



NOTA TÉCNICA

Análisis de Sistemas

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 02 de janeiro de 2025 Aceito em: 16 de janeiro de 2025 Publicado em: 30 de janeiro de 2025

Resumen: El análisis de sistemas permite evaluar las interacciones entre las actividades humanas y sus efectos en la naturaleza, los aspectos sociales y económicos. Para evaluar los impactos de una terminal petroquímica se utiliza un modelo de situación ambiental que considera la región como un sistema compuesto por varios subsistemas interconectados. Este enfoque simplifica y abstrae la realidad, identificando elementos clave. Se utiliza una matriz para identificar y clasificar los impactos ambientales de cada sector del proyecto, dividiéndolos en positivos y negativos. El estudio incluyó las consecuencias en una tabla, separando las positivas y negativas, y analizando la relación entre cada sector y sus consecuencias. El análisis verifica la importancia de dos impactos, tanto positivos como negativos, y calcula el índice de interacción para cada subsistema, clasificando los impactos y recomendando alternativas o medidas. De esta manera, la evaluación de impacto ambiental de una terminal petroquímica identifica los posibles efectos del proyecto y propone medidas mitigantes y alternativas para minimizar los impactos ambientales y promover el desarrollo sostenible.

Palabras clave: Análisis de sistemas; Impactos ambientales; Desarrollo sostenible.

Análises de Sistemas

Resumo: A análise de sistemas possibilita a avaliação das interações entre atividades humanas e seus efeitos na natureza, nos aspectos sociais e econômicos. Para avaliar os impactos de um terminal petroquímico é utilizado um modelo de situação ambiental que considera a região como um sistema composto por vários subsistemas interligados. Essa abordagem simplifica e abstrai a realidade, identificando elementos chave. Uma matriz é utilizada para identificar e classificar os impactos ambientais de cada setor do projeto, dividindo-os em positivos e negativos. O estudo inclui as consequências em um quadro, separando-as em positivas e negativas, e analisando a relação entre cada setor e suas consequências. A análise verifica a importância dos impactos, soma os impactos positivos e negativos, e calcula o índice de interações para cada subsistema, classificando os impactos e recomendando alternativas ou medidas. Dessa forma, a avaliação de impacto ambiental de um terminal petroquímico identifica os possíveis efeitos do projeto e propõe medidas mitigadoras e alternativas para minimizar impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Análise de sistemas; Impactos ambientais; Desenvolvimento sustentável.

Systems Analysis

Abstract: Systems analysis allows us to assess the interactions between human activities and their effects on nature, social and economic aspects. To assess the impacts of a petrochemical terminal, an environmental situation model is used that considers the region as a system composed of several interconnected subsystems. This approach simplifies and abstracts reality, identifying key elements. A matrix is used to identify and classify the environmental impacts of each sector of the project, dividing them into positive and negative. The study included the consequences in a table, separating the positive and negative ones, and analyzing the relationship between each sector and its consequences. The analysis verifies the importance of two impacts, both positive and negative, and calculates the interaction index for each subsystem, classifying the impacts and recommending alternatives or measures. In this way, the environmental impact assessment of a petrochemical terminal identifies the possible effects of the project and proposes mitigating and alternative measures to minimize environmental impacts and promote sustainable development.

Keywords: Systems analysis; Environmental impacts; Sustainable development.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Análisis de Sistemas

El empleo de análisis de sistemas permite evaluar las interacciones que ocurren cuando una actividad humana se desarrolla, afectando tanto la naturaleza como los aspectos sociales y económicos.

La metodología utilizada para evaluación de los impactos, por ejemplo, de una terminal petroquímica situada en una cuenca del Estado del Paraná (Brasil), se basa en un modelo de situación ambiental en la región de aquella terminal. Se consideró una región como un sistema (o sea, un conjunto de factores físicos, humanos y económicos relacionados formando una unidad dinámica) compuesto de varios sistemas (sociales, económicos y naturales) relacionados entre sí.

- Objetivos del proyecto;
- Dimensión espacial;
- Acciones a ser realizadas en el terminal.

II. HITO ACTUAL

2.1. Objetivos del Modelo

La definición de un sistema trata, básicamente, de establecer una simplificación y abstracción de la realidad (en este caso, local), permitiendo la identificación de elementos específicos que componen el sistema. Para el sistema ambiental del área de la terminal, los elementos identificados representan tanto su entorno como los flujos de materiales hacia o desde la terminal (Figural). Con eso, es posible establecer los siguientes objetivos a ser logrados por el proyecto:

A- Terminal Petroquímica:

A1 - Implantación de la terminal A2 - Operación de la terminal

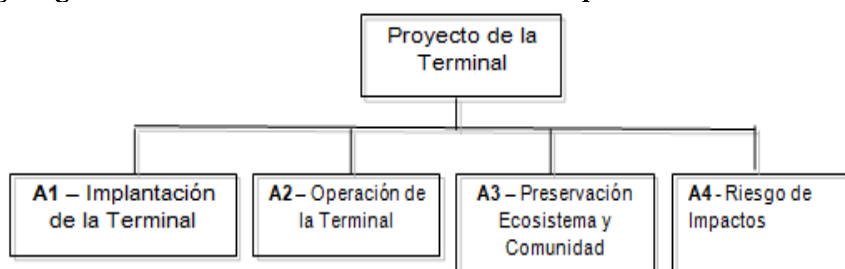
A3- Preservación de los ecosistemas y de la comunidad humana vecina

A4- Riesgos de impactos negativos

2.2. Organograma Ambiental

A partir de los objetivos anteriormente mencionados, podemos jerarquizar en formas gráficas los 4 tópicos.

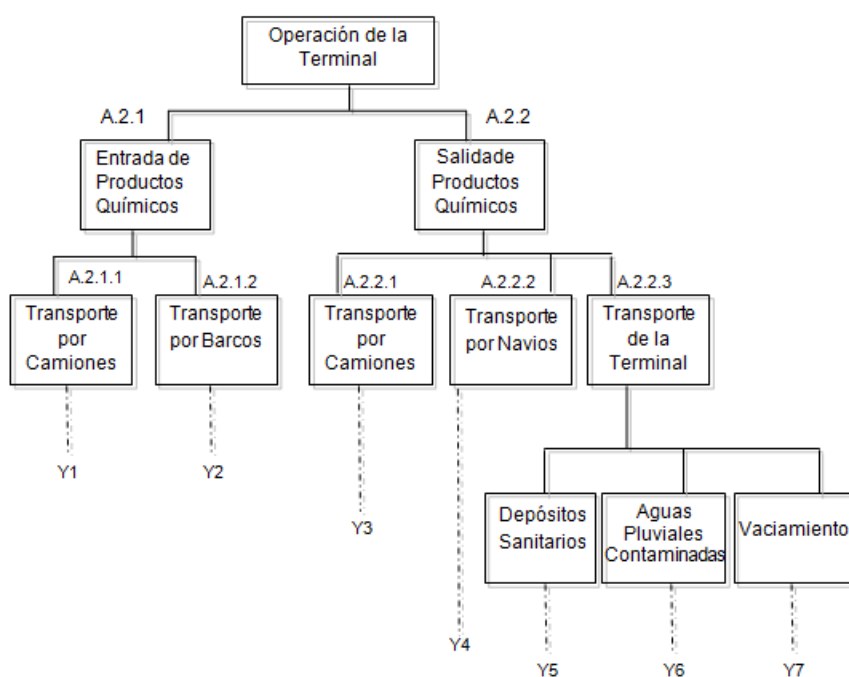
Figura 1 – Organograma Ambiental de uma Terminal Petroquímica



Fuente: Los propios autores

El objetivo A1 (Implantación de la Terminal) no será considerado pues, la terminal petroquímica se encuentra prácticamente toda construida.

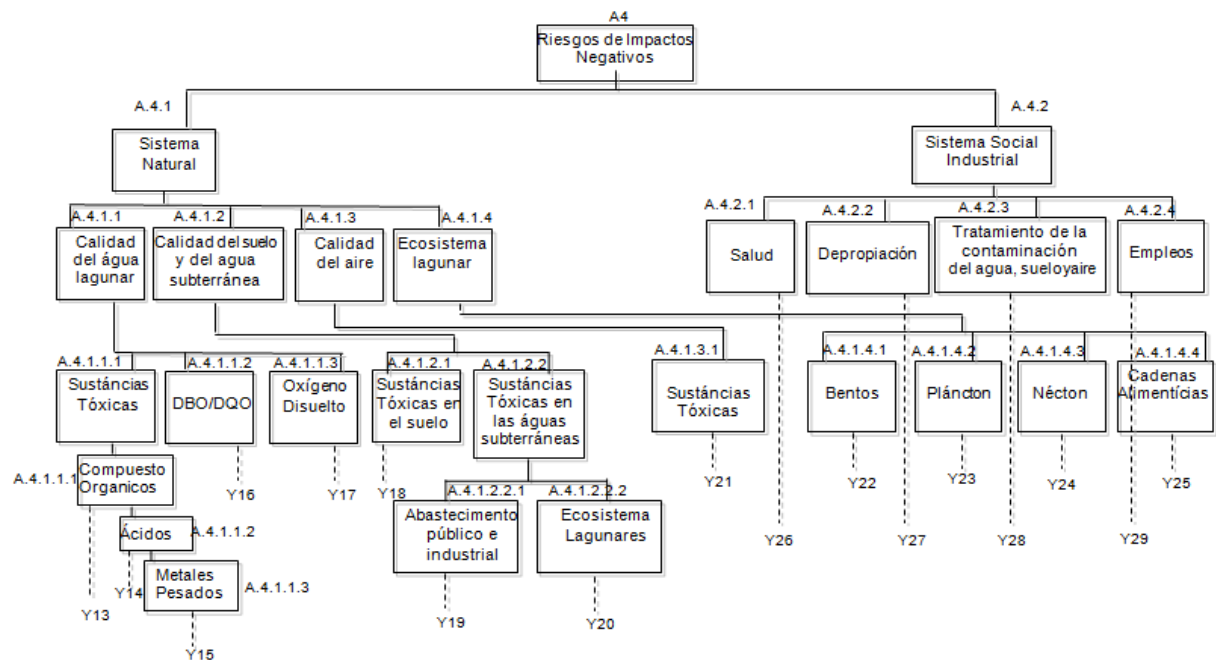
Figura 2 – Operación de la Terminal Petroquímica



Fuente: Los propios autores

El ítem A.3.1 no será examinado porque consideramos en este ejemplo que la terminal será instalada en un área ya ocupada anteriormente por instalaciones portuarias.

Figura 3 – Riesgos de los Impactos Negativos



Fuente: Los propios autores

III. MÉTODO

3.1. Estructura Jerárquica de los Objetivos

Cuando estructuramos jerárquicamente los objetivos de un proyecto, estamos subdividiéndolos según una mayor o menor generalidad, de modo que cada objetivo es desdoblado en otros dos o más objetivos, cada vez más específicos.

En el ítem anterior, fueron identificados objetivos y atributos asociados (variables a ser evaluadas en relación al objetivo). A continuación, son lista dos y numerados en Y1 a Y29 (Figura3), con la finalidad de inserción en la matriz de Impactos Ambientales (Cuadro1).

Cuadro 1 – Matriz de Impactos Ambientales de la Terminal Petroquímica

Ítem	Objetivo		Atributo	Dimensión
A.2.1.1	Aumentar el transporte de productos químicos industriales de la terminal por camiones.	Y1	Toneladas transportadas por año	T/año
A.2.1.2	Aumentar el transporte de productos químicos industriales – terminal	Y2	Toneladas transportadas por año	T/año
A.2.2.1	Aumentar el transporte de productos químicos terminal- industria por camiones	Y3	Toneladas transportadas por año	T/año
A.2.2.2	Aumentar el transporte de productos químicos terminal- industria por navíos	Y4	Toneladas transportadas por año	T/año
A.2.2.3.1	Recolectar,drenar y tratar residuos sanitarios.	Y5	Metros cúbicos por día	m³/día
A.2.2.3.2	Recolectar,drenar y tratar aguas pluviales contaminadas	Y6	Metros cúbicos por día	m³/día
A.2.2.3.3	Recolectar,drenar y tratar vaciamientos de productos químicos	Y7	Metros cúbicos por día	m³/día
A.3.1	Preservar los ecosistemas terrestres circundantes	Y8	Áreas ocupadas por las formaciones vegetales	há
A.3.2.1	Proteger las áreas residenciales	Y9	Medidas de control de los sectores de riesgo	N.º/área
A.3.2.2	Proteger el área de instalaciones del terminal	Y10	Medidas de Control de los sectores de riesgo	N.º/área
A.3.3.1	Recuperar las áreas circundantes de gradadas por la instalación del terminal	Y11	Área degradada	há
A.3.3.2	Controlar el monitoreo de la terminal en términos ecotoxicológicos	Y12	Parámetros de calidad ambiental	Unidades físicas,químicas, biológicas
A.4.1.1.1	Evaluar la calidad actual del agua lagunar en la región de la terminal	Y13	Compuestos orgánicos	mg/l
A.4.1.1.2	Evaluar la calidad actual del agua lagunar en la región de la terminal	Y14	Ph	Unidades
A.4.1.1.3	Evaluar la calidad actual del agua lagunar en la región de la terminal	Y15	Metales pesados	mg/l

A.4.1.1.2	Evaluar la calidad actual del agua lagunar en la región de la terminal	Y1 6	DBO/DQO	mg/l
A.4.1.1.3	Evaluar la calidad actual del agua lagunar en la región de la terminal	Y1 7	OD	mg/l
A.4.1.2.1	Evaluar la calidad actual del suelo del área de la terminal	Y1 8	Parámetro de calidad ambiental	Unidades físicas y químicas
A.4.1.2.2.1	Evaluar la calidad del agua subterránea para abastecimiento público e industrial	Y1 9	Parámetro de calidad del agua subterránea.	Unidades físicas, químicas y biológicas
A.4.1.2.2.2	Evaluar la contribución del agua subterránea para localidad actual del agua de la región	Y2 0	Parámetro de calidad del agua subterránea.	Unidades físicas, químicas y biológicas
A.4.1.3.1	Evaluar la calidad actual del aire en la región de la terminal	Y2 1	Parámetro de calidad del aire	Unidades físicas y químicas
A.4.1.4.1	Evaluar la diversidad de las asociaciones bentónicas del área lagunar próxima a la terminal	Y2 2	Índice de diversidad de Shannone Weaver	Unidades biológicas
A.4.1.4.2	Evaluar la composición y diversidad de las asociaciones planctónicas del área lagunar próxima a la terminal	Y2 3	Índice de diversidad	Unidades biológicas
A.4.1.4.3	Evaluar la composición y diversidad de las asociaciones planctónicas del área lagunar próxima a la terminal	Y2 4	Índice de diversidad	Unidades biológicas
A.4.1.4	Evaluar la estructura actual de la cadena alimentaria próxima a la terminal	Y2 5	Relaciones tróficas	Especie/nivel trófico
A.4.2.1	Evaluar la salud actual de la población de la región	Y2 6	Indicadores de salud (respiratorio e dermatológico)	Nº hab/Km²
A.4.2.2	Evaluar el efecto de la expropiación necesaria por medidas de protección a la salud pública	Y2 7	Indicadores de equilibrio económico de la población	Unidad monetaria
A.4.2.3	Evaluar el costo actual del tratamiento y poder de prevenir la necesidad de aumentar su nivel	Y2 8	Indicador decosto	Unidad monetaria
A.4.2.4	Evaluar la oferta de empleos proporcionados por el proyecto	Y2 9	Nº de empleos	Nº de personas

Fuente: Los propios autores

3.2. Matriz de Acciones y Consecuencias

La matriz presentada en el cuadro 2 permite identificar los impactos ambiental es resultantes de cada sector del proyecto de la terminal. Esa matriz fue dividida en los siguientes ítems:

- Sectores: componentes ambientales y otros, que podrán ser influenciados por el proyecto;

- Consecuencias: resultados de las acciones básicas emprendidas sobre cada sector considerado.

Cuadro 2–Esquema de la Matriz

Consecuencias Sectores	Y1	Y2	Y3	Y4	Y29	Y5	Y6	Y7		Y29
Economía regional										
Salud pública										
Rendimiento de la comunidad										
Calidad del aire										
Calidad del suelo										
Calidad del agua a) subterránea b) lagunar										

Fuente: Los propios autores

Impactos Positivos – Los impactos positivos representan las propuestas de desarrollo provocados por el proyecto de la terminal. Son representados por los ítems Y1 a Y4 y Y29.

Impactos Negativos – Son representados por los ítems Y5 a Y28 que indican riesgos de accidentes en la terminal.

3.3. Evaluación de impacto ambiental sobre cada sector

1. Economía regional:

Evaluación de las consecuencias sobre la economía regional, o sea, ¿en qué contribuirá la terminal al sistema de exportación e importación de los productos químicos por el Estado de Paraná (Brasil)? ¿Qué efectos tendrán los posibles impactos negativos sobre el aumento previsto de exportación e importación de productos químicos generados por la terminal?

2. Salud pública:

Evaluación de las consecuencias de la operación de la terminal y del aumento de la importación y exportación de productos químicos, debido a la terminal, sobre la salud de la población.

3. Calidad del aire:

Evaluación de las consecuencias de operación y de accidentes en la terminal sobre la calidad del aire.

4. Calidad del suelo:

Evaluación de las consecuencias de operación y de accidentes en la terminal sobre la calidad del suelo.

5. Calidad del agua:

Evaluación de las consecuencias de la operación y de accidentes en la terminal sobre la calidad del agua subterránea y de la cuenca.

6. Ecosistemas:

Evaluación de las consecuencias de la operación y de accidentes en la terminal sobre los variados elementos del ecosistema y sobre el ecosistema en general.

IV. DESARROLLO

4.1. Etapas

1. Identificación de los límites del sistema:

Todo sistema posee límites arbitrarios. Actualmente, los límites terrestres presentan un radio de 2K mal rededor de la terminal y el marítimo presenta un área, dependiendo de las direcciones de las corrientes marinas, con una extensión de 5 Km.

2. Definición de la Escala:

La escala definida es la local, o sea, de la terminal petroquímica–región urbana vecina–terminal–región de la cuenca contigua al terminal.

3. Influencia de las entradas (“inputs”) y salidas (“outputs”) del sistema:

Las entradas son representadas por el aporte de productos químicos, a través de camiones y navíos, y las salidas son representadas por los cargamentos de camiones y navíos con productos guarda dos en la terminal, así como por los fluidos producidos en la terminal (aguas pluviales contaminadas o no, vías de desagüe y lanzamientos de productos químicos).

4. Identificación de los componentes o subsistemas:

- a. Subsistema económico: productos químicos, energía eléctrica, agua, camiones, navíos;
- b. Subsistema social: urbanización, empleo;
- c. Subsistema natural: suelos, agua subterránea, vegetación, ecosistema de la cuenca.

V. CONCLUSIÓN

5.1 Evaluación Final

Las consecuencias deben ser inseridas en un cuadro, de modo que sean colocadas a la izquierda las consecuencias positivas y a la derecha las negativas. A continuación, caso a caso (p. ej. salud pública x desagües sanitarios – Y5), se debe verificar:

1. Si hay relación entre sector y consecuencias;
2. Evaluar si El impacto es importante o muy importante e indicar respectivamente, con uno o dos asteriscos;
3. A continuación, sumar los impactos positivos o negativos y el número total de esos impactos, por ejemplo:
 N° de interacciones posibles = 400
 N° de interacciones existentes = 37
 N° de interacciones positivas = 17
 N° de interacciones negativas = 20
4. Calcular el índice de interacciones, para cada subsistema, por la expresión:

$$II = \frac{R}{IP}$$

Donde:

II = índice de interacción

IR = interacciones posibles

IP = interacciones positivas

Si el valor del índice fuese igual a 1(uno), la posibilidad de ocurrencia de interacciones positivas o sea, ausencia de impactos negativos, será de 100%.

El índice de interacciones representa las posibilidades de impactos en cada subsistema y permite, incluso, clasificar esos subsistemas, según el grado y tipo de impactos posibles en cada uno. Se puede, finalmente, para cada subsistema, discutir los impactos negativos y recomendar alternativas y/o medidas.

Firma de la presente Nota Técnica:

Alexandre Rodrigues de Moraes <i>Universidade do Estado do Rio de Janeiro</i>	flcardoso@gmail.com
Carolina Dias Lelacher <i>Dasi Consultoria e Engenharia</i>	lelacher@hotmail.com
Cleber Vinicius Akita Vitorio <i>Instituto Espaço Templo</i>	cleberakita88@gmail.com
Josimar Ribeiro de Almeida <i>Universidade do Estado do Rio de Janeiro</i>	almeida@poli.uerj.br
Letícia Cardoso Ferreira <i>Universidade do Estado do Rio de Janeiro</i>	flcardoso@gmail.com

Raphael do Couto Pereira
Troy University (EUA)

rcoutopereira@gmail.com

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUERRA, S. M. & CARVALHO, A. V. DE. Um Paralelo entre os Impactos das Usinas Hidrelétricas e Termoeletricas. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v.35, n.4, p.83-90. 1995

IBAMA. Avaliação de Impacto Ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: IBAMA/DIRPED/DEDIC/DITEC, 1995. 134 p.

LAI, K. C. Project Impact Monitoring-a rejoinder. Journal of agricultural Economics, v39, n.2, p.281-282, 1988.

QUIRINO, T. R.; RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. *Ambiente, Sustentabilidade e Pesquisa: tendências de agricultura brasileira até 2005*. Jauariúna. EMBRAPA-CNPMA, 1997. 21 p.

RODRIGUES, G. S. *Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa. Fundamentos, Princípios e Introdução à Metodologia*. EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Jaguariúna, SP.1998. 66p.

RODRIGUES, G. S. *Evaluación de Impactos Ambientales de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Agropecuario*. In: **PUIGNAI, J.; RUZ, E.; RIQUELME, H.** ed. *Valoración Económica en el Uso de los Recursos Naturales y Del Medio Ambiente*. Montevideo: IICA/PROCISUR, 1988.

SOUSA W. L. *Impacto Ambiental de Hidrelétricas: uma Análise Comparativa de duas Abordagens*. Tese de Mestrado – COPPE/UFRJ, Brasil, 2000.

SURHEMA-GTZ. *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais*. Curitiba: Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1992.

WARFORD, J. *Environment. Grow and Development. Project Appraisal*, v.2, n.2, p.75-87, 1987.