicado en determinada zona ; el crecimiento de la explotación mineral y la necesidad de distribución de los minerales explotados dan como resultado el envío del producto (en nuestro caso por vía marítima) a determinados lugares carentes del mismo, dando como origen un puerto que funciona como terminal ó punto de embarque. Podemos determinar como elementos de nuestro ejemplo una zona productora, una zona terminal (puerto) y finalmente una tercera zona que constituye el destino del producto. *-Figura 1.3*
- Sistemas portuarios industriales : Están constituidos principalmente por instalaciones por instalaciones portuarias que sirven a zonas industriales costeras.

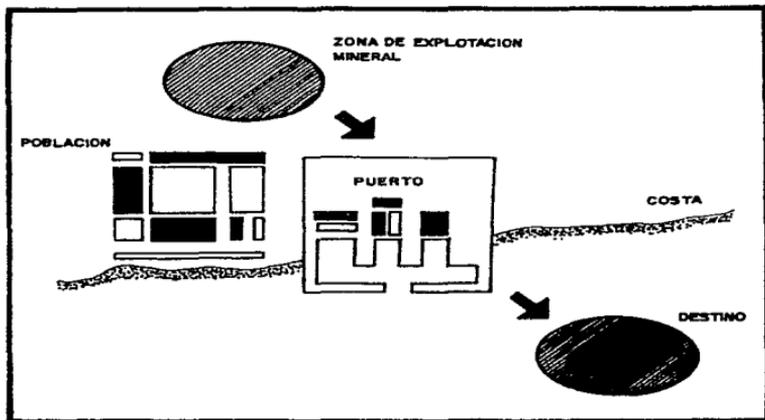


Figura I.3

*Esquema de un sistema portuario especializado.*

El puerto recibe principalmente materias primas, mismas que distribuye en la región industrial adyacente, es aquí donde estos productos son transformados y almacenados para su exportación por el puerto, sin embargo, también es posible el envío de esta mercancía por otros sistemas de transporte (tierra adentro). Es importante señalar que el movimiento de carga no constituye la principal característica, sin embargo, éste es función directa de la capacidad productiva de la zona a la que sirve. Finalmente es posible afirmar que los movimientos por el puerto constituyen el inicio del proceso industrial.

#### 1.4 Ambito del medio afectado.

En el caso de puertos los impactos que pueden generarse se distribuirán espacialmente de distinta forma según las características físicas, biológicas y socioeconómicas del entorno que se trate. debido a esto el ámbito del medio afectado es difícil de determinar a priori.

A nivel general, se pueden considerar los siguientes ámbitos orientativos de acuerdo con los distintos elementos del medio afectado.

- Fauna : Las poblaciones de especies migrantes o con movimientos parciales, verán afectado su medio vital.
- Vegetación : Las formaciones vegetales mantienen cierta formación, misma que se verá afectada según el trazado del proyecto.
- Paisaje : Se encuentra afectado el paisaje de la cuenca visual.
- Hidrología : Se afectarán las cuencas de los cauces intersectados por las instalaciones portuarias.

- **Geología** : El medio geológico es afectado en función del trazado y de los procesos y riesgos que puedan desencadenarse por actuar en él.
- **Calidad del aire** : Este medio afectado está definido en relación de la dirección de los vientos dominantes y de las precipitaciones según naturaleza, intensidad y distribución.
- **Social y económico** : Estará definido en función de la envergadura del proyecto, de su permeabilidad transversal y de las características de las comunidades humanas que van a alterarse.
- **Ruidos** : Están determinados de acuerdo con las características de la vía de circulación y de los terrenos circundantes por donde va a transmitirse el ruido. Dársenas, caminos, muelles, astilleros, línea de ferrocarril, etc.

## Capítulo II

# Descripción general del proyecto portuario

## **CAPITULO 2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO PORTUARIO.**

### **2.1 Proceso de planeación portuaria y su descripción.**

**El proceso de planeación portuaria visto desde un punto de vista sistémico comprende cinco etapas que conducen a la elaboración de un plan maestro.**

- **1a. etapa :** Esta etapa comprende la definición de los objetivos que pretenden alcanzarse con el proyecto, así como la forma de medir y evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de ellos.
- **2a. etapa :** El sistema deberá descomponerse en un conjunto de subsistemas, cada uno de ellos deberá tener diversas alternativas de solución, mismas que integrarán las alternativas de solución para el sistema.
- **3a. etapa :** Comprende la evaluación y la selección de alternativas, en base a criterios técnicos, económicos, políticos y sociales.
- **4a. etapa :** Aquí se lleva a cabo la formulación, análisis y evaluación de las alternativas seleccionadas, todo esto con mayor detalle y apoyado en estudios más precisos y específicos que permitan verificar el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos.
- **5a. etapa :** Esta etapa consiste en la selección de la mejor alternativa, misma que es el resultado del estudio anterior y gracias a la cual se producirá detalladamente el plan maestro del puerto.

Algunos aspectos que constituyen datos de gran valor al proceso de planeación portuaria son los siguientes :

- Selección de sitio
- Demanda de servicios portuarios
- Oferta de servicios portuarios
- Proyecto portuario

*Selección de sitio.*

Para analizar la ubicación de un puerto es importante contemplar dos aspectos, el derivado de la necesidad de la existencia de una terminal portuaria y el que está vinculado a la selección del mejor emplazamiento físico.

Por esto, es necesario hacer algunas consideraciones sobre la conveniencia de establecer una terminal portuaria, posteriormente apoyados en diversos estudios y con mayor amplitud, se analizan cuestiones relativas al entorno físico del proyecto.

La necesidad de establecer una terminal portuaria se deriva de ciertos parámetros económicos, como por ejemplo, el impulso de actividades comerciales, pesqueras ó turísticas que den como resultado el crecimiento y desarrollo de una región costera.

La selección del emplazamiento físico conveniente para un puerto está apoyada en el análisis de tres grandes grupos : factores de carácter físico, socioeconómico y político.

### *Demanda de servicios portuarios.*

El servicio portuario es un concepto que involucra un conjunto de acciones, mismas que agrupadas, pretenden satisfacer adecuadamente las necesidades de los usuarios del puerto. Es importante mencionar que el concepto anterior se refiere a una instalación portuaria como punto de transferencia entre dos sistemas de transporte, situación que no se presenta en la actualidad debido a la evolución de las funciones del sistema, mismas que han modificado el concepto de manera más amplia, visualizando cualquier posibilidad de servicio que pueda ofrecer el conjunto de instalaciones que integren el sistema.

Anteriormente fue mencionado el concepto de servicio y este se refiere a la necesidad de llevar a cabo la transferencia de un sistema de transporte a otro, por lo que no es posible adecuar el concepto a las instalaciones destinadas a la descarga de materias primas para su transformación industrial y a la carga de productos terminados derivados del proceso de manufactura que se lleva a cabo en un sistema portuario industrial. Otro caso que es importante señalar es el de los puertos pesqueros, ya que en ellos no se pretende desarrollar un enlace entre un medio de transporte con otro, sino simplemente descargar de una embarcación productos perecederos con fines diversos, entre los cuales el caso menos frecuente es el de transferencia directa del transporte marítimo al transporte terrestre : en los puertos pesqueros el concepto de servicio se refiere de manera más clara a la forma de descargar, en el menor tiempo posible, las embarcaciones pesqueras y en tierra establecer los sistemas de manejo de acuerdo con el destino que tenga la carga, sea la venta como producto fresco o para su conservación e industrialización.

Para analizar de manera adecuada la demanda de servicios portuarios es conveniente analizar una instalación en la cual la mercancía se ve sujeta al proceso de descarga, almacenamiento y desalojo (es importante señalar que el sentido de éste proceso puede ser inverso) con todas las acciones complementarias para lograr una optimización en el proceso de transferencia ; el proceso mencionado anteriormente está asociado a la necesidad de coordinar a los tres usuarios principales del puerto : la carga, el barco y el transporte terrestre.

- **Carga :** Para definir la magnitud de la demanda según el tipo de carga, es necesario establecer una descripción de la carga según su forma de presentación, además de una clasificación según su tipo y volumen. Las condiciones anteriores condicionarán las instalaciones en cuanto al tipo de equipamiento, además definirán las políticas a seguir en cuanto a operación, desarrollo y enlace con los sistemas terrestres. Por otra parte es importante precisar el sentido en el que va a fluir la mercancía, es decir, si se trata de mercancía que entra al puerto o que sale del mismo. Uno de los parámetros más importantes a definir es el llamado destino de la carga, ya que mientras mayor sea el número de destino, mayor será el problema para clasificar la carga en los almacenes y programar su estiba o desestiba, eso se encuentra reflejado en la organización de los procesos de carga y descarga.
- **Transporte marítimo :** Es importante señalar el tipo de barco que habrá de manejar, ya que sus dimensiones exteriores serán fundamentales para el diseño del acceso al puerto y las áreas de agua para maniobras de las embarcaciones. La eslora del barco es importante para su asignación en los muelles, ya que en el caso de recibir mercancías en embarcaciones con eslora que exceda la longitud de los muelles, se inutilizará un segundo frente de agua al rebasar el barco la longitud del muelle.

- **Transporte terrestre :** El primer paso a seguir será establecer la información relativa en cuanto a la composición del conjunto de vehículos terrestres que moverán la carga, es decir, definirá los tipos de transportes terrestres que intervendrán en el proceso ; posteriormente definirá los porcentajes de la carga total que le corresponderá a cada medio de transporte terrestre. La distribución de tamaños para el autotransporte es importante ó con fines de simplificación, analizar la posibilidad de utilizar un vehículo tipo representativo del universo total de camiones que lleguen al puerto. En lo que respecta al ferrocarril es importante analizar el tamaño de los convoyes, asociado al área disponible de patios y maniobras. El principal problema con el ferrocarril se presenta cuando los puertos han sido mal concebidos en cuanto a la ciudad inmediata, ya que la operación del ferrocarril en cuanto a entrada y salida, así como en cuanto a maniobras se refiere afecta la circulación urbana causando descontento en la población, además del peligro que representan las maniobras del ferrocarril dentro del núcleo de población. En el caso de no poder disponer de patios dentro del puerto para maniobras ó en áreas vecinas a él, la situación en cuanto al uso del ferrocarril motivaría a hacer maniobras dentro de horarios que no interfieran con la población, hasta sustituir buena parte del transporte por ferrocarril a autotransporte.

#### *Oferta de servicios portuarios.*

La oferta de servicios portuarios en el caso de puertos comerciales se encuentra según una calificación que obtiene cada terminal en la evaluación de esta materia ; la eficiencia en el manejo de la carga y el uso de la capacidad de regulación del puerto son factores determinantes en la calificación de cada terminal.

Es importante definir algunos parámetros que nos auxiliarán para la evaluación de la oferta de servicios portuarios ; en primer término debe definirse si la descarga del barco se hará utilizando sus grúas o si existe necesidad de auxilio de equipo terrestre, además es importante analizar los tiempos de permanencia de la carga en el muelle debido a que existe la posibilidad de llevar la carga a una bodega de tránsito o almacenamiento temporal. El siguiente paso será analizar cual será el medio terrestre que se utilizará para el desalojo de la carga.

Los datos esenciales para el análisis de la oferta de servicios portuarios son : tipo y equipo para carga y descarga del buque y del transporte terrestre, áreas disponibles para almacenamiento (patios, bodegas y cobertizos), equipo para manejo de la carga entre el buque y los vehículos de transporte terrestre y los esquemas operativos que se proponen implantar.

De esta manera tenemos que con los datos anteriores estaremos en la posibilidad de definir los rendimientos para cada tipo de carga, mismos que nos proporcionarán el proceso de desarrollo más económico ; por otra parte las formas de operación del puerto determinarán en función de los costos de congestamiento y de desarrollo, la secuencia óptima de crecimiento de la terminal.

En el caso de instalaciones portuarias especializadas las consideraciones para la transferencia de carga de un sistema de transporte a otro se establecen al hacer el diseño de la instalación, para esto se adecuan a los volúmenes, tipo de producto y frecuencia de llegada de los barcos, el equipo de carga y descarga, su eficiencia, las características del almacenamiento y todo el equipo complementario para el manejo de la carga en el puerto.

Para el caso de puertos industriales es importante la programación relativa al suministro de infraestructura portuaria, infraestructura industrial y servicios básicos para la industria en cantidad, calidad y oportunidad, la disponibilidad de áreas de tierra urbanizadas para el asentamiento de las factorías; infraestructura para el desarrollo urbano consecuente y en general otros servicios complementarios.

#### *Proyecto portuario.*

El proyecto portuario está referido a diversos datos que sirven como elementos de apoyo para proyectar los componentes de la infraestructura, misma que dividimos en la correspondiente a la zona marítima y a la zona terrestre. Ver figura 1.2.

Para la zona marítima se aplican el análisis de ubicación, disposición en planta, diseño y construcción de rompeolas, escolleras, dragados, rellenos y reclamación de tierras, espigones, muros de protección, obras de amarre y atraque: obras de drenaje submarino y tuberías bajo el agua, obras de prevención y control de la contaminación marítima, etc.

En el caso de la zona terrestre se utilizan para el proyecto de bodegas, patios, áreas de maniobras de vehículos terrestres, accesos, suministros de agua y energía eléctrica; sistemas de drenaje pluvial y de aguas negras e industriales; manejo de desechos líquidos y sólidos, etc.

### **2.2 Descripción general de la infraestructura.**

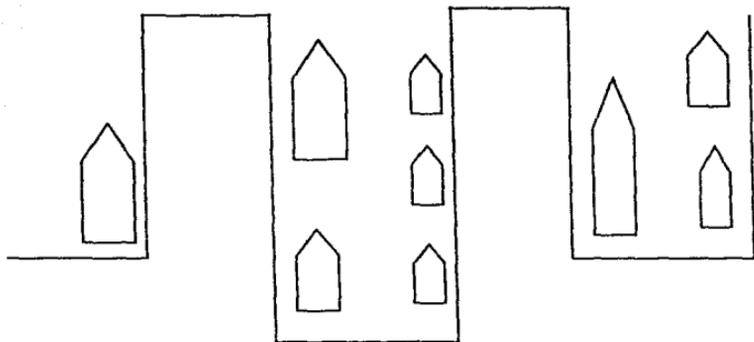
Se consideran como instalaciones generales al conjunto de obras que sirven al puerto independientemente del tipo de carga o barco.

Cuando nos referimos a instalaciones portuarias, es conveniente diferenciar que existen estructuras terrestres y obras marítimas, siendo estas últimas las que generalmente se estudian en materia de puertos, ya que su dimensionamiento, disposición y demás características requieren de estudios diversos, mismos que en la mayoría de los casos no son necesarios en la generación de una estructura terrestre.

Dentro de las obras marítimas portuarias podemos mencionar las obras de atraque, las obras de protección, las obras auxiliares y el señalamiento portuario, como las más representativas.

Las *obras de atraque* ó estructuras de atraque y amarre más representativas son las siguientes :

- Duques de alba : Son estructuras que sirven para enfilear los barcos a una correcta posición de atraque.
- Bitas : Las bitas son estructuras generalmente de acero a las cuales se amarran los barcos, se encuentran ubicadas en los muelles, según la disposición de los frentes de agua. Existen bitas simples y bitas de doble boleó, mismas que permiten el amarre simultáneo de dos barcos y ofrecen la alternativa de desamarrar una embarcación sin modificar el amarre de la otra.
- Muelles : Los muelles son las estructuras que proporcionan posición de atraque a las embarcaciones. La zona destinada al almacenamiento (bodegas y patios) junto con los muelles constituyen la unidad de transferencia de carga del sistema de transporte marítimo al terrestre ó viceversa. Un diseño óptimo de un muelle es aquel que balancea el uso del frente de agua con áreas adecuadas para operación terrestre, de esta manera el frente de agua es aprovechado por numerosas embarcaciones y las operaciones terrestres disponen de un área suficiente para evitar problemas de congestamiento. Ver *figura 2.1*



**Figura 2.1 Disposición en espigones que equilibra el uso del frente de agua con el área destinada para operaciones terrestres.**

**Las obras de protección más comunes son las siguientes :**

- **Canal de acceso :** El canal de acceso comprende la porción de agua protegida total ó parcialmente, destinada para servir de entrada ó salida de barcos. El dimensionamiento del canal toma en cuenta el comportamiento del barco en su travesía por él. Ello implica involucrar los distintos movimientos del barco bajo la acción del oleaje, las corrientes y el efecto de la propia velocidad de la nave.
- **Escolleras :** Las escolleras son diques de defensa que protegen contra el oleaje en un puerto, se colocan en la desembocadura de un río y denotan equilibrio entre el agua que sale y el agua que llega.
- **Rompeolas :** Los rompeolas son diques que se encuentran en la parte exterior de un puerto y que sirven para protegerlo contra el oleaje, están contruidos por un conjunto de rocas vertidas que permiten el flujo del mar.

**Las obras auxiliares** son principalmente las dársenas, mismas que representan zonas interiores y resguardadas de un puerto y que se clasifican de la siguiente manera :

- **Dársenas de fondeo :** Las dársenas de fondeo representan un área de agua utilizada para embarcaciones que sufren alguna avería menor, que esperan para entrar a un muelle, etc. Las dársenas de fondeo tienen tendencia a desaparecer ya que el tener inutilizada un área considerable de agua representa costos elevados, además de que el tamaño de las embarcaciones pueda influir para tener problemas de congestiónamiento.

- **Dársenas de ciaboga** : Las dársenas de ciaboga ó de maniobras están representadas por áreas de agua en las que el barco realiza los movimientos necesarios para entrar salir al muelle asignado para efectuar operaciones de carga y descarga. La acción de virar en redondo de una embarcación se denomina ciaboga y está dada por la eslora y por la maniobrabilidad de los barcos, así como del tiempo permisible para efectuar la maniobra. A menor tiempo permisible de maniobra, mayor es el tamaño de la dársena. Normalmente en todos los puertos se prevé que ésta maniobra debe llevarse a cabo con remolcadores , sin embargo existen embarcaciones que cuentan con un mecanismo denominado timón activo que le permite pivotar en un punto fijo en el perímetro del círculo de ciaboga.
- **Dársenas de operación** : Las dársenas de operación constituyen el área de agua que hay entre muelle y muelle y es aquí donde los barcos realizan maniobras de atraque desatraque y carga descarga ; se supone que para tales maniobras los barcos requieren del auxilio de remolcadores. El objetivo fundamental de las dársenas de operación es el de realizar entradas salidas de la dársena y carga descarga de la embarcación, sin afectar a los barcos adyacentes (dentro de la dársena. La *figura 2.2* sugiere dimensiones recomendadas para realizar maniobras dentro de una dársena de operación.

### 2.3 Estudios técnicos necesarios en la generación de un proyecto portuario.

#### 2.3.1 Estudios de morfología costera, acarreo de litorales y mecánica de suelos.

*Los estudios de morfología costera se orientan a conocer las características de la formación de la costa, la cual es el resultado de los fenómenos tectónicos y geológicos ocasionados por la interacción océano-continente.*

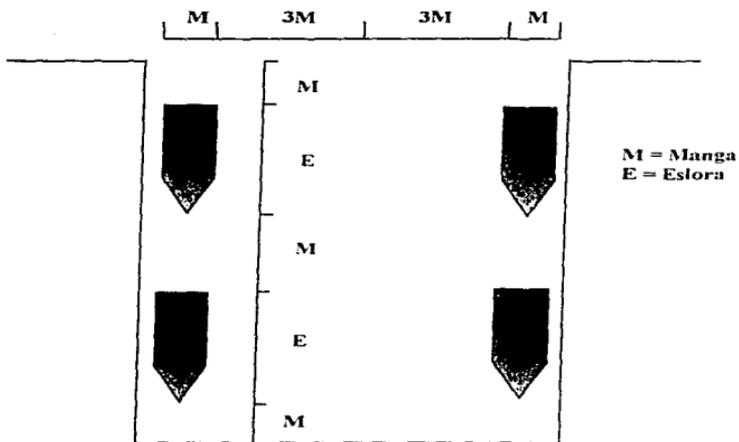


Figura 2.2 Dimensiones recomendadas para realizar maniobras dentro de las dársenas de operación.

Los fenómenos tectónicos pueden ser provocados por el vulcanismo ó por fallas tectónicas, mientras que los geológicos pueden ser el resultado de procesos de intemperismo y erosión provocada por la acción de las olas. Para el conocimiento de la morfología costera, se realizan estudios topográficos, geológicos y batimétricos, desde la playa ó en pequeñas embarcaciones, con el auxilio de sonares y ecosondas.

Los estudios topográficos se orientan a conocer la configuración de la corteza terrestre producida por los fenómenos geológicos que se verifican en ella. Por otro lado los estudios batimétricos se encargan de investigar la región oceánica. La conjunción de ambos estudios, topográficos y batimétricos, proporciona el relieve de la costa y del fondo marino, indispensable para la construcción de marinas, embarcaderos y rampas, así como de muelles y otras instalaciones portuarias.

*Los estudios de acarreo de litorales* están orientados a cuantificar los aportes de partículas orgánicas, así como de cualquier otro tipo de sedimentos. Además determinan la localización de las corrientes de agua dulce, salobre o negras que desembocan al mar y que pueden llevar sólidos suspendidos que se depositan en el lecho marino, generando acumulación de materiales y azolve. Los acarreo litorales están en función de diferentes factores entre los que se encuentran : tipo de suelo corrientes, mareas, oleaje, viento, flora y fauna.

Se realizan *estudios de mecánica de suelos* con el fin de conocer las características del fondo marino y seleccionar en base a éste, la cimentación del puerto, obras de protección e instalaciones portuarias.

Los estudios de mecánica de suelos, incluyen la investigación de las características geológicas de la zona, que determina la disposición de los bancos de materiales de construcción los cuales serán utilizados en las escolleras ó el relleno del puerto. Estos estudios aportan datos respecto a la permeabilidad y características físicas del sitio, que permitirán establecer la técnica de desplante de la obra.

### 2.3.2 Estudio de vientos.

Se orientan a conocer la procedencia, intensidad, frecuencia y velocidad de los vientos y son de especial utilidad por su estrecha relación con el oleaje y los fenómenos climatológicos tales como huracanes, trombas y tomados. El conocimiento de estos factores es primordial para el diseño estructural de todo tipo de instalaciones portuarias.

### 2.3.3 Estudio de oleajes, mareas y corrientes.

*Los estudios de oleajes* nos permiten conocer de manera precisa, la frecuencia, fuerza y arrastre de las olas para incorporar dichos datos al diseño de puertos y otras instalaciones.

Las mareas son el resultado de la atracción de la luna y el sol en conjunción con el movimiento de rotación de la tierra, presentándose cada 24 horas dos pleamares y dos bajamares, con una diferencia aproximada de 6 horas entre cada una de ellas.

Cuando la luna y el sol forman con la tierra un ángulo recto, las fuerzas de atracción se oponen originando las mareas muertas de baja intensidad, lo cual ocurre cada 15 días. De la misma manera, la luna y el sol unen sus fuerzas en periodos iguales, generando las mareas vivas.

*El estudio de las mareas* está orientado a conocer las diferencias entre pleamar y bajamar que se presentan en el sitio del proyecto y que son indispensables para el diseño de las obras portuarias. Este estudio delimita el horario de entrada y salida de las embarcaciones, tipo de tonelaje de los barcos, etc.

*El estudio de las corrientes identifica y cuantifica el movimiento de las aguas oceánicas, el cual puede ser producido por :*

- Diferente densidad ocasionada por cambios entre temperatura y salinidad.
- La fuerza tangencial del viento sobre el agua.
- Mareas y ondas internas.

El sentido de las grandes corrientes oceánicas está determinado por el movimiento rotacional de la tierra, lo que provoca que en el hemisferio norte, se desplacen de acuerdo a las manecillas del reloj (de izquierda a derecha) y en sentido contrario en el hemisferio sur.

A las corrientes cálidas superficiales se contraponen ciertas corrientes frías que parten de los polos y que, debido a su mayor densidad, se mueven a profundidad. Las zonas donde se juntan dos corrientes, suelen ser especialmente ricas en vida animal y vegetal.

El conocimiento de las corrientes, su dirección, profundidad y velocidad ayudan a predecir las características de los accesos, la cuantificación de los acarreos litorales, sedimentación, frecuencia de dragados, etc.

#### 2.3.4 Estudio de dragado de acceso y refugio de embarcaciones.

Se diseñan en función de las características físicas de la zona, profundidad, tipo de roca madre, oleaje, etc. así como de las características del proyecto tales como tipo de instalación, calado de las embarcaciones que se espera que arriben.

### 2.3.5 Estudio de accesos carreteros y servicios de transporte.

Estos estudios relacionan al tipo de servicios que prestará la instalación, capacidad de carga y descarga, tamaño de profundidad, etc.

### 2.4 Descripción de las obras a realizar.

En la realización de instalaciones portuarias se tienen como principales actividades la construcción de rompeolas y escolleras, muelles, bodegas y áreas de almacenamiento y dragado.

La descripción de cada una de estas obras, sus procedimientos constructivos y la elaboración de programas de obra, maquinaria y equipo es diferente según el tipo de instalación portuaria, zona y diversas condiciones físicas por lo que cada puerto posee casuística propia, es decir, cada puerto es diferente y por tanto no hay un procedimiento ó metodología fija a seguir para tal descripción.

*Rompeolas y escolleras.* El tipo de rompeolas más frecuentemente construido está formado por un conjunto heterogéneo de forma trapezoidal nismo que comprende tres capas principales : núcleo, formado por materiales pétreos cuyo objetivo es impedir el paso de la agitación hacia el área protegida ; capa secundaria, formada por rocas cuyo tamaño obliga a manejarlas empleando grúas y trasladarlas individualmente y finalmente la coraza formada por rocas ó elementos artificiales (tetrápodos) de gran peso.

Para la construcción de estas obras de protección generalmente el proceso constructivo consiste en avanzar de tierra hacia el mar utilizando las partes construidas como apoyo para las subsecuentes ; el proceso se inicia con la explotación del banco de roca, su clasificación según tamaño y su transporte al sitio de la obra. Para la construcción del núcleo se emplean camiones de volteo para depositar el material variando del mayor al menor peso de adentro

hacia afuera, los vehículos empleados utilizarán la corona del núcleo para transitar, por esta razón deberán dejarse de tramo en tramo retornos para facilitar las maniobras. Finalmente y para colocar la capa secundaria y la coraza se emplea una grúa que acomode de manera individual cada elemento natural ó artificial, en ocasiones y para evitar problemas de volteo de la grúa, podrá requerirse el empleo de grúas montadas sobre chalanes.

*Muelles.* Para construir muelles se utilizan materiales pétreos y materiales convencionales como concreto, acero de refuerzo, acero estructural, madera y otros en general. En la fabricación de concreto hidráulico deberá emplearse cemento resistente al ataque de agua de mar ó utilizar aditivos con el mismo fin, es importante mencionar que la madera a emplear deberá tener diversas características como alta resistencia a la fricción, compresión, tensión, esfuerzo cortante y desgarramiento, por lo que previamente se le dará un tratamiento especial.

Actualmente para la construcción de muelles existen diversos procedimientos constructivos, el más práctico consiste en iniciar la construcción en seco y una vez que se termine la obra dragar el lado de mar. Si se utiliza un procedimiento de construcción convencional se construye la infraestructura bajo el agua y se utiliza como apoyo para la superestructura.

Según su comportamiento estructural existen diversos tipos de muelles y acordes con ellos será el material y sistema empleado para su construcción :

- Muelles de bloques precolados. Para la construcción de estos muros generalmente es necesario excavar una cepa en el fondo sobre la cual se colocará una cama de roca triturada para desplantar los bloques inferiores con un correcto apoyo ; para manejar y cargar los bloques del patio de colado al sitio de la obra se utilizan vehículos terrestres ó chalanes y la colocación de los bloques es por medio de grúas.

- Muelles de bloques colados in situ. Se recomienda la construcción de estos muelles cuando se hace sobre terreno firme, la acción fundamental a realizar en la construcción de los bloques es el manejo y habilitado de la cimbra ya que debe ser de un material resistente a la acción del agua de mar y el aire, debe evitar la fuga de concreto y resistir la presión del mismo. Se recomienda también excavar una cepa para mejorar el apoyo de los bloques, el molde para colar el primer bloque se apoya sobre la cama de material triturado, continuando la construcción hacia arriba y apoyando el molde sobre el bloque anteriormente colado.
- Muelle de cajones. Estos muelles se forman con elementos precolados huecos contruidos en seco, mismos que se llevan flotando al sitio donde se colocan y se rellenan de arena ó concreto para que se hundan en la posición de proyecto. Para mejorar su estabilidad todos los muros de bloques ó de cajones se construirán con una pequeña inclinación hacia tierra.
- Muelle de pilotes. Los muelles con infraestructura a base de pilotes pueden ser de tres tipos básicamente : madera, concreto reforzado y acero. El hincado de pilotes se hará ubicando la piloteadora en tierra firme , apoyándose sobre tramos contruidos ó utilizando un chalán. La operación de hincado deberá hacerse de manera que los errores de la alineación transversal y longitudinal de los pilotes corresponda a las tolerancias del proyecto. La cimbra para el colado de la superestructura se apoya sobre una obra falsa, misma que a su vez utiliza como apoyo a los pilotes.

*Bodegas y áreas de almacenamiento.*

En éste grupo se distinguen diversos tipos de obras mismos que a continuación se mencionan brevemente :

- Bodegas de tránsito. Se emplean para recibir, manejar y cargar mercancías que en un período breve de tiempo se cargarán a los medios de transporte.
- Almacenes especializados. Estos almacenes se utilizan para guardar y distribuir un tipo de carga que requiere un manejo especializado.
- Bodega estacionaria. Se utilizan para cargas que se custodian por largo tiempo.
- Cobertizos. Locales techados, abiertos lateralmente empleados para cargas que requieren ventilación.
- Patios al aire libre. Zona de almacenamiento de mercancías que no se afectan por la acción de los diversos elementos climáticos.

Los edificios para bodegas se construyen aislados para evitar la comunicación vía techos ó pisos por razones de seguridad y para dejar caminos para el tránsito vehicular.

En las bodegas los pisos deberán de construirse con una ligera inclinación hacia el frente de ataque a fin de que el movimiento se haga sin obstrucciones y en zonas de gran precipitación pluvial el agua escurra hacia el mar, fuera de las bodegas. Las bodegas llevarán más puertas del lado del frente de ataque que del lado de tierra con el objeto de permitir el movimiento de la carga en la línea recta más corta desde el buque ó hacia el. Respecto al lado de tierra

firme el piso podrá estar más elevado de nivel de manera que quede a la misma altura de los andenes facilitando la carga y descarga para vehículos terrestres.

Los procedimientos constructivos y materiales a utilizarse para la construcción son por demás convencionales.

*Dragado.* Estas obras comprenden la acción de excavación y disposición del material removido, mismo que puede emplearse (según su tipo) para relleno, zonas aprovechables con fines diversos ó depositarse en áreas que no sean problemáticas al propio puerto ó a zonas de habitación. Por todo esto es importante definir las características geométricas del dragado, las zonas en donde deberá depositarse el material y la forma de hacerlo.

Existen tres opciones para el depósito del material producto del dragado.

- Depósito de material en el agua en áreas seleccionadas con profundidades tales que el material no sea devuelto a la zona operativa del puerto.
- Material extraído y enviado por las tuberías de la draga a zonas que pueden estar o no bajo el agua en donde se deposita sin ningún confinamiento y donde su presencia no daña la ecología del área.
- Material depositado en áreas confinadas previamente bordeadas y dotadas con vertedores y desagües que eliminan el agua de dragado y facilitan la decantación y depósito de material.

#### 2.4.1 Programa de obra.

Para establecer a priori los estándares de tiempo necesarios para cada obra, se debe hacer un análisis detallado de cada una de las actividades que componen un procedimiento

**constructivo, su interrelación y el rendimiento de los dos principales recursos : mano de obra y equipo para ejecutarlas.**

El procesamiento de esta información da como resultado lo que se conoce como programa de obra, en el cual se muestra gráficamente la duración de todas y cada una de las actividades en que convencionalmente se ha dividido la obra para su análisis. El medio más común para hacer esto es por medio de un diagrama de barras ó de Gantt.

A partir del programa de obra obtenido, se pueden seleccionar estándares de comparación, pudiendo ser el programa de obra un estándar contra el cual comparar el avance real registrado en campo.

En el caso particular de cada una de las actividades, su duración se calcula en función del volumen de obra por ejecutar de acuerdo al proyecto y del rendimiento, entendido como la cantidad de obra ejecutada entre la unidad de tiempo seleccionada, que el personal o el equipo encargado de determinada tarea es capaz de ejecutar.

Es importante mencionar que toda obra debe contar con su programa, mismo que proporcionará al Ingeniero elementos útiles de comparación entre avance real y programado además de poner en evidencia algunas variables que podrán causar impacto ambiental en el medio y que se describirán posteriormente.

#### **2.4.2 Programa de maquinaria y equipo.**

En cualquier obra de Ingeniería Portuaria durante su fase de construcción esta claro que la capacidad de ejecución del constructor está acorde con la calidad y cantidad de sus elementos de producción.

Una obra cualquiera, puede ser ejecutada mediante diversos procedimientos de construcción y empleando diversos equipos, aunque lógicamente para ejecutar determinado trabajo

siempre existirá algún procedimiento y determinado equipo por medio de los cuales las operaciones sean realizadas en forma óptima desde el punto de vista de la economía.

El mercado de la construcción ofrece una gran variedad de maquinaria de diversas marcas, modelos, capacidades y especificaciones de calidad. Deberán por tanto realizarse estudios cuidadosos, a fin de determinar cual es la maquinaria más conveniente para la óptima ejecución de la obra y en base a esto estructurar el programa de obra y los intervalos de tiempo requeridos para cada maquinaria.

#### 2.4.3 Medidas y acciones en la realización de la obra.

Se deberán tomar medidas y acciones encaminadas a la óptima realización de la obra para evitar contratiempos capaces de generar impactos adversos durante la ejecución de la obra. Por ejemplo, una vez establecido un programa de obra y al comparar el avance de una actividad "x" en el campo, con el avance programado de la misma actividad "x" resulta que se tiene un periodo de retraso de la actividad "x" por un tiempo "T", éste retraso desde el punto de vista económico genera un impacto adverso para la compañía constructora ya que gastará mayor capital del programado en parámetros como mano de obra y equipo, por lo que deberá tomar una medida inmediata para resolver su retraso.

Es importante señalar que no se debe dejar que ocurra el impacto para tratar de solucionarlo, sino que recurriendo a técnicas, modelos y experiencia, el Ing. Civil deberá optimizar al máximo su programa de obra y de maquinaria y equipo, evitando así la manifestación de situaciones inconvenientes.

## **2.5 Actividades inducidas ó asociadas.**

La realización de un puerto conlleva toda una serie de actividades inducidas y asociadas, mismas que tienen que ser consideradas a la hora de contemplar el impacto global del proyecto de un sistema portuario.

Las actividades inducidas ó asociadas dependen de las características del proyecto y del ámbito en el que se desarrolle el mismo.

Algunas actividades inducidas que podemos mencionar de manera general son :

- Apertura de accesos carreteros a las instalaciones.
- Incremento del número de personas en lugares aledaños y en las instalaciones.
- Generación de nuevas edificaciones.
- Actividades ligadas a la obra.

## Capítulo III

**Definición de la**  
**situación**  
**preoperacional de un**  
**puerto**

## **CAPITULO 3. DEFINICION DE LA SITUACION PREOPERACIONAL DE UN PUERTO.**

### **3.1 Conceptos básicos.**

**La definición de la situación preoperacional es extremadamente importante dentro del estudio de impacto ambiental (E.I.A.) debido principalmente a dos causas :**

- **Es imprescindible para poder prever las alteraciones que se pueden producir en el medio físico y social.**
- **Es una fuente de datos que permite evaluar, una vez que se ha realizado la obra, la magnitud de aquellas alteraciones que son difíciles de cuantificar, pudiéndose aplicar medidas correctoras a posteriori según los resultados que se vayan obteniendo en el programa de seguimiento y control.**

**Un aspecto a considerar en relación a la definición de la situación preoperacional es el plazo temporal necesario. En efecto, los sistemas físicos, biológicos y sociales están sometidos a unas variaciones temporales importantes, tanto a nivel anual y plurianual (por ejemplo. El clima, las migraciones faunísticas, etc.). Parte de estas variaciones pueden deberse a fenómenos físicos de distinta frecuencia y amplitud, pero otras presentan un comportamiento más errático, siendo extremadamente difíciles de modelizar. Por ello en la recepción y análisis de la información, debe hacerse un esfuerzo importante y considerar series temporales lo más largas posibles, con el fin de establecer unos valores medios representativos ó tendencias.**

**Se debe tener en cuenta el nivel de detalle de los elementos a cartografiar , ya que una información excesivamente minuciosa puede generar mucho "ruido" , mientras que una información escasamente detallada puede ocasionar omisiones de elementos importantes.**

Por tanto, la escala de trabajo debe ser flexible, adaptándose a cada caso particular y etapa del proyecto y el contenido de la información a manejar debe circunscribirse a los aspectos y factores del medio afectado.

Finalmente. En la etapa anterior a la toma de datos, ha de considerarse la búsqueda y revisión de la información cartográfica y bibliográfica disponible, puesto que evita realizar trabajos adicionales y permite poner de manifiesto los aspectos carentes de documentación. De esta forma se orienta la fase de investigación hacia las áreas menos conocidas.

### 3.2 El medio físico.

#### 3.2.1 Clima.

La caracterización climática del área de estudio tiene una cierta importancia puesto que sirve como información para interpretar otros aspectos del medio físico (vegetación, usos del suelo) y para cuantificar las alteraciones micro y mesoclimáticas que pueden producirse con motivo de la destrucción de la vegetación por la traza, por la presencia de las superficies y por la posibilidad de crear "corredores" ó "barreras" por donde se encauza o detiene el viento.

En resumen, para el desarrollo de los proyectos portuarios, el clima es un atributo esencial del medio ambiente, cuyo estudio supone conocimiento de los factores y elementos climáticos.

### 3.2.1.1 Factores climáticos.

- Latitud
- Altitud
- Distribución de tierras y mares
- Corrientes marinas
- Evapo-transpiración

Latitud.- El clima sufre modificaciones de acuerdo a la posición que guarda un determinado punto sobre la superficie terrestre, de tal forma que son las zonas comprendidas entre el ecuador y los trópicos que, al recibir los rayos del sol verticales presentan las condiciones del clima tropical, ideal para este tipo de proyectos.

Altitud.- La elevación del terreno sobre el nivel del mar, causa cambios muy marcados en el clima en particular en lo que se refiere a la temperatura. La causa de esto se debe a que la atmósfera se calienta por el calor que irradia la superficie terrestre y en consecuencia a menor altitud, la temperatura es más elevada.

Distribución de tierra y mares.- El agua de mar ejerce un efecto amortiguador sobre las oscilaciones de la temperatura, la cual se aprecia en las áreas costeras donde las variaciones anuales de temperatura son menores que en las regiones situadas en el interior del continente.

**Corrientes marinas.-** Tienen una gran importancia dentro de los estudios de clima. Dichas corrientes ayudan a difundir y estabilizar las temperaturas del mundo.

**Evapo-transpiración.-** Las plantas restituyen a la atmósfera gran cantidad de humedad mediante la transpiración. Las regiones con más vegetación son las más húmedas.

### 3.2.2.2 Elementos climáticos.

Los elementos del clima se clasifican en dos grande grupos, entre los que se encuentran los elementos termodinámicos y los elementos acuosos.

**Elementos termodinámicos.-** Los principales elementos termodinámicos del clima son :

- Temperatura
  
- Presión
  
- Vientos

**Temperatura.-** La temperatura de la atmósfera se determina por la insolación, que consiste en la energía calorífica y luminica emitida por el sol que llega a la superficie terrestre. La temperatura en las zonas costeras es mucho más elevada si se encuentra en la franja de el Ecuador.

**Vientos.-** Se llama viento al movimiento del aire atmosférico. Los factores más importantes a considerar del viento son : dirección y velocidad. Dentro del estudio de los vientos y debido a las características de ubicación de las costas del país es indispensable conocer la incidencia y frecuencia en el área del proyecto de monzones y huracanes.

**Elementos acuosos.- Los principales elementos acuosos del clima son :**

- **Humedad**
- **Nubosidad**
- **Precipitación**

**Humedad.-** La mayor cantidad de agua que se encuentra en la atmósfera en forma de vapor, proviene de la evaporación de los océanos. Este proceso es aumentado por las olas que chocan contra las rocas y acantilados, con lo cual el agua se pulveriza en minúsculas gotas. Dentro del clima, la humedad atmosférica tiene gran importancia porque las precipitaciones se presentan en el aire muy húmedo.

**Nubosidad.-** Una nube es un conjunto visible de pequeñas gotas de agua ó partículas diminutas de cristales de hielo, que se encuentran en suspensión de la atmósfera. Los estudios de nubosidad proporcionan información acerca del número de días mensuales y anuales despejados y nublados.

**Precipitación.-** Comprende la humedad que cae sobre la superficie terrestre, ya sea en forma de nieve, lluvia ó granizo. La determinación del periodo de lluvia y su duración son primordiales en la elección adecuada del sitio para el desarrollo de un proyecto portuario.

### **3.2.2 Calidad del aire.**

En los sistemas portuarios las emisiones provocadas por la circulación de barcos, autos e incluso ferrocarril pueden generar un aumento en los niveles de inmisión de diferentes contaminantes y producir efectos nocivos sobre la salud humana, vegetación, suelos y agua.

**Por ello es importante conocer los niveles de inmisión previamente existentes, puesto que esta información resulta imprescindible para prever los niveles futuros.**

**Para la prevención de los niveles futuros se deberán estudiar :**

- **Fuentes principales de emisión localizadas en la zona ó previstas, independientes del proyecto ( p.e. industria empacadora, maquiladora, etc.)**
- **Niveles de inmisión alcanzados en lugares ó situaciones conflictivas cuando existen datos.**

### **3.2.3 Emisiones energéticas : ruidos.**

**Los sistemas de transporte terrestre están considerados como una de las principales fuentes de emisión sonora, a través del tráfico de vehículos (en el caso de carreteras) y trenes (en el caso de ferrocarriles) : si a estas fuentes de emisión aumentamos las de los barcos (durante maniobras de entrada-salida, carga-descarga) el problema se agrava.**

**Por tanto, en las cercanías de los núcleos habitados o en las áreas de interés particular es conveniente definir los niveles sonoros existentes anteriores al funcionamiento de las instalaciones portuarias e identificar los focos emisores, diferenciando los focos de emisión continua de los intermitentes u ocasionales. Estas medidas deben recoger tanto las variaciones diurnas como las estacionales.**

### **3.2.4 Hidrología.**

**La hidrología de la región es primordial para cualquier desarrollo portuario, mismo que requiere de grandes cantidades de agua para el consumo de las embarcaciones.**

Los efectos directos sobre este componente del medio se resumen en las siguientes situaciones posibles :

- Modificaciones en los flujos de agua superficial y subterránea
- Efecto barrera
- Impermeabilización de áreas de recarga de acuíferos
- Cambios en la calidad del agua

Es importante recordar que los sistemas acuáticos constituyen un vector de transmisión de impactos, por lo que cualquier alteración directa que se produzca inducirá efectos en puntos cercanos y o alejados, cuyas consecuencias son a veces difíciles de prever.

A la hora de definirse la situación preoperacional deben considerarse :

**Hidrología superficial.-** La Hidrología superficial tiene especial relevancia debido a la irregularidad en la distribución temporal de la pluviometría.

**Hidrología subterránea.-** La definición preoperacional de la hidrología subterránea debe basarse en dos aspectos fundamentales :

- La vulnerabilidad de los terrenos y frentes de agua ante entrada de contaminantes en función de la permeabilidad de los materiales y su conexión con los acuíferos subterráneos.
- Los efectos de corte que pueden generar la excavación de zanjas y las obras de drenaje en los acuíferos superficiales.

Los factores más importantes a considerar son : precipitación, escurrimiento superficial y subterráneo, infiltración, niveles de manto freático, etc.

### 3.2.5 Calidad del agua.

La contaminación es un problema cuya gravedad limita y deteriora la cantidad y calidad del agua en la zona de una instalación portuaria y sus efectos adversos pueden dañar severamente el entorno. Por ello se debe analizar el estado inicial del agua y observar parámetros importantes como contenido de sal, análisis bacteriológico, cantidad de especies animales y vegetales que alberga, coloración, etc. Durante la ejecución del proyecto portuario y aún cuando este se encuentre en operación se deberán realizar ensayos y observaciones periódicas para identificar de manera inmediata cualquier cambio químico, físico y biológico en el agua, con el fin de combatirlo adecuadamente.

### 3.2.6 Suelo.

Se debe tener en consideración en cualquier estudio el sistema de suelos de la región puesto que es el soporte de la productividad vegetal. Los suelos son el resultado de un proceso de formación dinámico, que en muchas ocasiones se puede medir en milenios siendo extremadamente sensibles a las actuaciones humanas, por lo que su destrucción supone una pérdida de valor incalculable.

Las obras de infraestructura portuaria, como caminos de acceso y en su caso líneas de ferrocarril, conllevan la ocupación de una superficie de suelo, a las que hay que añadir las pérdidas debidas a otras actuaciones tales como desmontes, obras adicionales (gravas y canteras) y la compactación del suelo como consecuencia de movimientos de maquinaria

pesada. Por ello y desde la fase de selección del sitio conviene realizar un análisis de las características del suelo de la región desde un punto de vista productivo.

El estudio de los suelos puede fundamentarse en la definición de unidades homogéneas que suelen atender básicamente dos criterios: el productivo y el de aptitud de uso.

### 3.2.7 Configuración física de las playas.

El ir y venir constante de las olas realiza el principal trabajo del mar que consiste en dar forma al litoral y cambiar los contornos de la costa. A través del tiempo, la rompiente incesante desgasta y luego reconstruye miles de playas, retirando y sustituyendo alternativamente la arena en un ciclo sin fin.

Cada vez que llega una ola, levanta del fondo granos sueltos de arena que se dispersan y asientan en diferentes lugares. Este movimiento cambia la forma y posición de las playas.

#### 3.2.7.1 Islas.

Las islas constituyen porciones de tierra rodeadas enteramente de agua por el mar, existen islas de diversos tamaños, muchas de las cuales son habitadas, mismas en las que se desarrollan múltiples actividades económicas y sociales, en islas de menores dimensiones se desarrollan en gran medida diversas especies animales y vegetales. Actualmente existen islas usadas por especies animales en peligro de extinción, como la tortuga, para procrear, otras tantas, sin ser menos importantes proporcionan extraordinarias características estéticas a las zonas urbanas cercanas.

### 3.2.7.2 Arrecifes.

Son bancos ó bajos formados en el mar por piedras, rocas ó políperos casi a flor de agua, en los arrecifes también se desarrollan numerosas especies de zoófilos hasta animales de mayor tamaño como leones marinos. Es importante señalar que en ocasiones la selección del sitio para construir instalaciones portuarias contempla el uso parcial de arrecifes, sin embargo, se analizará a profundidad el arrecife y su entorno con el objeto de evidenciar la magnitud del impacto que se presente posiblemente y su carácter y signo.

### 3.2.7.3 Corales.

Los corales se componen de la secreción caliza, más o menos ramosa, producida dentro del mar por celenterados de distintos órdenes a cuyas multitudes sirve de esqueleto común, es decir, es un ser vivo formado por el conjunto de millones de seres vivos. Previo a la ejecución del proyecto y en la etapa de estudios batimétricos y de configuración del suelo bajo el mar, se identificarán las posibles formaciones de coral existentes en el entorno, mismas que de inmediato se deberán proteger, como se explicará posteriormente.

### 3.2.7.4 Barras.

Representan bancos de arena formados a la entrada de algunas rías, en la embocadura de algunos ríos y en la estrechura de ciertos mares ó lagos. Se identificarán las desembocaduras de ríos al mar en el área próxima al proyecto portuario.

### 3.2.7.5 Tómbolos.

Los tómbolos son lenguas de arena que une la costa a una isla ó islote frontero, son visibles generalmente cuando se presenta el fenómeno de bajamar.

### 3.2.8 Mareas y corrientes marinas.

Las mareas son causadas por la fuerza gravitacional del sol y la luna. La atracción de ésta última es suficiente para mecer todos los océanos al moverse en su diario recorrido en torno a la tierra. En el lado del planeta que mira a la luna, se produce una protuberancia de agua y al mismo tiempo se forma otra saliente igual en el lado opuesto.

El sol, a pesar de su enorme tamaño, se encuentra tan alejado que su efecto sobre las mareas es aproximadamente la mitad del de la luna. sin embargo, el sol aumenta o disminuye alternativamente la atracción de la luna, según la posición que ocupa aquél.

Cuando la luna, el sol y la tierra se encuentran alineados (como en la luna nueva y La luna llena), se conjuntan las atracciones de los dos astros y se presentan las mareas altas llamadas mareas vivas. Cuando la luna, el sol y la tierra se encuentran en ángulo recto entre sí (como en los cuartos creciente y menguante de la luna), se presentan las mareas bajas llamadas mareas muertas.

Es importante conocer cuando se presentan los diversos tipos de marea en la zona del proyecto y los estudios que se realicen deben considerarse dentro del diseño como recomendación. Es importante conocer el nivel del mar a pleamar, ya que cuando coincide con tormentas y ciclones puede causar daños considerables en la zona del proyecto.

Las corrientes marinas están representadas por la fuerza con la que fluye el mar y se deberán identificar las zonas de cambio en las corrientes con el objeto de aportar estos datos para la navegación.

### 3.2.9 Oleaje.

El tamaño de las olas depende de tres factores : la fuerza del viento, el tiempo y la extensión del mar abierto a través de la cual puede soplar el viento.

La situación del oleaje es de vital importancia ya que las instalaciones portuarias producirán efecto barrera en el cruce natural del agua, además el proyecto del rompeolas en el puerto y aún su procedimiento constructivo están profundamente ligados al comportamiento del oleaje.

## 3.3 El medio ambiente biológico.

### 3.3.1 Flora.

Es el indicador más importante de las condiciones ambientales del territorio, porque es el productor primario del que dependen directa ó indirectamente todos los demás organismos. Su estabilidad en el espacio permite identificar unidades cuya fisonomía y composición corresponden a condiciones ecológicas homogéneas. Ya que las zonas de clima tropical se caracterizan por la presencia de una amplia diversidad y gran abundancia de vegetación, es muy importante tomar en cuenta este factor en la selección de sitios adecuados para proyectos portuarios, a fin de evitar afectaciones de grandes extensiones, en la que el desmonte de la vegetación conduce a una simplificación del ecosistema.

### 3.3.2 Fauna.

La fauna es un factor difícil de integrar en el proceso de definición de situación preoperacional por la dificultad de cartografiar, valorar y predecir su capacidad de impacto ante influencias artificiales ; esta dificultad estiba en la movilidad en espacio y tiempo de los animales, la gran cantidad de especies existentes, su carácter migratorio, etc.

La fauna asociada a determinados tipos de vegetación es muy importante por su significado ecológico como recurso comercial ó turístico, por lo que debe integrarse al inventario en estudio.

### 3.4 Aspectos socioeconómicos y estéticos.

El conocimiento de las comunidades humanas en el sitio de ubicación de un proyecto y sus alrededores, es necesario como parte de la situación preoperacional del puerto, ya que permite identificar las actividades a las que se dedica la población, el uso del suelo, la tenencia de la tierra, aspectos demográficos, servicios e infraestructura existentes, etc.

Su análisis permite determinar la existencia de una posible incompatibilidad entre el uso actual y potencial del suelo, la existencia de mano de obra local que pudiera trabajar en el medio, probables migraciones hacia el sitio del proyecto al convertirse en un polo de atracción laboral, el desplazamiento de actividades tales como industria, agricultura, pesca, etc.

Dentro de los proyectos portuarios se considera la situación preoperacional del paisaje como recurso natural que involucra, además de cualidades perceptibles, estéticas y culturales, la representación del equilibrio ecológico como resultado constante de los procesos bióticos y abióticos del medio ambiente marino, terrestre y atmosférico.

**El objeto de la anterior consideración es adoptar y adaptar medidas de mitigación y definir los impactos de las actividades que se contemplan.**

#### **3.4.1 Demografía.**

**Se deben conocer ciertos aspectos relacionados con la demografía tales como : nacimientos anuales, defunciones, educación, hospitales y en general la estructura de servicios que alberga a la comunidad en la zona cercana a las instalaciones portuarias.**

#### **3.4.2 Empleos.**

**Es importante establecer el número corriente de empleos en la zona. la tasa de crecimiento de los mismos, las fuentes que los generan (locales ó foráneas), ya que de esta manera se identificará cual es la actividad económica característica de la comunidad y será posible analizar su crecimiento.**

#### **3.4.3 Vialidades.**

**Dentro de los estudios a realizar para la selección del sitio, se debe desarrollar un profundo conocimiento de la red vial de la población cercana a las instalaciones, así como de los accesos existentes hacia la zona portuaria con el objeto de proyectar nuevos caminos que no afecten la red vial existente y mantengan fluidez en el tránsito vehicular.**

#### **3.4.4 Paisaje.**

**Antes de iniciar cualquier actividad se observará y determinará la situación escénica del entorno, misma que debe cuidarse durante la planeación, proyecto y construcción de cualquier instalación portuaria con el objeto de agrandar a la vista y no destruir zonas de gran belleza natural.**

#### **3.4.5 Turismo.**

**Se debe observar la tasa turística anual, los sitios que visitan, la infraestructura hotelera que alberga al turismo y las actividades que desarrollan con el objeto de comparar estos datos con los que se generen posterior a la operación del sistema portuario.**

## Capítulo IV

# Identificación de impactos ambientales en puertos

## CAPITULO 4. IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES EN PUERTOS.

### 4.1 Conceptos básicos.

La previsión de impactos ocasionados por una infraestructura está condicionada por tres aspectos : la ausencia de un adecuado conocimiento de la respuesta de muchos componentes del ecosistema y medio social frente a una acción determinada, la carencia de información detallada sobre algunos componentes del proyecto que pueden ser fundamentales desde un punto de vista ambiental y, por último, el hecho de que, en muchas ocasiones, en la obra se presentan desviaciones respecto al proyecto original que no pueden ser tomadas en cuenta a la hora de realizar el Estudio de Impacto Ambiental. Todos ellos contribuyen a que la estimación de impactos presente una cierta dosis de incertidumbre, cuya magnitud resulta difícil de evaluar.

Respecto a la carencia de información sobre algunos componentes del proyecto que pueden ocasionar errores en la previsión de impactos, es importante mencionar que existen metodologías que, con determinado error, pero que con cierto grado de fiabilidad nos auxilian, todo esto en función y dependiendo de la variable en cuestión.

El grado de fiabilidad está en función de varios factores, entre los que se encuentran, el grado de conocimiento de aquellos, el número de variables independientes que lo caracteriza, el tipo de respuesta de estos, la dependencia con sistemas exteriores, etc.

En ciertos sistemas la previsión puede hacerse con un margen de error aceptable con ciertos modelos matemáticos, mientras que en otros, las previsiones tienen un mayor margen de incertidumbre y se tiene que recurrir a métodos como el de escenarios comparados.

El grado de descripción del proyecto presenta parámetros (p.e. tráfico previsto) que son consecuencia de estimaciones con varios horizontes y su margen de error puede ser elevado ; otros no suelen estar especificados en el proyecto y se deciden en la fase de obra (p.e. localización de los depósitos de materiales). El grado de detalle de éstos parámetros está en función de la fase del proyecto que se esté desarrollando. Por consecuencia el grado de fiabilidad de las alteraciones será mayor cuanto más avanzado esté el proyecto.

#### 4.2 Identificación de alteraciones : medio físico.

##### 4.2.1 Clima.

Las principales alteraciones que se presentan en el clima son básicamente de dos tipos :

- Cambios microclimáticos. Los cambios microclimáticos que se presentan en los alrededores de las instalaciones son debidos principalmente a la distinta refractancia del asfalto respecto a la superficie original y a la destrucción de la vegetación original en el lugar ocupado por las instalaciones.
- Cambios mesoclimáticos. Los cambios mesoclimáticos que se presentan son los generados por la creación de ciertas estructuras que se convierten en barreras y que inducen modificaciones en el régimen local de vientos y olas.

Los cambios microclimáticos son difíciles de cuantificar y su extensión superficial es reducida, por otro lado, los cambios mesoclimáticos a pesar de afectar a superficies más extensas son más fáciles de predecir ya que se apoyan en estudios de vientos y oleajes y el nivel de riesgo en la previsión del cambio es aceptable ya que estos estudios son detallados.

#### 4.2.2 Calidad del aire.

Las alteraciones sobre la calidad del aire son diferentes entre la fase de obra y el uso de las instalaciones portuarias (fase de explotación).

En la fase de obras y con motivo de movimiento de tierras, transporte de materiales, explotación de bancos de materiales, etc. se produce un incremento en la emisión de partículas que, temporalmente, pueden ocasionar niveles de inmisión elevados de partículas en suspensión y sedimentables; estos incrementos se pueden prever mediante modelos de difusión atmosférica. Es de relevante importancia mencionar que los aumentos en los niveles de inmisión se localizan temporalmente y existen una serie de medidas correctoras que pueden reducir los mismos.

Durante la fase de explotación, el incremento en los niveles de inmisión se produce por las emisiones provenientes de la circulación de vehículos terrestres (autos, montacargas, ferrocarril) y embarcaciones.

Los principales contaminantes producto de la combustión de carburantes son: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), plomo (Pb) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), de la misma manera y aunque en menor medida se emiten partículas en suspensión y ciertos metales pesados (Zn, Mn, N y Fe).

La previsión de estos niveles de inmisión se efectúa normalmente mediante modelos de fuentes lineales. Su grado de resolución depende en gran medida del número de parámetros que se consideren y de la fiabilidad de los datos de entrada, que pueden incluir variables como el nivel de tráfico previsto, características de las embarcaciones y vehículos, datos climáticos y de distribución del viento (velocidad y dirección), factores topográficos, etc.

Es importante destacar que existe una legislación vigente sobre los niveles de emisión de ciertos contaminantes atmosféricos, sin embargo, esta legislación contempla únicamente los daños en la salud, a causa de lo cual, en muchos casos, niveles inferiores a los legislados pueden producir efectos en componentes especialmente sensibles de los ecosistemas como puede ser la vegetación.

#### 4.2.3 Emisiones energéticas : Ruidos.

Los impactos de las emisiones sonoras se producen sobre otros componentes del medio físico y social, aunque para prever estos impactos sea necesario estimar los niveles sonoros que pueden producirse con motivo de la construcción y uso de las instalaciones portuarias.

Las acciones que causan un incremento en el nivel sonoro de la zona se pueden dividir en dos fases temporales del proyecto : la obra y el uso de las instalaciones. Durante la primera etapa se producen, tanto incrementos del nivel sonoro continuos como puntuales y en la etapa del uso de las instalaciones los incrementos de niveles sonoros son de carácter continuo.

En la fase de obra podemos citar como ejemplo de emisión sonora continua los movimientos de camiones de transporte de material (tráfico rodado), utilización de maquinaria pesada, plantas de tratamientos de materiales, etc. En la etapa de construcción las emisiones sonoras generalmente son continuas y solo en situaciones extraordinarias se presentan emisiones discontinuas que presenten niveles de ruido extremos.

En la etapa de uso de las instalaciones portuarias las emisiones sonoras son de carácter continuo y se deben principalmente al tráfico tanto de barcos, camiones, autos y en su caso, ferrocarril.

La previsión del incremento sonoro se realiza normalmente mediante modelos matemáticos, ya sean de focos singulares y de fuentes lineales. Se han desarrollado una serie de modelos y paquetes informáticos al efecto, que tienen como datos de partida dos grandes grupos de variables : las características de los focos emisores (tráfico previsto) y las del medio receptor, entre las que se incluye la topografía y batimetría del lugar, las características de los vientos, distancia al receptor, etc.

#### 4.2.4 Hidrología.

Las acciones del proyecto que ocasionan impactos en la hidrología superficial y subterránea son variadas, sin embargo podemos mencionar como representativas :

- Construcción de caminos, muelles y escolleras.
- Desviación temporal ó permanente de caudales.
- Impermeabilización de superficies.
- Dragado.

Todas estas acciones pueden producir cambios en la calidad de aguas, en los caudales ó en los flujos de circulación. Los efectos sobre la hidrología superficial y subterránea no se presentan únicamente en una zona concreta ya que pueden transmitirse a áreas muy alejadas y extensiones bastante grandes, así el ámbito a considerar deberá ser en ocasiones mucho más extenso que el entorno inmediato a la vía.

La construcción de caminos puede traer como consecuencia la presencia de efecto barrera, mismo que puede incrementar el riesgo de inundación, éste parámetro alcanza niveles altos de importancia al ser considerado en zonas de avenidas fuertes.

La desviación temporal y la desviación permanente de los caudales son acciones del proyecto que pueden tener gran incidencia en función de ciertos factores, tales como la zona en que se presenten y por supuesto la configuración física del lugar. La desviación produce un cambio en los sistemas de escorrenia y en la organización de las aguas superficiales que repercute a diferentes niveles como pueden ser los procesos locales de erosión-sedimentación, flora, etc.

La previsión se puede realizar a un nivel cuantitativo siempre y cuando se cuente con suficientes datos de entrada (caudales de los cursos, datos de pluviometría de la cuenca con un período de años fiable, etc.)

La calidad de aguas puede modificarse en la fase de obras y en la fase de operación del proyecto por diversos factores como: vertido de combustibles, cambio en los sólidos disueltos y en suspensión por acciones de dragado y movimiento de tierras, deposición de emisiones atmosféricas (partículas y plomo), contaminantes, productos de conservación de vía.

La predicción puede efectuarse mediante distintos modelos de calidad del agua existentes, sin embargo, al ser variadas (consideran distintos datos de entrada y distintas reacciones dentro del sistema) y no tener aplicabilidad confiable a causa de la ausencia de datos fiables, se estudian provisiones cualitativas ó de nivel de riesgo.

#### 4.2.5 Calidad del agua.

Se ha dejado clara la necesidad de hacer revisiones periódicas a la calidad del agua con el objeto de determinar las alteraciones que se presenten como : cambios en la salinidad, coloración, contenido bacteriológico, contenido de oxígeno, número de especies que alberga, etc.

Generalmente estos cambios se presentan por la afectación directa de factores tales como derrames de combustibles y concentración de descargas al mar.

Los programas de control y prevención de las descargas deben aplicarse estrictamente ya que estas aguas de descarga contienen altos índices de contaminación, mismos que al integrarse de lleno al lecho marino pueden provocar importantes cambios en la calidad del agua y por tanto destruir también comunidades marinas.

Es importante mencionar que un correcto análisis de la calidad del agua es aquel que no se limita únicamente a verificar el contenido de oxígeno en los cuerpos de agua y verificar si es apta para la vida silvestre ; el análisis de la calidad de agua debe considerar la búsqueda de la compatibilidad de las características físicas, químicas y biológicas del agua con las expectativas de desarrollo de comunidades animales y vegetales, así como de productividad de los usuarios.

#### 4.2.5 Suelo.

Las afecciones sobre los suelos se concretan, por una parte a la destrucción directa ó alteraciones por la construcción de las instalaciones y movimientos de tierras (que afectan la configuración física de las playas) y, por otro lado respecto a la acumulación de

contaminantes transmitidos por vía atmosférica o por vía hidrológica, a través de los arrastres de las aguas de escorrentía.

La magnitud de las afecciones está dada en función de las superficies destruidas y de la calidad edáfica de las superficies ocupadas. Hay que tener en cuenta además de la superficie afectada por la vía, las obras ajenas como caminos de acceso y circulación en instalaciones y las superficies en que el suelo sufre una compactación por el depósito de materiales y tránsito de maquinaria pesada.

La previsión de las alteraciones del suelo es relativamente compleja puesto que no existen modelos cuantitativos fiables, por ello, en muchas ocasiones se recurre a la técnica de escenarios comparados.

#### 4.2.7 Configuración física de las playas.

Tener definidas las zonas en donde se ubicarán las instalaciones portuarias, además de conocer las dimensiones de las mismas, nos permitirán desarrollar modelos útiles para la previsión de la configuración de las playas.

Las playas en función de sus características físicas se clasifican en :

- Abiertas (Puerto Marqués, Veracruz, Mazatlán)
- Cerradas (Acapulco, Manzanillo)

Su clasificación en función del material que la compones es :

- Playas finas. Compuestas de limos y arcillas.

- Playas gruesas. Compuestas de boleas y gravas.
- Playas rocosas. Alcantarillados ó en procesos de erosión.

Las formaciones de las playas se deben a mayores cantidades de materiales que llegan y a menores cantidades que salen, producto en gran parte por el oleaje.

La construcción de instalaciones portuarias como plataformas, muelles y demás, pueden alterar la configuración de las playas, ya que se presenta el efecto barrera producto de dragado y relleno de material ó de la misma estructura. Tomando en cuenta el dragado como la primer actividad que intervendrá en el oleaje y al mismo fenómeno como principal generador de playas, se determinará previamente el sitio en donde las actividades de dragado y relleno de material se llevarán a cabo, con el objeto de desarrollar un modelo de escenarios comparados para la previsión de alteraciones en la configuración física de las playas.

#### 4.2.7.1 Islas.

Se observará la posible disminución de comunidades animales que albergan las islas en las inmediaciones del puerto, en ocasiones estas comunidades se ven afectadas por factores de diversa índole como ruidos, derrames de combustibles, navegación marítima, cambios en la calidad del agua, etc.

Muchas ocasiones para proteger las especies animales y vegetales que alberga una isla, esta es declarada como reserva ecológica e incluso se prohíbe la navegación en sus alrededores. Además de los cambios en las poblaciones animales y vegetales de una isla, en ocasiones al efectuar cambios en las corrientes de agua por la construcción de obras de protección se ve afectada la configuración de la misma.

#### 4.2.7.2 Arrecifes.

Generalmente cuando un arrecife interviene en las inmediaciones de la zona que albergará un puerto, éste es destruido. Al remover las zonas rocosas que forman los arrecifes, son destruidas centenares de especies que se desarrollan en las diversas zonas de los mismos dando como resultado un impacto ambiental adverso. Otro cambio que se provoca con la destrucción de arrecifes es la liberación del flujo de agua lo que favorece a la navegación ó en su caso a la creación de áreas de amarre de embarcaciones.

#### 4.2.7.3 Corales.

Se ha explicado que un manto de coral es un ser vivo formado por la agrupación de millones de organismos vivos. Generalmente las zonas en donde existen corales son declaradas reservas ecológicas por lo que la ley prohíbe realizar actividades deportivas, pesqueras y en general de toda índole.

Dado lo complejo de estos organismos y lo delicados que son, su periodo de regeneración es de muchas décadas, por lo que en la actualidad estas reservas son bastante protegidas y para llevar a cabo alguna actividad en la zona donde existe un manto de coral, se requieren permisos y por supuesto orientación sobre como realizar estas actividades cerca de la zona, tal orientación será propuesta por el organismo ecológico correspondiente.

#### 4.2.7.4 Barras.

Evitar la explotación no controlada de las barras como bancos de arena, permitirá asegurar la desembocadura natural de los ríos al mar, además de evitar efectos de corte en la morfología costera, es decir, cambios en la configuración natural de las playas cerca de la desembocadura de los ríos.

#### 4.2.7.5 Tómbolos.

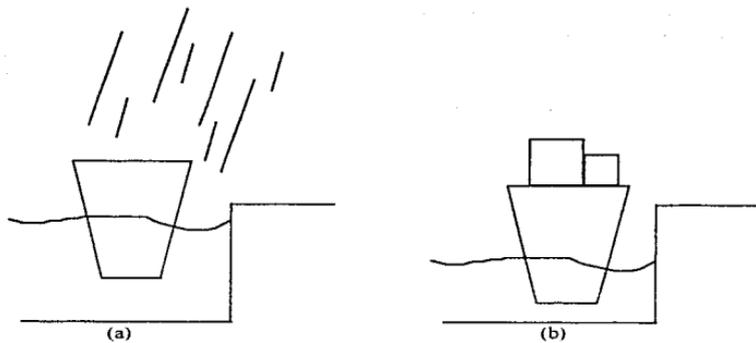
En ocasiones tienen que someterse a procedimientos de dragado por lo que dejan de formar la unión entre la costa y los islotes ó islas cercanas, esto se hace por motivos de navegación principalmente y las alteraciones producidas generalmente son cambios en los flujos naturales de agua, corte en zonas usadas por aves para depósito de huevos e incluso como áreas de descanso (playa) de mamíferos mayores.

#### 4.2.8 Mareas y corrientes marinas.

La previsión de los impactos generados por las mareas está encaminada a determinar el diseño de las instalaciones y el diseño de la plantilla del puerto en función de 2 situaciones extraordinarias relacionadas directamente con la marea (Ver *figura 4.1*):

- Coincidencia de pleamar (marea alta) con tormentas y ciclones que puedan dañar considerablemente la zona del proyecto y en su caso provocar fuertes inundaciones.
- Calado del barco cargado en coincidencia con bajamar (marea baja), situación crítica del barco.

Las mareas son causadas por la fuerza gravitacional del sol y la luna. La atracción de la luna es suficiente para hacer todos los océanos y el fenómeno que se produce es que en el lado del planeta que mira a la luna se presenta una protuberancia de agua y al mismo tiempo se forma otra saliente igual en el lado opuesto.



**Figura 4.1 Situaciones extraordinarias relacionadas con la marea.**

**(a) Coincidencia de tormenta con pleamar.**

**(b) Coincidencia de barco cargado con bajamar.**

El sol se encuentra tan alejado de la tierra que su efecto sobre las mareas es aproximadamente la mitad del de la luna, sin embargo, la importancia del sol radica en que aumenta ó disminuye alternativamente la atracción de la luna según su posición.

Cuando el sol, la luna y la tierra se encuentran alineados (como en la luna nueva y la luna llena), se conjuntan las atracciones de los dos astros y se presentan las mareas altas llamadas mareas vivas. Cuando el sol, la luna y la tierra se encuentran en ángulo recto entre sí (como en los cuartos creciente y menguante) se presentan las mareas bajas llamadas mareas muertas.

Los principales cambios que se presentan en las corrientes marinas son el aumento en la intensidad y duración de las mismas ó la disminución, datos que se obtienen a partir de la comparación de la intensidad de las corrientes antes del desarrollo portuario con la intensidad de las mismas posterior al desarrollo portuario, estos datos son de incalculable valor para la navegación.

#### 4.2.9 Oleaje.

Las olas son movimientos rítmicos de corto período provocados por los vientos. Frecuentemente se puede hablar de tres componentes en una ola:

- Fetch.- Es la zona representativa en la generación de un oleaje.
- Decaimiento.- Es la zona inmediata posterior a la zona fetch y es aquí donde la ola inicia su período de ruptura, hasta llegar a la misma.
- Rompiente.- Es el cambio del movimiento de partículas de agua de un movimiento orbital elíptico a un movimiento turbulento.

Como se mencionó anteriormente las playas se forman cuando sale más material del que llega, en donde el arrastre de materiales se debe principalmente al oleaje.

La importancia del oleaje está relacionada directamente con la configuración de las playas, por lo que la previsión de este fenómeno y sus consecuencias deben ser profundamente estudiadas.

El efecto barrera puede traer consigo fenómenos del oleaje como (Ver figura 4.2) :

- Difracción.- Se presenta cuando el tren de oleaje se ve cortado parcialmente.
- Reflexión.- Se presenta cuando el tren de oleaje se ve cortado totalmente.

Las alteraciones en los movimientos del oleaje y sus cambios direccionales pueden modificar totalmente la configuración de las playas y consecuentemente alterar el proyecto.

#### 4.3 Identificación de alteraciones : Medio ambiente biológico.

##### 4.3.1 Flora.

Los impactos sobre la flora pueden ser directos, ó indirectos a través de otros componentes del ecosistema como atmósfera, aguas y suelos.

Los impactos directos se presentan durante la fase de obra en donde la construcción de las instalaciones implica la desaparición de las comunidades vegetales intersectadas por la infraestructura. La magnitud del impacto depende de las superficies ocupadas y del valor de las comunidades vegetales.

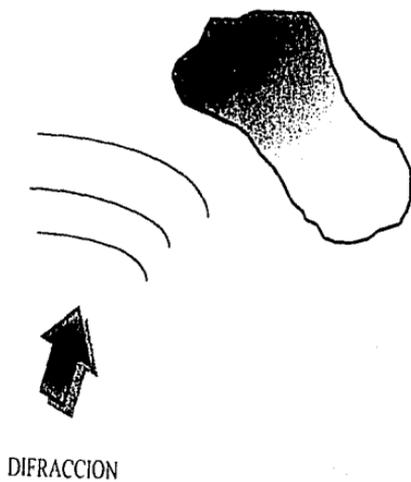
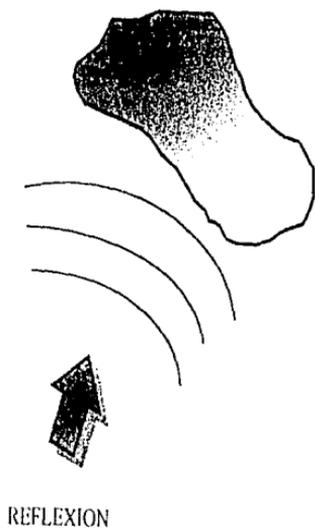


Figura 4.2 Representación esquemática de los fenómenos de difracción y reflexión.

Otras acciones del proyecto que deben tomarse en cuenta son el movimiento de maquinaria pesada y los depósitos y vertidos de materiales, la destrucción de las comunidades vegetales se produce en zonas específicas del proyecto pudiendo afectar a superficies extensas en el caso en que no se tenga cuidado durante la fase de obras.

Los cambios en la vegetación son fáciles de predecir a través de la superposición de impactos y de un conocimiento adecuado de la sucesión en las distintas formas vegetales.

Finalmente podemos mencionar los impactos secundarios, mismos que pueden entenderse como un incremento en el nivel de riesgo ; entre ellos destacan los incendios, inundaciones y los efectos del pisoteo, estos últimos producidos por el aumento de frecuentación.

La previsión de los impactos secundarios es relativamente difícil puesto que son puntuales y erráticos en el tiempo, sin embargo, conociendo las características y la fragilidad de los ecosistemas se puede llegar a estimaciones cualitativas de riesgos que permitan tenerlos en cuenta en el impacto global del proyecto y en la comparación de alternativas.

#### 4.3.2 Fauna.

La fauna puede verse afectada por varios motivos, destacando el efecto de corte que se produce en sus movimientos ; los cambios de hábitat por modificaciones en otros sistemas, como pueden ser suelos , agua y vegetación ; la erradicación ó pérdida de zonas de reproducción y/o alimentación ; el incremento de la frecuentación, mismo que produce molestias en zonas de reproducción y finalmente el aumento de la caza.

El efecto de corte se produce debido a la movilidad de la fauna, ya que muchas especies utilizan diferentes zonas del territorio para efectuar sus ciclos vitales, bien diarios, bien estacionales.

Otra forma de afección es por destrucción ó cambio de hábitat, bien sea directamente por la construcción de las instalaciones, bien indirectamente a través de la vegetación, suelos y agua. Las especies faunísticas muestran una selección de hábitat característica, por lo que la modificación de éste supone la desaparición de ciertas especies ó una disminución de sus poblaciones.

La alteración del hábitat no se produce únicamente sobre la fauna terrestre, sino también sobre la acuática, al menos temporalmente, puesto que los cambios en el caudal de los cursos fluviales, la limpieza de cauces, así como la calidad de aguas, repercuten de manera directa y rápida sobre la fauna y flora acuática.

Estas alteraciones pueden tener previsión mediante modelos estadísticos sobre selección de hábitat de las distintas especies y superposición de impactos.

#### 4.4 Identificación de alteraciones : Medio ambiente socioeconómico y estético.

No existe una metodología para el tratamiento de las alteraciones en el medio socioeconómico por lo que cada profesional debe decidir lo que en cada caso considere oportuno y operativo. Algunos autores establecen una división en tres categorías de análisis según se ocupen del individuo, aisladamente, del conjunto de individuos (población) y su distribución ó características, ó de la comunidad, es decir, del conjunto de individuos como colectivo que se rige por unas reglas y comparte unos equipamientos y servicios.

Otros autores, por el contrario, prefieren abordar el estudio analizando las diferentes alteraciones que se producen sobre los distintos componentes del medio. Se ha adoptado el criterio de describirlas por subsistemas afectados, diferenciando las distintas fases del proyecto, ya que se considera que de este modo se establece una conexión más estrecha con la definición de la situación preoperacional.

#### 4.4.1 Demografía.

##### *Alteraciones sobre la estructura demográfica.*

- Es un efecto derivado de las variaciones introducidas en las relaciones económicas, y no afecta de forma exclusiva el ámbito seleccionado, ya que en la fase de construcción la demanda de mano de obra puede motivar desplazamientos de individuos espacialmente alejados, generalmente jóvenes.
- La posible emigración puede alterar la distribución demográfica de la población, presentando una serie de efectos derivados tales como : problemas de alojamientos, mayor necesidad de servicios y dotaciones asistenciales, sanitarias, docentes, etc.
- Una vez en funcionamiento la infraestructura, se presentan alteraciones que pueden concretarse : inicio de procesos migratorios negativos (emigración) y positivos (inmigración); reestructuración de la distribución por edades. Si el fenómeno es emigración, descenderán los porcentajes de población joven adulta y si el fenómeno es inmigración, estos porcentajes aumentarán.
- Es conveniente aclarar que los procesos migratorios son consecuencia de un acto voluntario posibilitado y potenciado por la nueva infraestructura en combinación con algunas condiciones concretas de economía y desarrollo.

##### *Distribución espacial de la población.*

- Los cambios de propiedad ó expropiaciones de terrenos para la construcción de las instalaciones portuarias pueden desplazar a individuos de su lugar de residencia, trabajo ó entorno social, modificando la distribución espacial de la población.

#### 4.4.2 Empleos.

##### *Alteraciones en la población activa.*

- Se observará la generación de empleos como un factor social y no como un proceso económico.
- Durante la fase de obras se pueden establecer diferencias entre los empleos generados : empleos cubiertos por individuos de la empresa constructora ó empresas subsidiarias, empleos cubiertos por individuos residentes en el área analizada y empleos generados indirectamente ó por el crecimiento de la economía inducido por la infraestructura portuaria. Haciendo referencia a los empleos generados por la obra y cubiertos por individuos residentes, podemos mencionar que la generación de estos empleos, puede alterar la distribución por sectores de la población activa, la tasa de dependencia y las tasas ó índices de desempleo. Durante la etapa de construcción pueden generarse empleos de carácter directo con el objeto de cubrir servicios que los trabajadores de la obra demanden : restaurantes, hostelería, etc. En la fase de operación del sistema portuario los empleos generados son menores que durante la etapa de construcción, sin embargo, los servicios de mantenimiento y los propios del sistema portuario tienen una incidencia clara sobre este sector de población.

#### 4.4.3 Vialidades.

El desarrollo de un sistema portuario y en realidad el propósito del mismo es comunicar al puerto con diversos lugares en los que se desarrollarán actividades relacionadas con el puerto, para ello es necesario contar con diversas vialidades como caminos de acceso, calles, carreteras e incluso líneas de ferrocarril.

Las vialidades que serán construidas para satisfacer la demanda del puerto generarán empleos y servicios que requerirán las personas encargadas de la construcción, es decir, contribuirán claramente al desarrollo de nuevas comunidades que se integrarán a la existente.

La explotación inadecuada de vialidades contribuirá a la presencia de fenómenos adversos como concentración vehicular, ruido, emisiones contaminantes, etc. por lo que se debe llevar a cabo una adecuada planeación del desarrollo de los caminos y demás vialidades.

#### 4.4.4 Paisaje.

Se determinarán la cantidad de elementos escénicos con que se cuenta y en caso de ser necesario se incorporarán nuevos elementos que proporcionen una vista agradable y que no obstruyan el desarrollo de las actividades portuarias y urbanas.

#### 4.4.5 Turismo.

##### *Alteración en los medios de vida.*

La práctica de deportes de mar como buceo, pesca deportiva, ski y son actividades que frecuentemente son demandadas por los turistas ; además el incremento del turismo exigirá la creación de hostelería, restaurantes, centros comerciales y demás, mismos que generan empleos directos. Es por ello que un impacto de esta naturaleza se produce cuando una comunidad que mantiene un sistema de vida tradicional ve rota su estructura por la presencia de individuos de otras comunidades con otro sistema de vida.

#### 4.5 Indicadores de impactos.

Un indicador es un elemento del medio ambiente afectado, ó potencialmente afectado por un agente de cambio. Para nuestro caso, los indicadores de impactos serían unos índices, bien cuantitativos, bien cualitativos que permitan evaluar la cuantía de las alteraciones que se producen como consecuencia de un determinado proyecto.

Los indicadores de impactos deben cumplir con una serie de requisitos para ser útiles :

- Representatividad. Se refiere al grado de información que posee un indicador respecto al impacto global de la obra.
- Relevancia. La información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Excluyente. No existe una superposición entre los distintos indicadores.
- Cuantificable. Medible siempre que sea posible en términos cuantitativos.
- Fácil identificación. Definidos conceptualmente de modo claro y conciso.

Los indicadores de impactos tienen su principal valor a la hora de comparar alternativas, puesto que permiten cotejar, para cada elemento del ecosistema, la magnitud de la alteración que produce. Sin embargo, estos indicadores son útiles para estimar los impactos de un determinado proyecto, ya que permiten cuantificar y obtener una idea del orden de magnitud de las alteraciones.

Los indicadores de impactos pueden variar según la etapa en que se encuentra el proceso de generación del sistema portuario (p.e. que sea un estudio previo ó funcional ó un proyecto)

ya que el nivel de detalle que se posee sobre las acciones del proyecto suele ser muy diferente.

#### 4.5.1 Lista orientativa de indicadores de impactos.

La lista de indicadores que se incluye es una referencia orientativa que en ningún caso deberá ser aplicada a diversos proyectos, ya que cada uno de ellos y el medio físico afectado poseen casuística propia.

- **Clima.** Un indicador de los cambios climáticos podría ser el número de puntos en que es posible que se produzcan nuevos canales de recorrido de los vientos ó que se produzcan cortes.
- **Calidad de aire.** Los indicadores de la calidad pueden ser diferentes, según se trate de estudios previos ó de anteproyecto. En el primer caso se pueden utilizar las superficies ocupadas por la infraestructura con diferente capacidad de dispersión atmosférica. En el segundo, la superficie afectada por diferentes niveles de inmisión.
- **Ruidos y vibraciones.** Un posible indicador de impactos de esta variable son las superficies afectadas por niveles sonoros elevados. Este indicador es conveniente que se complete con otros indicadores relacionados con el efecto que estas emisiones energéticas producen sobre la población y la fauna.
- **Geología y geomorfología.** En la fase de estudios previos se pueden adoptar indicadores tales como el número e importancia de los puntos de interés geológicos afectados, el contraste del relieve y el grado de erosionabilidad e inestabilidad de los terrenos. En la etapa de proyecto los indicadores deben tener un mayor detalle, pudiendo concretarse el grado de riesgos ecológicos.

- **Hidrología.**
  - Número de cauces interceptados.
  - Superficie afectada por la infraestructura en la zona de recarga de acuíferos.
  - Número y valor de los embalses, lagos, zonas húmedas, lagunas interceptadas ó cercanas.
  - Caudales afectados por cambios en la calidad de aguas.
  - Superficies afectadas por el riesgo de barrera-presa.
  
- **Suelo.** Los indicadores de impactos en suelos están ligados a la calidad de los mismos por lo que un indicador sería la superficie de suelo de distintas calidades afectadas ; otro indicador pueden ser los riesgos de erosión.
  
- **Configuración física de las playas.** Superficies afectadas por el riesgo de efecto barrera.
  
- **Vegetación.**
  - Superficies de las distintas formaciones vegetales afectadas por las obras y valoración de su importancia en función de diferentes escalas espaciales.
  - Número de especies protegidas afectadas.
  - Superficie de formaciones afectadas por aumento de riesgo de incendios, derrames, etc.
  - Superficie de formaciones sensibles afectadas por contaminantes ó cambio en la calidad del agua.

- **Fauna.**
  - Superficie de comunidades faunísticas directamente afectadas y valoración de su importancia.
  - Población característica, protegida afectada.
  - Número de zonas ó lugares sensibles afectados (zonas de reproducción, alimentación).
  - Especies y poblaciones afectadas por efecto barrera, derrames, incendios y otros.
  
- **Paisaje.**
  - Número de puntos de especial interés paisajístico afectados.
  - Obstrucción visual de la infraestructura.
  - Volumen de dragado previsto.
  
- **Demografía.**
  - Variaciones de la población total y relaciones de esta variación con respecto a las poblaciones locales.
  - Número de individuos residentes ocupados en empleos generados por la construcción de la infraestructura y derivados de los servicios.
  - Número de individuos afectados por incrementos en niveles de inmisión sonora y contaminación ambiental.
  
- **Factores socioculturales**
  - Valor cultural y extensión de las zonas que pueden sufrir modificación en los modos de vida tradicionales.

- Incremento en el nivel de vida de la comunidad.

#### 4.6 Criterios y metodología de evaluación.

Los criterios y métodos de evaluación del impacto ambiental pueden definirse como aquellos que permiten valorar el impacto ambiental de un proyecto sobre el medio ambiente. Los criterios permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, mientras que los métodos de evaluación tratan de valorar conjuntamente el impacto global que produce la obra.

##### 4.6.1 Criterios.

Los criterios de valoración del impacto propuestos, son variados y su selección depende en gran medida del autor y del estudio, dentro de los E.I.A. los criterios más utilizados son :

- Magnitud. Se refiere al grado de afección de un impacto concreto sobre un determinado factor. Esta magnitud se expresa generalmente cualitativamente, aunque puede intentar cuantificarse.
- Signo. Muestra si el impacto es positivo (+), negativo (-) ó indiferente (o). En ocasiones y debido a la valoración que puede ser subjetiva, es difícil estimar el signo.
- Escala espacial ó extensión. Considera la superficie espacial afectada por un determinado impacto ; éste criterio puede cuantificarse en muchas ocasiones.
- Duración ó persistencia. Este criterio se refiere a la escala temporal en que actúa un determinado impacto.

- **Momento.** Se refiere a la fase temporal en que se produce. El criterio puede adaptarse a las etapas del proyecto (p.e. fase del proyecto, obra ó explotación del mismo) ó hacer referencia a plazos temporales no ligados al mismo.
- **Certidumbre.** Nivel de probabilidad de que se produzca el impacto : Normalmente se clasifica según una escala cualitativa tal como, cierto, probable, improbable y desconocido.
- **Reversibilidad.** Tiene en cuenta la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial. Muchos impactos son reversibles si se aplican medidas correctoras, aunque en ocasiones el costo de estas medidas los hacen irreversibles.
- **Sinergia.** Hace referencia a la acción conjunta de dos impactos, en el que el impacto total es superior al de la suma de los impactos parciales.
- **Presencia de medidas correctoras.** Especifica si a un determinado impacto se le pueden aplicar medidas correctoras y en que grado.

Generalmente estos criterios de valoración de impactos se suelen aplicar de un modo cualitativo, aunque en otros impactos es posible cuantificar la valoración de los mismos.

#### 4.6.2 Métodos de evaluación.

Algunas metodologías de las presentadas son derivadas de los estudios de ordenación de territorio y otras diseñadas para los E.I.A., las metodologías van de lo simple a lo complejo, en algunas no se pretende evaluar numéricamente el impacto global que se produce, sino exponer los principales impactos y en otras a través de los diversos procesos de ponderación

se intenta dar una visión global de la magnitud del impacto, algunas de las metodologías más utilizadas son :

- Listas de revisión. Este método es el más simple de los que se utilizan generalmente y consiste en verificar los impactos que se producen a través de las listas de referencia existentes. Es importante destacar que estas listas de referencia por muy complejas que sean pueden tener omisiones, por lo que conviene tomar en cuenta que cada estudio es un caso concreto y que se pueden producir impactos no incluidos en estas listas.
- Métodos matriciales simples. Consisten en relacionar matricialmente las acciones del proyecto que pueden causar alteraciones por un lado y los componentes del medio físico y social afectados, por otro. En forma simple, estas matrices sólo identifican impactos aunque pueden volverse complejas, mediante distintos criterios de valoración. Estas matrices pueden elaborarse con criterios gráficos de manera que su visualización permita identificar rápidamente los impactos y las acciones del proyecto que las producen. Ver *tabla 4.1*
- Superposición de transparentes. Este método ha sido aplicado principalmente a los estudios de ordenación territorial, aunque también es utilizable en los E.I.A. y consiste en superponer sobre un mapa del área de estudio, transparencias coloreadas que indiquen el grado de impacto para determinados factores, la ventaja del método es la representación espacial de los impactos, su eficacia puede aumentarse mediante el uso de ordenadores con entrada y salidas gráficas.
- Métodos Matriciales complejos. Estas matrices están formadas por la interacción causa efecto y también en ellas se establecen criterios de valoración de los impactos. Las matrices frecuentemente usadas son las de Leopold y las de Grandes Presas. Ver *matriz de identificación de impactos ambientales*.

La matriz de Leopold tiene como parámetros principales para la evaluación de impactos :

1.- Identificación de las acciones del proyecto que intervienen y de los componentes del medio físico afectado.

2.- Estimación subjetiva de la magnitud del impacto, en una escala del 1 al 10, siendo el signo (+) representante de un impacto positivo y el signo (-) representante de un impacto negativo, ésta magnitud parece reflejar la extensión del impacto.

3.- Evaluación subjetiva de la importancia, entendida esta, como "intensidad de impacto", en una escala de 1 al 10. Estos dos valores se reflejan, dentro de la casilla correspondiente, en la casilla superior izquierda e inferior derecha, respectivamente.

La matriz de Grandes Presas es similar en su fundamento a la de Leopold, sin embargo, sus criterios de valoración se resumen en la siguiente simbología :

- Impacto : positivo, negativo y previsible (a confirmar y calificar con estudios más detallados).
- Importancia : menor, moderada y mayor.
- Certidumbre :cierto, probable, improbable y desconocido.
- Duración : temporal y permanente.
- Plazo : inmediato, medio y largo plazo.
- Considerado en el proyecto : si o no.

Los dos métodos matriciales complejos se consideran informativos y no pretenden dar lugar a una evaluación final del impacto. La principal ventaja es que éstos métodos pueden representar globalmente el impacto que sobre el medio físico y social tienen las distintas acciones del proyecto.

- **Redes de interacción.** Este método trata de relacionar de modo gráfico las causas con los efectos primarios, secundarios y de órdenes superiores. La condición para incluir un eslabón en la cadena son cuestionar la probabilidad de ocurrencia de un impacto y la importancia de que se produzca la condición de cambio. Como columnas finales de este método se suelen incluir la importancia de los efectos finales y las medidas correctoras. Esta técnica tiene como principal utilidad poner de manifiesto la interacción entre los distintos componentes, sin embargo, en proyectos grandes, el método puede volverse complejo en exceso y muy difícil de visualizar. Ver *tabla 4.2*

#### 4.6.3 Matrices de identificación de impactos ambientales.

	Acciones del proyecto	Movimiento de tierras	Dragado	Camminos de acceso	Edificaciones
<b>Impactos</b>					
Configuración física de las playas		----- -----	----- -----		
Cambios microclimáticos mesoclimáticos		----- -----			----- -----
Destrucción de puntos de interés biológico		----- -----	----- -----		
Cambios en usos del suelo		----- -----			
Efecto barrera		----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
Destrucción y migración de especies		----- -----			
Incremento de los niveles sonoros		----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
Destrucción de la vegetación		----- -----	----- -----	----- -----	----- -----

Tabla 4.1 Ejemplo de utilización de una matriz sencilla para un caso hipotético de unas instalaciones portuarias. No se incluyen todos los impactos posibles ni las acciones del proyecto que puedan generar los mismos.



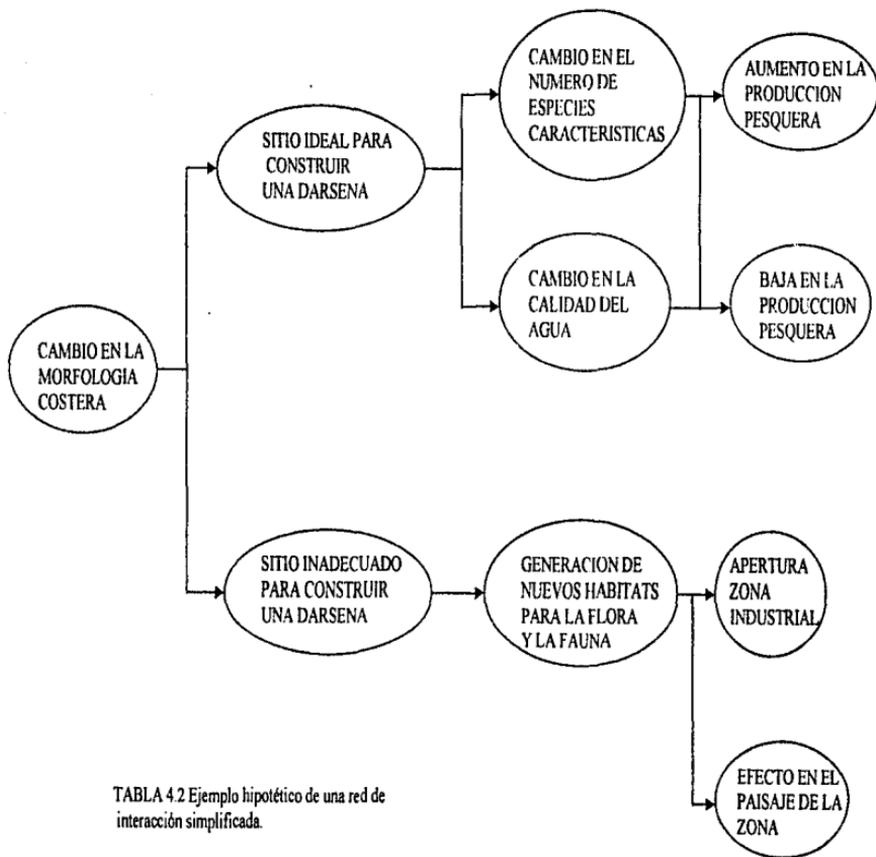


TABLA 4.2 Ejemplo hipotético de una red de interacción simplificada.

## Capítulo V

# Medidas preventivas y correctivas en los impactos ambientales

## **CAPITULO 5. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS EN LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

### **5.1 Conceptos básicos.**

Cuando nos encontramos en la necesidad de establecer las medidas preventivas o correctivas para eliminar o reducir un impacto generado por un determinado proyecto hay que partir de la base de que siempre es mejor no producirlo, que corregirlo.

El principal inconveniente de las medidas correctivas es que su aplicación implica un gasto adicional que, comparado con el costo global del proyecto es menor, pero que no deja de representar un gasto adicional que puede evitarse si no se produce el impacto ; a todo esto hay que agregar que en la mayoría de los casos es de tal magnitud que la medida correctiva no lo elimina, sólo lo reduce y en muchos casos, ni siquiera logra esto.

Es importante mencionar que los impactos pueden reducirse en gran medida con un diseño adecuado del proyecto desde un punto de vista medioambiental y un cuidado total durante la fase de obras. Con las medidas correctivas es igualmente importante, ya que su aplicabilidad dependerá de detalles del proyecto, tales como el acabado de movimientos de tierras, espacios de agua ocupados, etc. Este diseño no sólo es importante como limitante para las medidas, sino también para abaratar en su caso, el costo de las mismas. Por todo esto el éxito de aplicación de una medida correctiva depende de que su diseño se contemple de manera coordinada con el proyecto.

Es importante la consideración de la escala espacial y temporal sobre la aplicación de las medidas correctivas. Sobre la escala espacial se debe tener en cuenta que muchas de las medidas se deben aplicar en zonas fuera de los perímetros del proyecto, por lo que se deben

tener en cuenta durante el proyecto, estas zonas exteriores y en su caso llegar a convenios con las entidades afectadas.

Referente al momento adecuado para aplicar las medidas, se considera conveniente realizar las medidas correctivas lo antes posible, de esta manera se pueden evitar impactos secundarios no deseables.

### 5.2 Descripción de las medidas correctivas.

Las medidas correctivas mencionadas en la *tabla 5.1* están agrupadas según su aplicabilidad a diferentes variables del medio físico, biológico y socioeconómico ; es importante mencionar que no son únicas y que cada medio puede tener algún otra medida atenuante de los posibles impactos presentados, sin embargo, se presentan como una posibilidad para incluir en cualquier estudio de impacto ambiental y si el medio afectado es otro, puede servir de guía.

### 5.3 Impactos residuales.

Los impactos residuales son aquellos que tienen lugar después de aplicar las medidas correctivas. Existen muchos impactos que no poseen medida correctiva, otros sin embargo, pueden ser totalmente eliminados mediante estas medidas, aunque en la mayoría de los casos los impactos quedan reducidos en magnitud. Por ello, el estudio de impacto ambiental quedaría incompleto sino se especifican estos impactos residuales puesto que son los que realmente indican el impacto final de un determinado proyecto.

Hay que tener en cuenta además que, dentro de la amplia gama de medidas correctivas que se proponen en los Estudios de Impacto Ambiental, sólo algunas de ellas serán aplicables, ya que algunas son poco factibles por limitaciones espaciales y presupuestarias y otras porque dependen en gran medida de como se lleve a cabo la obra. Por ello, a la hora de exponer los

MEDIO	ALTERACIÓN	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTOS	MEDIDAS CORRECTIVAS
Clima	Cambios microclimáticos Cambios mesoclimáticos	Número de puntos en que se intersecta ó favorecen los recorridos del aire y oleaje.	Diseño adecuado del trazado de instalaciones, con el objeto de mantener recorridos de vientos constantes.  Orientación adecuada de estructura que permita continuar con recorridos naturales de las olas ó muy similares.
Calidad del aire	Aumento en los niveles de inmisión de partículas, metales pesados y CO2.	Superficies ocupadas con distinta capacidad dispersante.  Superficies afectadas por niveles excesivos de inmisión.	Orientación de caminos, dársenas e instalaciones de acuerdo con los vientos dominantes.  Caminos y zonas de operaciones anchas.  Diseño para mantener tráfico fluido y constante.
Ruidos	Incremento en niveles sonoros continuos.  Incremento en niveles sonoros puntuales.	Superficies afectadas por niveles de ruido elevados.	Firmes menos ruidosos.  Barreras acústicas sólidas.
Hidrología	Efecto barrera y riesgos de inundaciones.  Cambios en los flujos de caudales.  Pérdida de calidad de aguas.  Cambio en los procesos locales de erosión y de sedimentación.	Superficies con estructuras que puedan evitar libre circulación del agua y por lo tanto ocasionar inundación ó pérdida de agua.  Superficies afectadas por riesgo de barrera-presa.  Caudales y superficies de agua contaminada.	Construcción conveniente de estructuras para circulación del agua.  Cuidados durante la fase de construcción.  Evitar vertidos y derrames de combustibles en el agua.  Formular planes y medidas de emergencia para evitar vertidos accidentales.  Retención de sedimentos durante la construcción.
Suelo	Destrucción directa  Compactación.  Aumento de erosión.	Superficies de suelos de distintas calidades afectadas.  Volumen de tierras erosionadas.	Evitar en su medida la compactación de suelos.  Recubrir las zonas sin suelo con capa productiva.

MEDIO	ALTERACION	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTOS	MEDIDAS CORRECTIVAS
Configuración física de las playas	Cambio en la estructura y configuración de las playas. (Acercamiento del mar, alejamiento del mar)	Superficies que obstruyen el paso natural del mar.  Cambios en el tren de oleaje.	Construcción de instalaciones que permitan el flujo del mar, según conveniencia del puerto.
Mareas	Inundación y desborde del mar sobre las instalaciones.  Falta de calado de las instalaciones.	Superficies inundadas en avenidas extraordinarias.  Calado del barco cargado similar al calado del puerto.	Diseño óptimo de la plantilla para condiciones extraordinarias.
Flora	Destrucción de la capa vegetal.  Degradación de capas vegetales.  Destrucción de especies protegidas.  Aumento de riesgo de incendios.  Deterioro de comunidades vegetales por pisoteo.  Pérdida de productividad por aumento de los niveles de inmisión de partículas.  Corte del hábitat de la flora acuática.	Superficie de las distintas formaciones vegetales afectadas por obras e infraestructura y valoración de su importancia.  Número de especies protegidas.  Superficies afectadas por el aumento de riesgo de incendios.  Superficie de distintas formaciones sensibles a peligro de contaminación atmosférica e hídrica.	Evitar plantar vegetación sensible cerca de las instalaciones.  Disminuir en lo posible el pisoteo.  Antes de efectuar movimiento de tierras y dragados, llevar a cabo desplante de especies protegidas.

MEDIO	ALTERACION	POSIBLES INDICADORES DE IMPACTOS	MEDIDAS CORRECTIVAS
Fauna	<p>Destrucción directa de la fauna.</p> <p>Destrucción del hábitat de especies terrestres.</p> <p>Efecto barrera para movimientos locales.</p> <p>Incremento de caza y pesca. Posible aumento de furtivismo.</p> <p>Corte del hábitat de la fauna acuática.</p>	<p>Superficie de las distintas comunidades faunísticas directamente afectadas y valoración de su importancia.</p> <p>Especies y poblaciones afectadas por efecto barrera.</p> <p>Población de especies protegidas ó de interés que se afectan.</p> <p>Número e importancia de lugares especialmente sensibles como pueden ser zonas de reproducción, alimentación, etc.</p>	<p>Control de furtivismo mediante dispositivos de vigilancia y apoyo con campañas ambientalistas.</p> <p>Minimizar la eliminación de la fauna.</p> <p>Mantener espacios ó zonas de importancia.</p> <p>Creación de reservas biológicas.</p>
Demografía	<p>Cambio en la estructura demográfica.</p> <p>Cambio en los procesos migratorios.</p> <p>Redistribución espacial de la población.</p> <p>Efectos en la población sensiblemente activa.</p> <p>Efectos en la salud.</p>	<p>Variaciones en la población total y relaciones de esta variación con respecto a las poblaciones locales.</p> <p>Número de individuos residentes ocupados en empleos generados por la construcción de la infraestructura y derivados de los servicios.</p> <p>Número de individuos y/o construcciones afectadas por distintos niveles de inmisión sonora y de contaminación atmosférica</p> <p>Interferencia en las condiciones de conducción ocasionado por las obras.</p>	<p>Utilización de mano de obra local.</p> <p>Acciones compensatorias.</p>
Factores socioculturales	<p>Pérdida de los sistemas de vida tradicionales del entorno.</p> <p>Efectos sobre el patrimonio cultural.</p>	<p>Valor cultural y extensión de las zonas que pueden sufrir modificaciones en los modos de vida tradicionales.</p>	<p>Articulación de medidas compensatorias.</p>

Tabla 5.1 Descripción de las medidas correctivas aplicadas a diferentes variables del medio físico, biológico y socioeconómico.

impactos residuales deben tenerse en cuenta solo aquellas medidas correctivas que se van a aplicar con seguridad y especificar la cuantía del impacto reducido.

Otro aspecto a tener en cuenta es que ciertas medidas correctivas pueden suponer impactos adicionales, que deberán tenerse en cuenta a la hora de establecer los impactos residuales definitivos.

Los criterios y metodologías de evaluación (más comunes) de estos impactos residuales son similares a los expuestos anteriormente en el apartado 4.6

#### 5.4 Plan de contingencia.

Dentro del marco de cada proyecto portuario se debe contemplar un plan de contingencia que será de utilidad para el control de situaciones extraordinarias que se puedan presentar durante cualquier fase del proyecto (construcción, operación, etc.).

De alguna manera un plan de contingencia adopta medidas preventivas y correctivas que no llegan a eliminar el daño ocasionado ante una situación extraordinaria, pero en base a datos obtenidos de otros escenarios y a las condiciones existentes en las instalaciones, se puede presentar un programa bastante completo a adoptar en caso necesario.

Las situaciones que se pueden presentar son de diversa índole, pero siempre hay que considerar las más comunes en un puerto : tormentas, huracanes, derrames al mar, choque de embarcaciones, etc.

La complejidad de un plan de contingencia puede ser tanta como queramos, sin embargo, es conveniente adoptar medidas sencillas y rápidas de aplicar, además el factor económico es muy importante, en este caso por lo que podemos afirmar que un plan de contingencia debe cumplir con ser sencillo, fácil de aplicar, rápido y económico.

### **5.5 Programa de vigilancia y control.**

El programa de vigilancia ambiental tiene por función básica establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctivas, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental.

Este programa, tiene además otras funciones adicionales a saber :

- Permite comprobar la cuantía de ciertos impactos, mismos que su predicción resulta difícil. Existen muchas alteraciones cuya predicción sólo puede realizarse cualitativamente aunque esto no quiere decir que no se puedan establecer medidas correctivas. El programa de seguimiento permite evaluar estos impactos y aplicar nuevas medidas correctivas en el caso de que las ya aplicadas no sean suficientes.
- Es una fuente importante de datos para mejorar el contenido de los futuros Estudios de Impacto Ambiental, puesto que permite evaluar hasta que punto las predicciones efectuadas son correctas. Este conocimiento adquiere todo un valor si se tiene en cuenta que muchas de las predicciones se efectúan mediante la técnica de escenarios comparados.
- En el programa de vigilancia se pueden detectar alteraciones no previstas en el Estudio de Impacto Ambiental, debiendo en este caso adoptarse medidas correctivas.

Básicamente un programa de seguimiento debe tener las siguientes fases : (figura 5.2)

- *Objetivos* : Se trata de fijar los objetivos que debe de tener. Estos objetivos deben identificar los sistemas afectados, los tipos de impactos y los indicadores

seleccionados. Para que el programa sea efectivo, el marco ideal es que estos indicadores sean pocos, fácilmente medibles y representativos del sistema afectado.

- *Recolección y análisis de datos* : Este aspecto incluye la recogida de los datos, su almacenamiento y acceso y su clasificación por variables. La recolección de datos debe tener una frecuencia temporal adecuada que dependerá de la variable que se esté controlando.
- *Interpretación* : El aspecto más importante de un plan de seguimiento es la interpretación de la información recogida. La visión elemental que se tenía anteriormente de que el cambio se podía medir por la desviación respecto a estados anteriores no es totalmente válida ; hoy en día se conoce que los sistemas tienen fluctuaciones de diversa amplitud y frecuencia, pudiendo darse la paradoja de que la ausencia de desviaciones sea producto de un cambio importante. Las dos técnicas posibles para interpretar los cambios son o tener una base de datos de un periodo de tiempo importante anterior a la obra o su control en zonas testigo.
- *Retroalimentación de los resultados* : Los resultados obtenidos pueden servir para modificar los objetivos iniciales. Por ello, el programa de seguimiento debe ser flexible y encontrar un punto de equilibrio entre la conveniencia de no efectuar cambios para poseer series temporales lo más largas posibles y la necesidad de modificar el programa con el fin de que este refleje lo más adecuadamente posible la problemática ambiental.

Considerando todos estos aspectos, el programa de vigilancia de una determinada vía está condicionado por los impactos que se van a producir, siendo imposible fijar programa genérico que abarque todos y cada uno de los proyectos. Este programa debe ser por tanto específico de cada proyecto y su alcance dependerá de la magnitud de los impactos que se produzcan, debiendo recoger en sus distintos apartados los diferentes impactos previsibles.

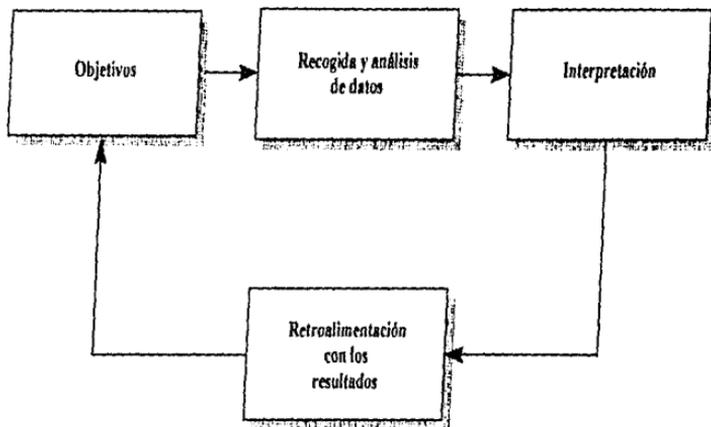


Figura 5.2 Esquema del programa de seguimiento.

**Conclusiones y**  
**recomendaciones**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Está claro que los sistemas portuarios contribuyen a la diversificación de la actividad económica de la vida nacional. Desde el punto de vista social, los sistemas portuarios son claros generadores de empleos y forman puntos de liga entre diversas comunidades, además de incorporar a las mismas a diversas actividades como son las deportivas, turísticas, petroleras y pesqueras.

Actualmente nuestro país se encuentra en una etapa de apertura económica, cultural y tecnológica hacia el extranjero, por ello es necesario contar con sistemas y métodos propios que sean capaces de competir y superar los de las inversiones extranjeras.

La existencia de un Estudio de Impacto Ambiental para la planeación, construcción y operación de un sistema portuario es ahora necesaria ya que de esta manera la Ingeniería Portuaria se encontrará en posibilidad de asegurar que su proyecto está de acuerdo a lo planeado.

Por supuesto para garantizar un Estudio de Impacto Ambiental es necesario sensibilizar a los encargados sobre la importancia del mismo. de la misma manera será responsabilidad del Ingeniero Civil, la verificación de los diversos estudios que se lleven a cabo, así como el manejo de datos. Cabe mencionar que en muchas ocasiones al no contar con datos adecuados se deberá recurrir a técnicas como por ejemplo comparar escenarios y por tanto el correcto manejo de datos y la validez en éste caso de los escenarios comparados serán total responsabilidad del Ingeniero Civil.

Desarrollar y poner en práctica los diversos planes y medidas correctivas originadas de un Estudio de Impacto Ambiental requerirá tiempo y costo; sin estimar el costo por la implantación del mismo se puede asegurar que éste dependerá de diversos factores como el entorno físico que rodea el proyecto y por supuesto el tamaño y complejidad del mismo. La importancia del registro del costo del estudio permitirá realizar una

**evaluación del ahorro por la implementación de medidas correctivas que van a mitigar en buena medida los impactos ambientales contra el costo del Estudio de Impacto Ambiental.**

**La implementación de medidas correctivas que van a mitigar en buena medida los Impactos Ambientales producidos en el sistema portuario tienen un costo en función del proyecto, sin embargo, estas medidas proporcionan un gasto menor a las que se tendrán que adoptar si ocurre un impacto ambiental que pueda ser prevenido y este ahorro generalmente amortizará el costo del Estudio de Impacto Ambiental de ahí la viabilidad y necesidad de existencia de estos.**

**Conjuntamente con todo lo anteriormente mencionado es necesario concientizar a profesionistas, técnicos y personas en general sobre la importancia de la existencia de una metodología para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental en puertos.**

# **Bibliografía**

## **BIBLIOGRAFIA.**

- 1) **Subsecretaría de Ecología.**  
**Centro de información documental.**  
**Procedimiento para la preparación de la manifestación de impacto ambiental de los proyectos carreteros del país.**
  
- 2) **Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.**  
**Subsecretaría de Ecología.**  
**Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental.**  
**Estudios especiales de evaluación de impacto ambiental para actividades agropecuarias forestales de desarrollo costero y turístico grupo C.**  
**Determinación de los impactos ambientales significativos ocasionados por la implementación de desarrollos turístico-costeros.**  
**México, 1985.**
  
- 3) **Fondo Nacional de Fomento al Turismo.**  
**Estudio de Impacto Ambiental del proyecto puerto Can Cun, Q.R.**  
**México, 1990.**
  
- 4) **Secretaría General del Medio Ambiente.**  
**Ministerio de Obras Públicas y Transportes.**  
**Guías metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental en Carreteras y Ferrocarriles**  
**Madrid, 1991.**

- 5) **Guías Metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental.**  
**Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente.**  
**Repoblaciones Forestales.**  
**3ª. Edición.**  
**Madrid, 1991.**
  
- 6) **López Gutiérrez Héctor.**  
**Apuntes de Sistemas Portuarios.**  
**U.N.A.M., División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica.**  
**México.**
  
- 7) **Gutiérrez Morales Enrique.**  
**Ensayo de Identificación y Evaluación de Impactos.**  
**México, 1991.**
  
- 8) **Rebuelta Gutiérrez Joaquín.**  
**Apuntes de Sistemas Portuarios.**  
**U.N.A.M.**  
**México, 1994.**
  
- 9) **Mendoza Sánchez Ernesto.**  
**Introducción al Proceso Constructivo.**  
**Fundación para la Enseñanza de la Construcción, A.C.**  
**México, 1989.**
  
- 10) **Programa Nacional de Aprovechamiento del Agua.**  
**S.A.R.H. - C.N.A.**  
**1991 - 1994**