

00568

**UNAM**  
**POSGRADO**  
Ingeniería



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**METODOLOGÍA INTEGRAL PARA LA FORMULACIÓN Y  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA  
Y DE PROCESO EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**(INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS)**

**P R E S E N T A:**

**EDUARDO MARTÍNEZ GARCÍA**

**TUTOR: DR. JULIO RICARDO LANDGRAVE ROMERO**



**MÉXICO D.F.**

**2005**

m 345100



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

<b>PRESIDENTE</b>	<b>DR. CARLOS ESCOBAR TOLEDO.</b>
<b>VOCAL</b>	<b>DR. ROBERTO DEL RIO SOTO.</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>M. en C. LETICIA LOZANO RIOS.</b>
<b>1 ER. SUPLENTE</b>	<b>DR. HELIO HUMBERTO GARCIA DEL RIO.</b>
<b>2 DO. SUPLENTE</b>	<b>M. en A. FERNANDO BAEZ RAMOS.</b>

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:**

**INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Y  
FACULTAD DE QUIMICA, U.N.A.M.**

<b>ASESOR</b>	<b>DR. JULIO RICARDO LANDGRAVE ROMERO.</b>
<b>SUPERVISOR TECNICO</b>	<b>M. en C. MA. DE LOURDES VILLALPANDO CHUCA.</b>
<b>SUSTENTANTE</b>	<b>ING. EDUARDO MARTINEZ GARCIA.</b>

*Con todo afecto, admiración y  
respeto, a mi mamá: María Esther  
García León.*

*A mis sobrinas: Cecilia, Lizbeth y  
Fabiola.*

*A mis amigos: Ricardo, Teresa, Jorge,  
Héctor, Amparo y Víctor, por su amistad  
incondicional.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de  
México, en especial a la Facultad de  
Química.*

*A mi tutor: Dr. Julio Ricardo Landgrave  
Romero.*

*A mis profesores, por sus enseñanzas y  
consejos durante mi formación académica.*

*Al Instituto Mexicano del Petróleo, en  
especial a la Competencia de Economía.*

*A las ingenieras: Ma. del Carmen Valdez  
Eltás González, Ma. de Lourdes Villalpando  
Chuca y al licenciado Héctor Gerardo  
Trinidad García, por el apoyo brindado para  
la realización de la tesis.*

*A todos mis amigos, con los que alguna vez  
compartí un aula.*

# ÍNDICE

## **CAPITULO 1**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 Hipótesis	5
1.2 Objetivos	5
1.3 Metodología	5

## **CAPITULO 2**

<b>ANTECEDENTES</b>	
2.1 Nociones en torno al desarrollo sustentable	6
2.1.1 Diseño internacional de las hojas metodológicas	7
2.1.2 Esquema Presión-Estado-Respuesta (PER)	9
2.2 Metodologías para medir sustentabilidad a nivel nacional y/o regional	10
2.2.1 Índice ambiental de sustentabilidad	10
2.2.2 Huella ecológica	12
2.2.3 Barómetro de sustentabilidad	14
2.3 Indicadores de desarrollo sustentable en México	15
2.4 Sustentabilidad corporativa	16

## **CAPITULO 3**

### **CASO DE ESTUDIO, PLANTA DE NITRÓGENO, ATASTA**

3.1 Antecedentes y justificación de la implementación de la planta de N <sub>2</sub>	18
3.2 Descripción de las etapas para la obtención criogénica de nitrógeno	22
3.3 Bases de diseño para el proceso de la planta de nitrógeno	24
3.4 Situación económica, natural y social de la región de estudio	24

## **CAPITULO 4**

### **DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE FORMULACIÓN DE PROYECTOS**

4.1 Formulación de proyectos	29
4.2 Descripción de la metodología de formulación de proyectos	31
4.3 Indicadores de sustentabilidad	32
4.3.1 Dimensión Institucional	37
4.3.2 Dimensión Social	45
4.3.3 Dimensión Recursos Naturales	52
4.3.4 Dimensión Ecología	59
4.3.5 Dimensión Economía	64
4.3.6 Dimensión Energía	68
4.4 Índice de sustentabilidad de la industria química y de proceso	72

## **CAPITULO 5**

### **DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

5.1 Descripción de la metodología de evaluación económica de proyectos	77
5.2 Premisas económicas	79
5.3 Secuencia de cálculo del estudio financiero	80
5.4 Secuencia de cálculo de la evaluación económica	86
5.5 Evaluación económica del caso de estudio	87

## **CAPITULO 6**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	97
---------------------------------------	----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	102
---------------------	-----

# INTRODUCCIÓN

## CÁPITULO 1

En el último medio siglo, la humanidad ha progresado más que en todos los tiempos anteriores. Como nunca antes, los cambios ocurren a una velocidad vertiginosa, generándose grandes transformaciones políticas, culturales, científicas, tecnológicas, económicas, sociales y ambientales. Con ello, ha aumentado la esperanza de vida de hombres y mujeres. Las comunicaciones han adquirido una velocidad cada vez más asombrosa. En definitiva, la humanidad tiene cada vez más capacidad para aprovechar los cada vez más escasos recursos que proporciona la naturaleza; tanto que incluso, amenaza su medio ambiente y por ende, su supervivencia.

El conjunto de elementos, citados a modo enunciativo, implica sustanciales cambios en la vida económica y cultural del mundo moderno. Entre ellos, quizás el más significativo es el fenómeno de la globalización, el cual es un ejemplo muy claro de la doble dimensionalidad del progreso, pues por un lado, representa una fuerza impulsora que obliga a cada país a mejorar su competitividad comercial para insertar su producción de bienes y servicios en el mercado internacional,<sup>[1]</sup> sin embargo, al mismo tiempo, influye también en los importantes problemas ambientales que amenazan al mundo: el calentamiento global de la atmósfera, el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad, la disminución de masa vegetal y el avance de la desertificación, son evidencias de este deterioro.<sup>[2]</sup>

En respuesta a tal problemática, durante la última década, ha emergido una genuina concientización de proteger la vida humana y los recursos naturales que la sostienen.<sup>[3] [4]</sup> Como punto de partida para canalizar esta inquietud primordial, las universidades y centros de investigación,<sup>[5]</sup> así como las organizaciones internacionales de fomento del desarrollo económico y social de las naciones<sup>[6] [7]</sup> han trabajado arduamente en la realización de estudios científicos y tecnológicos que han sentado las bases para la definición de políticas y metodologías de evaluación,<sup>[8] [9]</sup> que pueden conformar un nuevo paradigma de desarrollo de los países, llamado desarrollo sustentable.

En este contexto, se han llevado a cabo gran cantidad de acciones independientes en el ámbito regional,<sup>[10]</sup> a iniciativa tanto del sector público correspondiente como por parte de las organizaciones ciudadanas respectivas, llamadas no gubernamentales (ONG's).<sup>[11]</sup> Sin embargo es, hasta fechas recientes, cuatro años atrás como máximo, cuando el sector

empresarial de carácter privado, también ha tomado cartas en el asunto, por ejemplo tenemos el caso del Dow Johns & Company<sup>[12][13]</sup> que ha comenzado a considerar que solamente con la armonización de la tecnología, la economía, el desarrollo social de sus colaboradores en el marco institucional de su país y con la preservación de los recursos naturales utilizados como insumos de sus procesos productivos, será posible proporcionar los bienes y servicios que demandará la sociedad en las generaciones futuras.

Afortunadamente todas estas iniciativas han cristalizado en la firma de un gran número de tratados y convenios internacionales que conllevan globalmente al desarrollo sustentable de la sociedad tales como los Protocolos de Kioto<sup>[14]</sup> y Montreal.<sup>[15]</sup> Mediante estos acuerdos se han obtenido cinco tipos de beneficios concretos que estimulan el desarrollo sustentable:

- Disponibilidad de fondos e inversiones multilaterales, regionales y a nivel local, destinados a la investigación y desarrollo en universidades y centros de investigación.
- Otorgamiento de créditos blandos para realizar inversiones en proyectos de alineación de plantas de proceso actualmente en operación y que requieren llegar a la “producción limpia”.
- Mejoramiento y seguimiento del cumplimiento de la normatividad internacional en materia ecológica y de control de calidad de la producción, así como la promulgación de reglamentos locales que regulan descargas contaminantes al medio ambiente y vigilan la racionalización de los recursos naturales de cada región.
- Creación de incentivos fiscales internacionales y federales que contribuyen a optimizar los costos de producción de las plantas actualmente en operación.
- Contar con metodologías multidimensionales, basadas en indicadores de evaluación de cada país, para medir su grado de desarrollo sustentable respecto a los demás.

Estos tratados han conducido al planteamiento de políticas globales de desarrollo, por parte de los gobiernos, que repercuten en el sector de la producción industrial. El reto actual, es encaminar positivamente estas políticas para que al mismo tiempo fortalezcan a dicho sector y se eviten los efectos adversos al medio ambiente: pugnar por la “Producción Limpia”.

Sin embargo, hasta el momento estas metodologías no se han aplicado específicamente y en forma realista para la formulación y evaluación de proyectos de la industria química y de proceso. Con estas metodologías adecuadamente enfocadas hacia el campo de la ingeniería química se podrían implementar estos tratados suscritos con mayor probabilidad de éxito de sustentabilidad.

Estas metodologías son un concepto más evolucionado y robusto que conducen hacia la construcción de plantas de proceso en el marco de sustentabilidad, para ello se plantea la necesidad de crear una Metodología Integral de Sustentabilidad de Industrias Químicas y de Proceso (MISIQP), dicho modelo fue parcialmente descrito por los autores J. Landgrave & R. del Río en la publicación, “Methodology for Project Formulation and Its Evaluation to Align Plants of Chemical and Process Industry with Recent Agreements on Sustainable Development”<sup>[16]</sup>.

La nueva metodología tiene el enfoque de robustecer la etapa de formulación del proyecto mediante su cuantificación en un Índice de Sustentabilidad de Industrias Químicas y de

Proceso (IS<sub>IQP</sub>) el cual a su vez estará determinado por los indicadores de sustentabilidad de seis dimensiones: Institucionalidad, Desarrollo Social, Recursos Naturales, Ecología, Economía y Energía.<sup>[16][17]</sup>

El análisis multidimensional sobre la etapa de formulación del proyecto pretende ordenar y sistematizar todos los rubros que intervienen directa e indirectamente al implementar un proyecto en una región determinada a fin de no pasar por alto todos los impactos positivos y negativos que se provocan en cada una de las etapas del ciclo de vida del proyecto.

Los resultados arrojados de la formulación del proyecto a la vez que dan una clara visión de la alineación del proyecto con los criterios internacionales de sustentabilidad, también servirán como entradas de datos a la etapa de evaluación económica del proyecto.

La evaluación económica del proyecto que se utiliza será la determinación de indicadores económicos por el método del Valor Presente Neto, dado que es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión, el cual consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que generará un proyecto y comprobar si el proyecto representa un incremento en la riqueza de la empresa.

Respecto al punto de que todo proyecto debe generar riqueza para demostrar su factibilidad económica de realizarse, es en donde el papel de la formulación del proyecto juega un papel preponderante ya que los diferentes rubros que conforman el IS<sub>IQP</sub> servirán para cuantificar los beneficios sociales, ambientales y económicos alineados con la sustentabilidad, lo que redundará en un flujo de efectivo durante el horizonte de planeación del proyecto que comparado con la inversión requerida para su implementación demostrará la factibilidad de realizarse.

De esta manera al unir las etapas de formulación y evaluación económica del proyecto se conformará la Metodología para la Formulación y Evaluación de Proyectos de la Industria Química y de Proceso en el Marco de la Sustentabilidad.

Dentro de este marco, el alcance del presente proyecto es el siguiente:

El capítulo 2, esta dedicado a mostrar las metodologías actuales para medir sustentabilidad a nivel mundial y nacional, con ello se da una idea del lugar que ocupa México en lo referente a este rubro con respecto a otras naciones, adicionalmente se muestra el avance que como país tenemos y los esfuerzos que se han hecho para estar a la vanguardia.

En el capítulo 3, se tratan aspectos generales del caso de estudio: Planta de Nitrógeno, Atasta, Cd. del Carmen, Campeche. En primera instancia se dan los aspectos técnicos de la planta en estudio, tales como la descripción general del proceso así como las bases y criterios de diseño, en la segunda parte se enumeran los diferentes factores sociales, naturales, y económicos de la región en la que impacta directa e indirectamente la implementación del proyecto.

El desarrollo de la primera etapa de la Metodología Integral de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso (MISIQP) que corresponde a la formulación de proyectos de inversión, la cual esta determinada por un índice de sustentabilidad de la industria química y de proceso (IS<sub>IQP</sub>), conformado a su vez de indicadores de sustentabilidad de las siguientes seis dimensiones: Institucional, Social, Recursos Naturales, Ecología, Economía y Energía, las cuales se considera que cubren todos los rubros a fin de alinear los proyectos nuevos o



existentes con los criterios internacionales, nacionales y regionales de sustentabilidad se presenta en el capítulo 4.

El desarrollo de la segunda etapa de la Metodología Integral de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso (MISIQP) que corresponde a la evaluación económica de proyectos de inversión se presenta en el capítulo 5, la cual está diseñada en función del siguiente criterio general: que tanto o más importante que saber aplicar las herramientas financieras de cálculo de la rentabilidad de un proyecto de inversión, es de mayor importancia el saber previamente identificar y cuantificar correctamente todos los costos y beneficios que determinarán en definitiva, su real rentabilidad, situación que se cubre en ampliamente mediante el cálculo del  $IS_{IQP}$ .

En el capítulo 6 se presentan los resultados obtenidos mediante la Metodología para la Formulación y Evaluación de Proyectos de la Industria Química y de Proceso en el Marco de la Sustentabilidad, adicionalmente se puntualiza sobre el resultado del  $IS_{IQP}$  para el caso de estudio (Planta de Nitrógeno, Atasta, Cd. del Carmen, Campeche) y finalmente se hacen algunas recomendaciones para mejorar esta metodología.

## 1.1 HIPÓTESIS

La decisión de invertir en un proyecto del sector público relativo a la industria química y de proceso, por parte de los gobiernos: federal, estatal y municipal, será más certera, si en vez de realizar una evaluación técnico-económica tradicional, se evalué integralmente la armonización de la tecnología, la economía y el desarrollo social en el marco institucional de una región, con la preservación de los recursos naturales utilizados como insumos de sus procesos productivos, a fin de proporcionar los bienes y servicios que demandará la sociedad en las generaciones futuras.

La nueva herramienta para realizar el análisis multidimensional es: la Metodología Integral de Sustentabilidad para la Industria Química y de Proceso (MISIQP), que mediante su implementación organizacional, promoverá que el proceso de toma de decisiones sea respaldado en forma imparcial, generalizada, sustentable y cuantitativa.

## 1.2 OBJETIVOS

- Estudiar los diversos elementos que deben conformar la Metodología Integral de Sustentabilidad para la Industria Química y de Proceso (MISIQP), con el fin de:
- Desarrollar una herramienta para la toma de decisiones a fin de formular y evaluar proyectos alineados a la operación de las unidades de proceso con los criterios establecidos para el fallo del nivel alcanzado de sustentabilidad.
- Aplicar la MISIQP a un caso de estudio (Planta de Nitrógeno Atasta, Cd. del Carmen, Campeche), a fin de validar los resultados arrojados con esta metodología.

## 1.3 METODOLOGÍA

- Revisión y análisis de información bibliográfica y estadística nacional y del plano internacional.
- Intercambio de experiencias con expertos participantes en congresos internacionales (Roma, Melbourne, Praga y Moscú).
- Recopilación de información de campo para aplicarla en el caso de estudio (Planta de Nitrógeno, Atasta, Cd. del Carmen).

# ANTECEDENTES

## CÁPITULO 2

*Este capítulo está dedicado a mostrar las metodologías actuales para medir sustentabilidad a nivel mundial y nacional, con ello se da una idea del lugar que ocupa México en lo referente a este rubro con respecto a otras naciones, adicionalmente se muestra el avance que como país se tiene y los esfuerzos que se han hecho para estar a la vanguardia.*

### 2.1 Nociones en torno al desarrollo sustentable.

A partir de la conferencia mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, Suecia), del 5 al 16 de junio de 1972, se manifestaron, por primera vez, las preocupaciones de la comunidad internacional en torno a los problemas ecológicos y del desarrollo. En 1976, con motivo de la Conferencia mundial de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, conocida como *Habitat* (Vancouver, Canadá) se consideró la necesidad de mejorar la calidad de vida a través de la provisión de la vivienda adecuada para la población y el desarrollo sustentable en los asentamientos humanos.

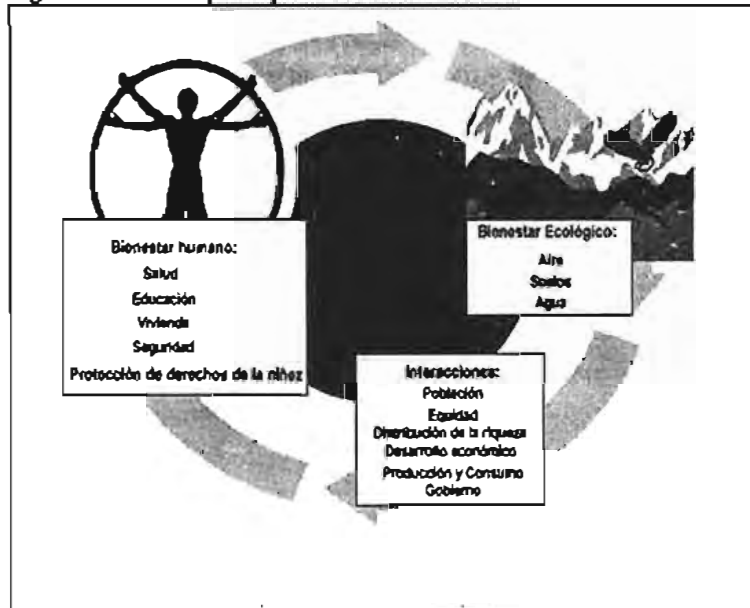
En 1987, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el medio Ambiente y el desarrollo adoptó por unanimidad el documento *Nuestro futuro común* o *Informe Brundtland*, que constituye el acuerdo más amplio entre científicos y políticos del planeta y que sintetiza los desafíos globales en materia ambiental en el concepto de desarrollo sustentable. Éste se definió como "*aquél que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras*".

Para ilustrar la presencia de los componentes de sustentabilidad en un marco conceptual, los tres ámbitos fundamentales involucrados en tal concepto fueron plasmados en un esquema sinóptico: el bienestar humano, el bienestar ecológico y las interacciones (Figura 2.1). Se trata de un esquema integrado del desempeño económico y ambiental, que conforma un área de factibilidad, donde el crecimiento económico deberá ser suficiente para resolver el problema de la pobreza y paralelamente sustentable para evitar una crisis ambiental, considerando además tanto la equidad entre las generaciones presentes como la equidad intergeneracional que involucra los derechos de las generaciones futuras.<sup>[18]</sup>

Diversas opiniones han señalado que la factibilidad y proyecciones del concepto son en cierto modo huecas, tomando en cuenta que el ritmo de crecimiento de la población todavía está lejos de ser controlado y/o que el crecimiento económico, en cuanto a naturaleza y magnitud, no está cambiando radicalmente para dejar de ser excluyente de amplios sectores de la población. Por otra parte, ninguna sociedad está dispuesta a admitir que su estándar de vida actual es o sea obtenido a costa de las generaciones futuras.

Independientemente de la definición que se adopte del término y de sus implicaciones para cada ámbito o región, sea urbana o rural, la mayoría coincide en que el concepto de desarrollo sustentable debería tender hacia un esquema de desarrollo que considere al ser humano como centro o eje de toda estrategia, en la cual el mejoramiento de la calidad de vida se dé con eficiencia productiva y de manera armónica con la preservación de los recursos naturales.

Figura 2.1 Áreas principales de sustentabilidad



Fuente: World Commission on Environment and Development, Our common Future, Oxford University Press, Nueva York, 1987.

### 2.1.1 Diseño internacional de las hojas metodológicas.

Al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o *Agenda 21*<sup>(19)</sup>, suscrito durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro<sup>(20)</sup>, varios países se comprometieron a adoptar medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad, como también acciones orientadas a la generación de indicadores a través de los cuales se puedan medir y evaluar las políticas y estrategias de desarrollo sustentable.

De acuerdo con el párrafo 40.4 de la declaración de la Agenda 21 “los indicadores de desarrollo sustentable necesitan ser desarrollados para proporcionar bases sólidas para la toma de decisiones en todos los niveles y contribuir a autorregular la sustentabilidad de los sistemas integrados del ambiente y el desarrollo”. Estos indicadores constituyen un punto de referencia para la evaluación del bienestar y de la sustentabilidad de un país.

Para definir y conjuntar las series de indicadores sugeridos en la Agenda 21, la Comisión de Desarrollo Sustentable<sup>[21]</sup> (CDS), en colaboración con diversas agencias asociadas a/o independientes de las Naciones Unidas y de representantes de algunos países (México, entre ellos), participó en las actividades de diseño y elaboración de las respectivas metodologías para que con éstas los países tuviesen un marco de referencia en la elaboración de los indicadores.

Figura 2.2 Agenda 21: Estado de capítulos del desarrollo sustentable según categoría temática

Categoría y capítulo	Número de indicadores
<b>Aspectos Sociales</b>	
3 Combate a la pobreza	6
5 Dinámica demográfica y sustentabilidad	4
36 Promoción de la educación, la concientización pública y la capacitación	11
6 Protección y promoción de la salud humana	12
7 Promoción del desarrollo de asentamientos humanos sustentables	6
	<b>Subtotal</b> 41
<b>Aspectos Económicos</b>	
2 Cooperación internacional para acelerar el desarrollo sustentable en los países y en sus políticas internas	5
4 Cambio de patrones de consumo	6
33 Mecanismos y recursos financieros	6
34 Transferencia de tecnología	4
	<b>Subtotal</b> 23
<b>Aspectos Ambientales</b>	
18 Recursos de agua dulce	7
17 Protección de océanos, todo tipo de mares y áreas costeras	6
10 Enfoque integrado para la planificación y administración de recursos del suelo	3
12 Manejo de ecosistemas frágiles: Combate a la desertificación y la sequía	4
13 Manejo de ecosistemas frágiles: Desarrollo sustentable en áreas montañosas	3
14 Promoción de la agricultura sustentable y el desarrollo rural	7
11 Combate a la deforestación	4
15 Conservación de la diversidad biológica	2
16 Manejo ambientalmente limpio de la biotecnología	2
9 Protección de la atmósfera	6
21 Manejo ambientalmente limpio de desechos sólidos y aspectos relacionados con aguas servidas	5
19 Manejo ambientalmente limpio de sustancias químicas tóxicas	2
20 Manejo ambientalmente limpio de desechos peligrosos	4
22 Manejo seguro y ambientalmente limpio de desechos radioactivos	1
	<b>Subtotal</b> 55
<b>Aspectos Institucionales</b>	
8 Integración del ambiente y el desarrollo en la toma de decisiones	4
35 Ciencia para el desarrollo sustentable	3
39 Instrumentos y mecanismos legales internacionales	2
40 Información para la adopción de decisiones	3
23-32 Fortalecimiento del papel de los grupos principales	3
	<b>Subtotal</b> 16
	<b>Total</b> 134

Fuente: United Nations, Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, August, Nueva York, 1996

Los organismos participantes en la construcción de las hojas metodológicas y sus correspondientes indicadores incluyen: Banco Mundial, Eurostat (Oficina de Estadística de la comunidad Europea), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), OIT (Organización Internacional del Trabajo); OMM (Organización Meteorológica Mundial), OMS (Organización Mundial de la Salud); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), SCOPE (Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente), UICN (Unión Mundial para la Naturaleza), Worldwatch Institute, WRI (Instituto de Recursos Mundiales).

Los indicadores propuestos por la CDS se diseñaron y agruparon de acuerdo con criterios temáticos que cubren lo expuesto en cada uno de los 40 capítulos de la Agenda 21, clasificados en cuatro categorías (social, económica, ambiental e institucional) y por su naturaleza dentro del esquema Presión-Estado-Respuesta (PER), distribuidos así: presión 43, estado 54 y respuesta 37, que totalizan 134 indicadores (Figura 2.2).

Al estructurar el análisis de la sustentabilidad en tales categorías o subsistemas se busca identificar no sólo los posibles ámbitos de causa-efecto para un fenómeno ambiental dado, sino también los factores o aristas esenciales que deben orientar las líneas de acción a seguir en torno a dichos fenómenos. Los indicadores así constituidos tratan de reflejar y medir las interrelaciones entre el desarrollo socioeconómico y los fenómenos ecológico-ambientales y constituir un punto de referencia para la evaluación del bienestar y de la sustentabilidad.

Los indicadores del esquema PER y en general del desarrollo sustentable se conciben de acuerdo con determinados criterios. Se requiere que:

- a) sean de fácil elaboración y comprensión;
- b) contribuyan a inculcar y reforzar la conciencia pública sobre los aspectos de la sustentabilidad y promuevan la acción a nivel local, regional o nacional;
- c) sean relevantes para la medición y evaluación del progreso hacia el desarrollo sustentable;
- d) sean factibles de elaborarse a nivel nacional u otras escalas geográficas, considerando: la capacidad nacional, la disponibilidad de información básica, el tiempo de elaboración y las prioridades nacionales;
- e) estén fundamentados conceptualmente para facilitar comparaciones objetivas en los niveles nacional e internacional;
- f) sean susceptibles de adaptarse a desarrollos metodológicos y conceptuales futuros;
- g) ayuden a identificar aspectos prioritarios o de emergencia, orientando nuevas investigaciones;
- h) cubran la mayoría de los temas de la Agenda 21 y otros aspectos del desarrollo sustentable.

### 2.1.2 Esquema Presión-Estado-Respuesta (PER)

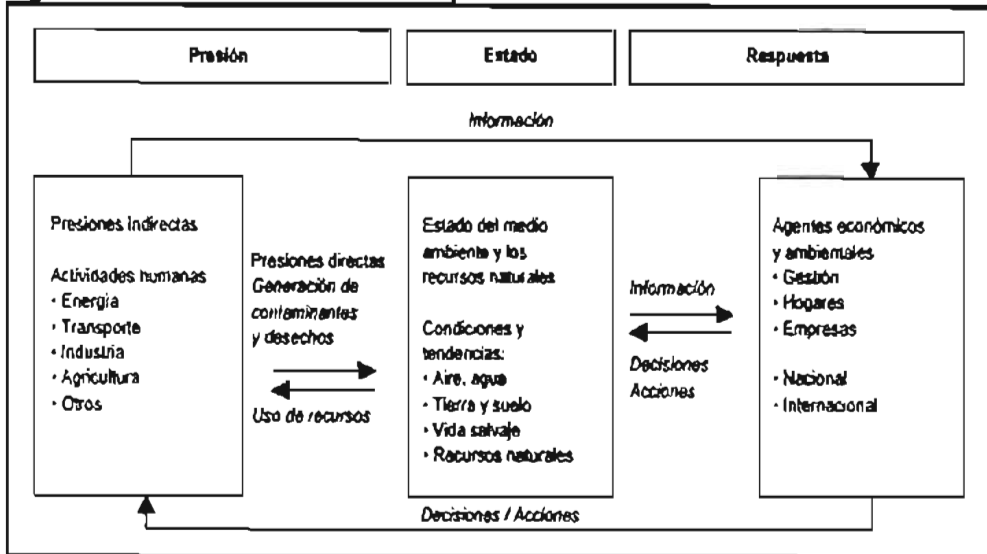
Diseñado originalmente por *Statistics Canada* en 1979, el esquema conceptual PER fue retomado y adaptado por las Naciones Unidas para la elaboración de algunos manuales sobre estadísticas ambientales, concebidos por su integración a los sistemas de contabilidad física y económica<sup>[22]</sup>.

Paralelamente, ese esquema fue adoptado y modificado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en 1991 desarrolló el esquema PER y en 1993 definió un grupo modular de indicadores ambientales en varios temas seleccionados para la evaluación del desempeño ambiental.

El esquema PER es tan sólo una herramienta analítica que trata de categorizar o clasificar la información sobre los recursos naturales y ambientales a la luz de sus interrelaciones con las actividades sociodemográficas y económicas. Se basa en el conjunto de interrelaciones siguientes: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado (E) de los recursos naturales; la sociedad

responde (R) a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales (tanto ambientales como socioeconómicas), las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas.

Figura 2.3 Modelo Presión – Estado Respuesta



Fuente: Towards Sustainable Development: Environmental Indicators, OECD, Paris, 1998

De acuerdo con la OCDE, un indicador puede definirse, de una manera general, como un parámetro o valor, derivado de parámetros generales, que señala o provee información o describe el estado de un fenómeno dado (del ambiente o de un área específica) con un significado que trasciende el valor específico del parámetro. Este indicador conlleva dos funciones básicas: reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requieren para reflejar una situación dada y simplificar el proceso de comunicación con el usuario.

## 2.2 Metodologías para medir sustentabilidad a nivel nacional y/o regional

### 2.2.1 Índice Ambiental de Sustentabilidad

El Índice Ambiental de Sustentabilidad (ESI, por sus siglas en inglés) es una medida del progreso global hacia un desarrollo sustentable para 142 países, el índice en sus tres versiones 2000, 2001 y 2002 ha sido desarrollado por el Forum's Global Leaders for Tomorrow (GLT) Environmental Task Force, Yale Center for Environmental Health Science Information Network (CIESEN). Los tres países mejor clasificados en el ESI 2002 son Finlandia, Noruega, y Suiza, los tres que ocupan las últimas posiciones son Corea del Norte, Emiratos Árabes Unidos, y Kuwait. Como ejemplos de los países que se posicionan en el centro de esta jerarquización son Bulgaria y Rusia. Un grado alto de ESI indica que un país ha logrado un nivel más alto de sustentabilidad ambiental que la mayoría de los otros países; un ESI bajo señala el grado en que un país está frente a problemas substanciales para lograr sustentabilidad ambiental por múltiples dimensiones.<sup>[5]</sup>

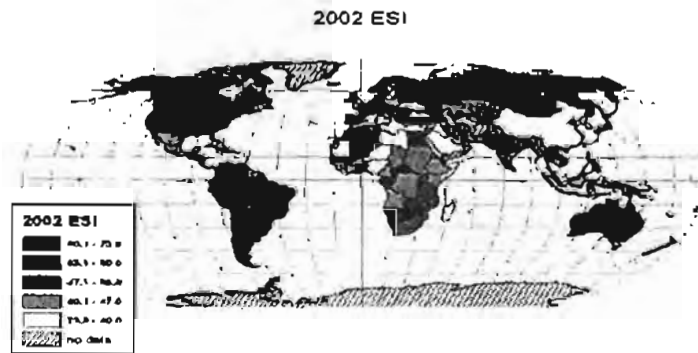
Las posiciones del ESI<sub>2002</sub> se basan sobre un conjunto de 20 indicadores, cada uno de ellos combina de dos a seis variables para una suma de 68 variables fundamentales. Los

indicadores y las variables se escogieron mediante una revisión cuidadosa de la literatura ambiental y datos disponibles combinados con la consulta y el análisis extenso.

**Tabla 2.1 Lugares que ocupan algunos países según el modelo del ESI 2002**

Lugar	País	ESI	Lugar	País	ESI	Lugar	País	ESI
1	Finlandia	73.9	69	Zambia	49.5	129	China	38.5
2	Noruega	73.0	75	El Salvador	48.7	130	Liberia	37.7
3	Suiza	72.6	79	Rep. Dominicana	48.4	131	Turquía	37.3
4	Canadá	70.6	83	Macedonia	47.2	132	Somalia	37.1
5	Suecia	66.5	84	Italia	47.2	133	Nigeria	36.7
6	Uruguay	66.0	86	Bangla Desh	46.9	134	Sierra Leona	36.5
7	Austria	64.2	88	Kazajstán	46.5	135	Corea del Sur	35.9
8	Islandia	63.9	99	Kenia	46.3	136	Ucrania	35.0
9	Costa Rica	63.2	92	México	46.0	137	Haití	34.8
15	Argentina	61.5	93	Camerún	45.9	138	Arabia Saudita	34.2
16	Australia	60.3	94	Vietnam	45.7	139	Irak	33.2
17	Panamá	60.0	98	Guinea	45.3	140	Corea del Nte.	32.3
20	Brasil	59.6	104	Irán	44.5	141	Emiratos A.U.	25.7
22	Colombia	59.1	116	India	41.6	142	Kuwait	23.9
28	Portugal	57.1						
33	Francia	55.5						
37	Irlanda	54.8						
40	Congo	54.3						
44	España	54.1						
45	Estados Unidos	53.2						
46	Zimbabwe	53.2						
47	Honduras	53.1						
48	Venezuela	53.0						
50	Alemania	52.5						
58	Cuba	51.2						
60	Grecia	50.9						

Fuente: Environmental Sustainability Index 2002



El ESI<sub>2002</sub> es una herramienta que ayuda a realizar las comparaciones entre naciones del progreso ambiental de una manera sistemática y cuantitativa. Este representa un primer paso hacia un enfoque más analíticamente manejado para la toma de decisiones. Adicionalmente este índice permite:

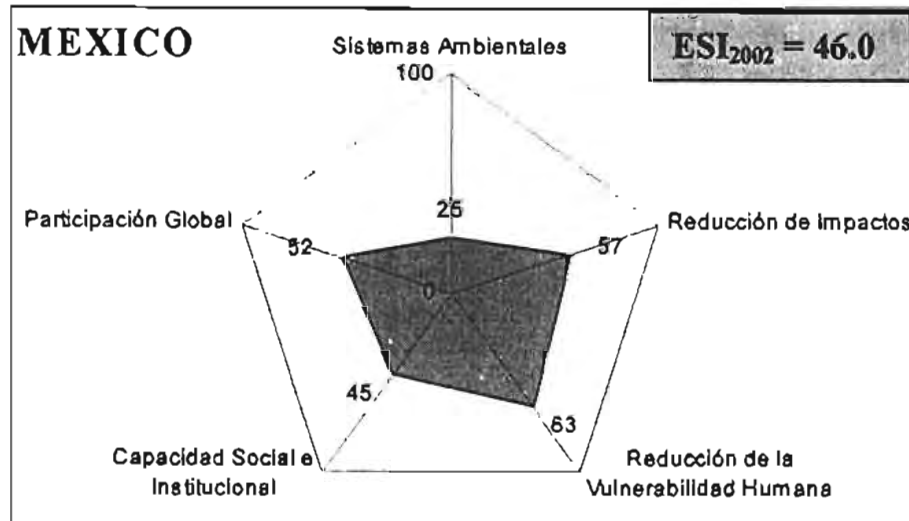
- La identificación de los asuntos donde los resultados del entorno nacional están por encima o debajo de las expectativas;
- El rastrear e identificar áreas de éxito o fracaso;
- Benchmarking del desempeño de entorno;
- La identificación de “mejores prácticas”; y
- La investigación de las interacciones entre el ambiente y el funcionamiento económico.

El ESI<sub>2002</sub> ha sido desarrollado por un proceso transparente e interactivo, utilizando información estadística, ambiental y la experiencia analítica existente alrededor del mundo. El ESI equilibra un rango de dimensiones, incluyendo perspectivas nacionales y globales, los diferentes tipos de amenazas ambientales y aspectos socioeconómicos y ambientales de sustentabilidad.



El análisis multidimensional en que basa su metodología de cálculo, se realiza agrupando todas las variables en cinco categorías las cuales son: sistemas ambientales, reducción de impactos, reducción de vulnerabilidad humana, capacidad social e institucional y participación global, los resultados son representados en forma de una gráfica de espiral a fin de tener una visión rápida del grado de sustentabilidad que cada país ha alcanzado en cada una de las dimensiones en estudio, dicha representación es mostrada a continuación para el caso específico de nuestro país.

Figura 2.4 Presentación gráfica de resultados del ESI<sub>2002</sub>



Fuente: Environmental Sustainability Index 2002

### 2.2.2 Huella Ecológica

El entorno nos proporciona variados recursos y servicios. Teniendo como objetivo su uso sustentable a largo plazo, debemos considerar que para producir (o para brindar un servicio ambiental) se requiere de una superficie de terreno productivo. Al medir la Huella Ecológica (HE) se pretende estimar el tamaño del terreno necesario para satisfacer las necesidades de una nación o de una ciudad misma. Los recursos que extraemos de nuestro medio son muy diversos. Es obvio que las producciones agrícola y ganadera requieren de ciertas superficies para crecer las plantas o mantener el ganado, o que el papel o la madera provienen de lotes de vegetación natural, al igual que la caza o las flores que usan las abejas para producir la miel. Menos evidente es que cuando utilizamos combustibles y liberamos bióxido de carbono a la atmósfera, éste debe ser absorbido por el mar y los ecosistemas, si hemos de evitar que se acumule en la atmósfera y contribuya al cambio climático global. Ello compromete cierta superficie de vegetación. A todo esto debemos sumar el terreno sobre el que vivimos y nos transportamos. Además, debemos preservar una superficie específicamente para la conservación de la biodiversidad del planeta. El área total requerida para cubrir estas y muchas otras necesidades es la huella ecológica.<sup>[23]</sup>

La huella ecológica se mide en unidades de área, es decir en hectáreas cuya productividad es la medida mundial. Para cada región se puede estimar, además su capacidad biológica a partir de la superficie que le corresponda a cada habitante y de la productividad biológica promedio de su territorio. Un territorio árido, debido a su baja productividad, tiene una capacidad

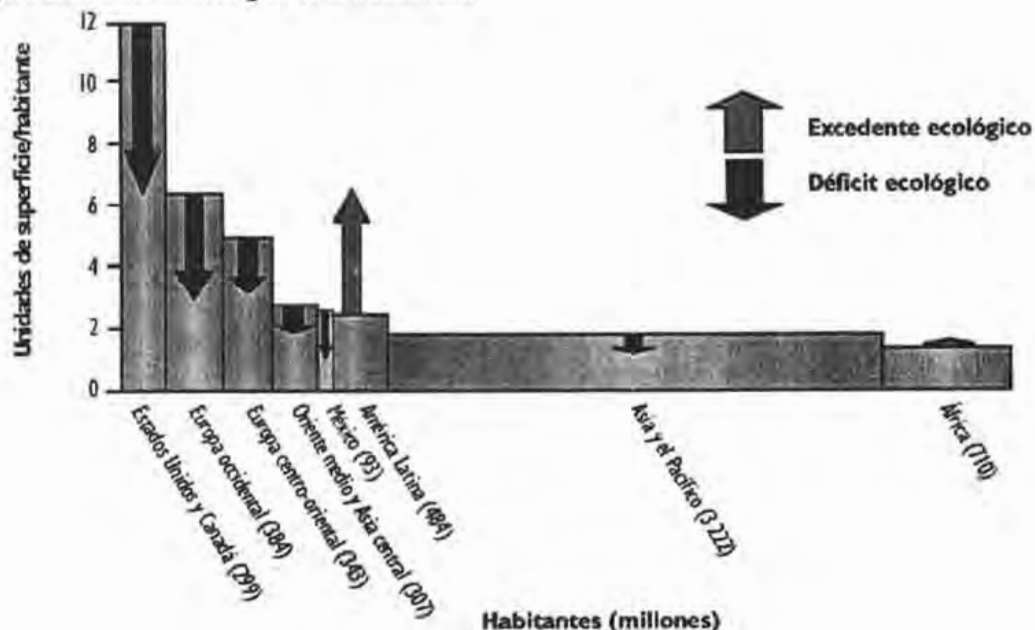
biológica menor que, por ejemplo un bosque. Para asegurar la sustentabilidad, la huella ecológica debe ser menor o igual que la capacidad biológica; de lo contrario, los recursos se explotan a una tasa superior a la que se producen.

Los recursos que extraemos de nuestro medio son diversos y cada sociedad hace uso de ellos de manera distinta. Algunos aprovechan intensamente los productos que para otros son poco empleados. Por ello, lo correcto es expresar las dimensiones de la huella a escala nacional, o bien, con respecto al número de sus ciudadanos.

Los dos países con mayor impacto son Estados Unidos (que requiere más de 12 hectáreas por habitante) y China, cuyo consumo per cápita es mucho menor, pero impacta de manera similar debido al gran número de habitantes. En general, los ciudadanos de los países desarrollados tienen los requerimientos ecológicos más altos. La HE por persona en los países de la OCDE ascendía a 7.17 hectáreas, mientras que en las naciones excluidas de este organismo era de apenas 1.81 ha. A excepción de África y Latinoamérica, en todo el mundo la superficie necesaria para mantener la población humana ésta por arriba de la capacidad biológica.

En México la HE por habitante es de 2.67 hectáreas, (Figura 2.5) ligeramente por arriba del estimado para Latinoamérica (2.46 ha). A pesar de que esta región cuenta en conjunto con el excedente ecológico más grande del mundo, nuestro país (debido en gran parte a la aridez de más de la mitad del territorio y a la elevada población) cuenta con un déficit ambiental importante. Añadiendo una superficie del 12% para la conservación de la biodiversidad, según la recomendación de *Nuestro Futuro Común*, la HE del mexicano asciende a 3.04, mientras que la capacidad biológica de nuestro territorio es de tan sólo 1.65. Esto significa que para lograr un manejo sustentable de nuestro territorio debemos reducir nuestro impacto per cápita o bien, reducir nuestra población a cerca de la mitad de su tamaño actual. Respecto a los demás países de la OCDE, nuestra HE es la más pequeña por habitante, pero la octava más grande a escala nacional.

Figura 2.5 La huella ecológica de la humanidad



Fuente: Ecological footprints and ecological capacities of 152 nations: the 1996. Redefining Progress. USA 2000

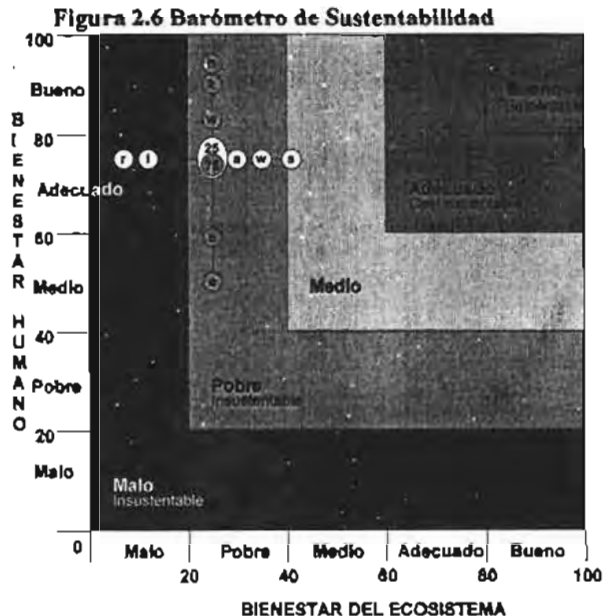
### 2.2.3 Barómetro de Sustentabilidad

La Unión Mundial para la Naturaleza (UNICN, por sus siglas en inglés) a través de su Equipo Internacional de Evaluación y el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) desarrollaron en 1997 la herramienta denominada Barómetro de Sustentabilidad<sup>[24]</sup> (BS).

El BS proporciona una manera sistemática de organizar y combinar los indicadores de tal forma que los usuarios puedan valorar las condiciones de la gente y de los ecosistemas, así como los efectos de la interacción hombre – naturaleza.

El Barómetro de Sustentabilidad posee seis características:

- 1) Es una escala de rendimiento, la cual combina indicadores a los que se asocia un valor de rendimiento, el cual puede ser aceptable o inaceptable con respecto al bienestar humano o a los ecosistemas.
- 2) La escala tiene dos ejes (Figura 2.6), uno para el bienestar humano y otro para el bienestar del ecosistema.
- 3) Un resultado bajo o pobre en uno de los ejes, anula un resultado en el otro eje, con ello se asegura que se le está dando la misma importancia a la gente que al ecosistema.
- 4) La escala de 0 – 100 del BS, como se señaló, se divide en cinco sectores de 20 puntos cada uno.
- 5) El usuario del BS debe enunciar explícitamente sus supuestos sobre el significado de cada indicador de bienestar humano y del ecosistema para lograr una adecuada definición de los sectores de la escala y de los niveles de logro que se consideran ideales, deseables, aceptables o desastrosos.
- 6) Utiliza cálculos simples en la conversión de los resultados de los indicadores a la escala del Barómetro.



Fuente: Appendix 2 of *The Wellbeing of Nations* by Robert Prescott-Allen, Publication July 2001 by Island Press

Una de las virtudes del BS es que muestra de manera gráfica, sencilla y bastante comprensible, los resultados globales de la medición. Generalmente en el eje de las abscisas se muestra el bienestar de los ecosistemas y en el eje de las ordenadas el bienestar de la población.

### 2.3 Indicadores de desarrollo sustentable en México

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), desarrollaron los Indicadores de Desarrollo Sustentable en México,<sup>[25]</sup> cuyos objetivos son, en primer lugar, proporcionar un conjunto de indicadores que contribuyan al conocimiento de la problemática de sustentabilidad y al diseño de estrategias y políticas en esta materia en nuestro país, y en segundo lugar, serán las bases metodológicas que permitan continuar con el trabajo de elaboración y actualización de dichos indicadores.

La publicación: indicadores de desarrollo sustentable en México (la primera de su tipo en el país) contiene y amplía el informe final de resultados del trabajo conjunto realizado por ambas instituciones entre 1996 y 1999, en el marco de la prueba piloto mundial auspiciada por la *Comisión de Desarrollo Sustentable* (CDS) de Naciones Unidas, que se instrumentó a raíz de los compromisos adoptados por los países signatarios del “Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable” o *Agenda 21*. Dicho informe, remitido a la CDS en noviembre de 1999, fue también presentado en diciembre de 1999 en Barbados durante el taller de evaluación de resultados, en el contexto de la fase de instrumentación de la prueba piloto.

La elaboración de los indicadores (113 de un total de 134) ha puesto a prueba no sólo la capacidad y experiencia de México en la aplicación de metodologías de vanguardia para desarrollar dichos indicadores, sino también el potencial y disponibilidad de la información en un tema de enorme trascendencia para el país.

El INEGI y el INE coordinaron los mecanismos de consulta con otras instituciones nacionales para la recopilación e integración de la información que serviría para la construcción de los indicadores.

Aun cuando inicialmente dichos indicadores se trabajaron por separado entre el INEGI y el INE, hubo coincidencia en adoptar los criterios generales de selección:

- a) Evaluación de la existencia y uso de los indicadores en las distintas instituciones del país vinculadas con la gestión ambiental y el desarrollo sustentable;
- b) Evaluación de la disponibilidad de información básica, es decir, una exploración sobre los datos requeridos para la elaboración de 134 indicadores, las instituciones responsables y las fuentes de los datos; y
- c) Identificación de los objetivos del desarrollo sustentable y de sus áreas prioritarias como también de los objetivos y metas consignado en el Plan Nacional de Desarrollo.

De manera implícita, se observó, por un lado, que la mayoría de los indicadores propuestos en el manual de la CDS tenía una relación estrecha con las prioridades y estrategias nacionales sobre el desarrollo sustentable y, por otro, dada la creciente demanda de información ambiental, era oportuno iniciar, cuanto antes, el proceso de la elaboración de los indicadores de sustentabilidad.

Con los objetivos y criterios antes expuestos; México ha logrado generar 113 indicadores de sustentabilidad de un total de 134. De los 113 indicadores generados: 39 son de presión, 43 de estado y 31 de respuesta. En los tres casos, los resultados obtenidos pueden considerarse altamente satisfactorios, según lo reflejan sus proporciones respecto al número de indicadores propuestos por la CDS: 90.7%, 79.6% y 83.8%, respectivamente.

Esta cantidad se integra en 97 elaborados conforme a sus correspondientes hojas metodológicas, más otras 16 que son de carácter alternativo a la metodología propuesta. De los restantes 21 no evaluados, 6 indicadores están en proceso de desarrollo y otros 15 cuya información no está disponible en tanto no responden por ahora a las prioridades nacionales de información.

**Tabla 2.2. Balance de los indicadores propuestos por la CDS y los generados por México**

	Tipo de Indicador							
	Presión		Estado		Respuesta		Total	
	Propuestos	Generados <sup>1</sup>	Propuestos	Generados <sup>1</sup>	Propuestos	Generados <sup>1</sup>	Propuestos	Generados <sup>1</sup>
Social	13	13	21	16	7	6	41	35
Económico	8	8	12	10	3	1	23	19
Ambiental	22	18	18	14	15	12	55	44
Institucional	0	0	3	3	12	12	15	15
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>39</b>	<b>54</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>134</b>	<b>113</b>

<sup>1</sup> Incluye los elaborados de acuerdo con las metodologías de la CDS y los realizados de carácter alternativo.

Por categorías temáticas, la capacidad general de elaboración es mayor en los temas institucional, social y económico (100%, 85.4% y 82.6%, respectivamente), lo cual se explica porque para muchos de ellos la información básica o el indicador mismo es desarrollado y utilizado desde hace mucho tiempo en el país. Los indicadores ambientales, en cambio, son de desarrollo reciente y su disponibilidad es de 80.0%, por lo que, para alguno de ellos, todavía se requiere trabajar en cuanto a la generación de información básica.

## 2.4 Sustentabilidad corporativa

El significado preciso del término “sustentabilidad corporativa” es muy discutido. Para algunos, una empresa que persigue verdaderamente prácticas sostenibles debe dejar gradualmente de usar sustancias que sistemáticamente estén en disparidad con un mundo sustentable, mientras se determina qué parte de la capacidad, limitada, de regeneración del mundo está ocupada por el uso de recursos renovables. Similar a éste es el punto de vista de que “sustentabilidad corporativa” quiere decir establecer condiciones frontera, límites y el determinar la capacidad de aire, agua, y tierra de asimilar la utilización de recursos y la generación de residuos asociados a los productos y servicios de una empresa.<sup>[26]</sup> Otros, intelectualmente unidos a los movimientos sociales revisionistas, asignan más peso a los procesos que conducen a prácticas sustentables. Ellos ven la implicación de las acciones (y los indicadores definidos mediante estas acciones) como una precondition para actividades corporativas verdaderamente sustentables. Otros más, guiados por el Consejo Mundial de Negocios basados en el desarrollo sustentable, definen la sustentabilidad fundamentalmente en términos de eco-eficiencia, es decir, como la producción de bienes y servicios cada vez más valiosos en relación con la carga que imponen al medio ambiente.<sup>[25]</sup>

Actualmente las empresas que siguen una filosofía de sustentabilidad corporativa son todavía una minoría, una encuesta reciente de Arthur D. Little sobre negocio y desarrollo sustentable, por ejemplo, encontró que el 95% de los gestores entrevistados creen que el desarrollo sustentable es importante, con un 82% que concluyen que ello brinda valor al negocio. Sin embargo sólo un 17% se ven a sí mismos como empresas que han hecho progresos significativos en este sentido (Figura 2.7). Un 75% estima que un mayor progreso requeriría que las empresas cambiaran su visión y estrategia corporativa. Obviamente tales cambios pueden llevar mucho tiempo, primero para formularlos y luego para implementarlos. Los beneficios social, comercial y medioambiental asociados al reciclado, verdaderamente pueden

estar claros para una empresa; pero las cuestiones tecnológica, económica y otras, pueden, sin embargo, limitar la amplitud con la que pueden modificarse procesos y productos para lograr tales beneficios.

Dow Jones & Company ha desarrollado un Índice de Sustentabilidad para fines de inversión compuesto por empresas que son líderes en sustentabilidad en sus respectivos grupos industriales. Están incluidos productores de materiales básicos (tales como acero y papel), fabricantes de componentes electrónicos e instituciones financieras. Además del uso eficiente y efectivo de los recursos, los criterios de evaluación incluyen la forma en que las compañías se gestionan y su contacto y relaciones con inversores y sociedad.<sup>(13)</sup> Dow Jones concluye que la decisión de una empresa de perseguir la sustentabilidad permite ver uno de los más importantes factores que los inversores deberían considerar cuando deciden comprar acciones. El índice Dow indica que las empresas con una fuerte tendencia hacia la sustentabilidad han funcionado mejor que otras en los últimos años. Sobre una base global, el incremento del valor de las acciones de las compañías líderes en sustentabilidad fue más de un 65% superior a la media de la industria desde diciembre de 1993 hasta la mitad de 2000.

El interés de invertir en sustentabilidad también está reflejado en el establecimiento de una variedad de fondos de inversión que se centran en empresas que cumplen altos estándares medioambientales, que incluyen el Environmental Value Fund y el Global Care Asia Pacific Fund. En el caso del primero, los factores que se tienen en cuenta para realizar inversiones incluyen el impacto de las compañías sobre el calentamiento global, su contribución a la destrucción de la capa de ozono, las emisiones tóxicas, la utilización del agua, la intensidad del uso de la energía, la eficiencia en el empleo de los materiales, las responsabilidades medioambientales y la calidad de la gestión medioambiental.

Figura 2.7 Puntos de vista empresariales sobre desarrollo sustentable<sup>(1)</sup>

Grado de importancia	Porcentaje de respuestas
Importante, con progresos significativos	17%
Importante, con algunos progresos	46%
Importante, empezando a explorar	22%
Importante, no saben por dónde empezar	10%
Filosofía, demasiado difícil de poner en práctica	4%
No realista, pérdida de tiempo	1%
Manía pasajera	1%

<sup>(1)</sup>Resultados de un cuestionario enviado a 481 ejecutivos de todo el mundo sobre la importancia del desarrollo sostenible

Fuente: Arthur d. Little. Realising the Business Value Of Sustainable Development, Cambridge, 1999

# CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE NITRÓGENO, ATASTA, CD. DEL CARMEN

## CÁPITULO 3

*Para formular y evaluar un proyecto es necesario fijar los límites sobre los cuales se hará el análisis, por lo cual es necesario reunir toda la información posible para realizarlo, por ello en el presente capítulo se tratan aspectos generales del caso de estudio: Planta de Nitrógeno, Atasta, Cd. del Carmen, Campeche. En primera instancia se dan los aspectos técnicos de la planta en estudio, tales como la descripción general del proceso así como las bases de diseño para las secciones de compresión y separación de aire, en la segunda parte se enumeran los diferentes factores sociales, naturales, y económicos de la región en la que impacta directa e indirectamente la implementación del proyecto.*

### 3.1 Antecedentes y justificación de la implementación de la planta de N<sub>2</sub>.

El campo petrolero Cantarell es el más grande del país y el sexto en importancia en el mundo, aporta una proporción sustancial de las reservas, la producción y la exportación de petróleo de México. Produce crudo pesado, con alto contenido de azufre y metales, denominado *Maya*. La producción se inició en 1979 y sólo dos años después llegó a un volumen máximo de 1.15 millones de barriles diarios, para descender a cerca de un millón, nivel que se mantuvo hasta 1995. Este tope fue fijado con base en la estrategia de explotación de esos años y no por limitaciones del potencial del yacimiento. En los primeros 19 años que Cantarell opero (1998) se produjeron siete mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente, cifra que, no obstante su enorme volumen, represento tan sólo un tercio de las reservas originales de este campo. Al inicio de 1999 sus reservas probadas y probables de hidrocarburos se estimaron en 13 mil millones de barriles. Este cálculo fue auditado por una empresa especializada de ingeniería de gran prestigio en los medios petroleros y financieros internacionales. En la cifra anterior no se incorporaban aún las reservas de un nuevo bloque del campo Cantarell llamado Sihil.<sup>[27]</sup>

En forma natural, la explotación del Campo Cantarell durante 19 años redujo la presión en el interior del yacimiento. Esta cayó en casi 60 por ciento de su valor original (de 270 kg/cm<sup>2</sup> a 123.7 kg/cm<sup>2</sup>). Para contrarrestar este proceso se consideró que era necesario suministrar energía al yacimiento, inyectándole algún fluido. Ello permitiría incrementar la proporción de los hidrocarburos que se podrían recuperar del subsuelo, lo que equivaldría a incrementar las reservas del campo y acelerar el ritmo de extracción. Una vez tomada la decisión de mantener

la presión del yacimiento se evaluaron, en términos técnicos y económicos, fluidos alternativos a inyectar en el campo. Primero se optó entre agua y algún gas. El uso de agua fue descartado, pues no es un método eficiente en yacimientos altamente fracturados como Cantarell, e implica un mayor riesgo debido a su tendencia a canalizarse mediante las fracturas, sin desplazar el aceite contenido en la roca.<sup>[28]</sup>

Se definió la conveniencia de inyectar gas, para lo cual se analizaron diversas opciones, que finalmente se redujeron a la elección entre gas natural y nitrógeno. La decisión se tomó en función de las características específicas de Cantarell y las condiciones económicas que enmarcan su desarrollo. Dado el objetivo de maximizar el valor económico del yacimiento, se examinaron múltiples escenarios de largo plazo que consideraron diferentes niveles de inyección de fluidos, ritmos de producción de petróleo y volúmenes de recuperación final de hidrocarburos.<sup>[28]</sup>

Después de realizar extensos estudios de laboratorio, trabajos de simulación del comportamiento del yacimiento apoyados en modelos avanzados del mismo y una evaluación económica rigurosa, se concluyó que la inyección de nitrógeno era la mejor opción técnica y la de menor costo (Figura 3.1). Los estudios fueron realizados por Pemex, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Instituto Francés del Petróleo, así como otros laboratorios en México y en el extranjero. Se consultó a múltiples especialistas, asimismo, se contó con información directa de otros campos en explotación donde se inyecta nitrógeno, en particular, los campos Yates y Hawkins en Estados Unidos, que fueron visitados por ingenieros de Pemex en múltiples ocasiones.<sup>[29]</sup>

**Figura 3.1 Comparación de los precios de los gases a inyectar en Cantarell**

Nitrogen	1200	500500	0.23-0.56
Flue gas	1227	510400	0.55-0.82
Carbon dioxide	1774	665500	1.00-1.25
Associated gas	1543	578600	1.25-1.50
Natural gas	1336	526000	2.10-2.20

Fuente: J. C. Kuo (Bechtel), J. Luna Melo (PEMEX), "World's largest N<sub>2</sub> generation plant" Oil & Gas Journal, Mar. 12, 2001

Las ventajas de utilizar un gas inerte a presión son: el nitrógeno es completamente inerte por lo que se evita toda reacción con los componentes del petróleo, el problema de una posible mezcla entre el nitrógeno y el petróleo no es tan grave ya que la miscibilidad de dicho gas con el hidrocarburo es pequeña. Además, al extraer el petróleo y traerlo a presión atmosférica, cualquier cantidad de nitrógeno que pudiese ser disuelta, se separaría espontáneamente, pues al expandirse, se volatiliza en gas, pudiendo así recuperar el petróleo (líquidos y sólidos en suspensión) por un lado y el nitrógeno que lo acompaña por otro.<sup>[30]</sup>

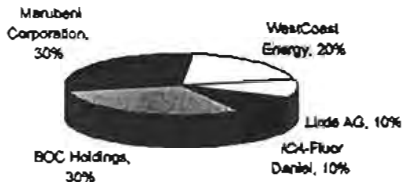
El día 25 de febrero de 1997, Pemex Exploración y Producción (PEP) inició un proceso de licitación para la construcción y operación de una Planta de Nitrógeno (PN<sub>2</sub>) con capacidad de 1,200 MMPCSD e instalaciones asociadas, para suministro de este fluido a los yacimientos del Campo Cantarell.

En octubre de 1997, la licitación internacional fue adjudicada al consorcio que ofreció el precio más bajo. La planta productora de nitrógeno es propiedad y fue construida, por un consorcio internacional denominado Compañía de Nitrógeno Cantarell (constituida por: British Oxygen, Westcoast, Marubeni, Linde e ICA-Fluor Daniel) quien también la operará (Figura 3.2). Pemex recibirá el nitrógeno comprimido en la boca del pozo, a un precio



predeterminado. [27] La inversión estimada para el proyecto fue de 1,000 millones de dólares para obtener una capacidad de planta de 33.98 Mm<sup>3</sup>/d (1,200 MMPCSD), en cuatro módulos de operación (Figura 3.3 y 3.4), el alcance del proyecto fue diseñar, construir, equipar, probar, operar y dar mantenimiento a la planta, así como a sus instalaciones asociadas.

Figura 3.2 Consorcio de Compañías de la Planta de N<sub>2</sub> Cantarell. (participación en inversión total)



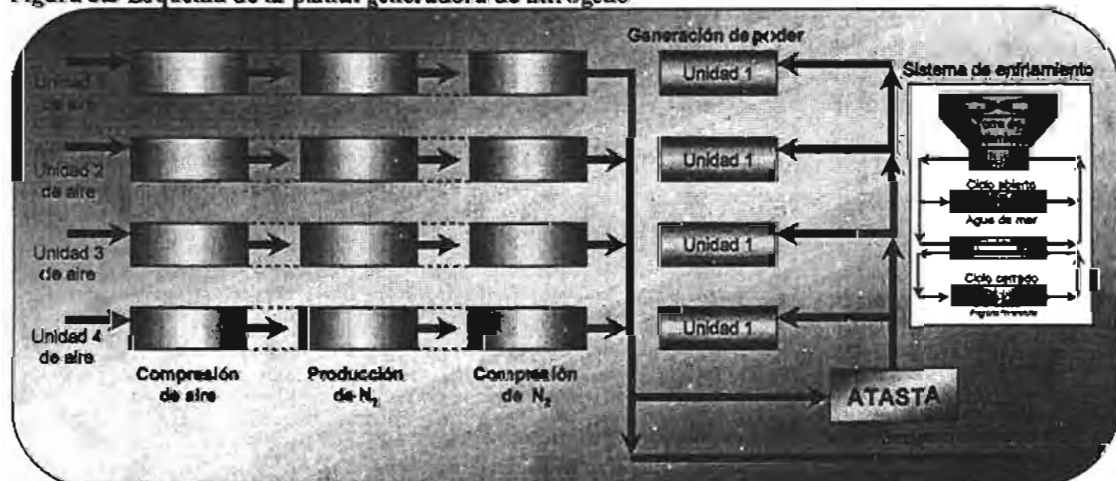
- BOC Holdings, del Reino Unido. Con 30% del capital, es el líder propietario del grupo y su labor se enfocará a la operación y mantenimiento.
- Marubeni Corporation, de Japón. También con 30% de participación se dedicó al financiamiento.
- Westcoast Energy, de Canadá. Tiene 20% del proyecto y se encargará de la parte operativa.
- Linde AG, de Alemania. Con 10% de las acciones aportó la tecnología para la separación del aire.
- ICA-Fluor Daniel, sociedad mexicano-estadounidense, que lideró la ingeniería, procuración y construcción del proyecto; tiene 10% de participación.

Fuente: PEMEX, Boletín No. 127/2000, 8/junio/2000.

El proyecto se compone de dos elementos principales:

- La planta de Nitrógeno (PN<sub>2</sub>).
- El sistema de entrega de Nitrógeno (2 líneas de 36" de diámetro).
  - Un ducto de Nitrógeno de aproximadamente 80 kilómetros el cual conectará la planta con la plataforma de entrega ubicada en el Campo Cantarell.
  - Un ducto lateral de Nitrógeno de aproximadamente 10 kilómetros éste correrá de la planta al punto de interconexión del ducto de PEP, el cual actualmente es una línea de conducción de gas natural que será convertida a conducción de Nitrógeno el 1 de Octubre de 1999.

Figura 3.3 Esquema de la planta generadora de nitrógeno



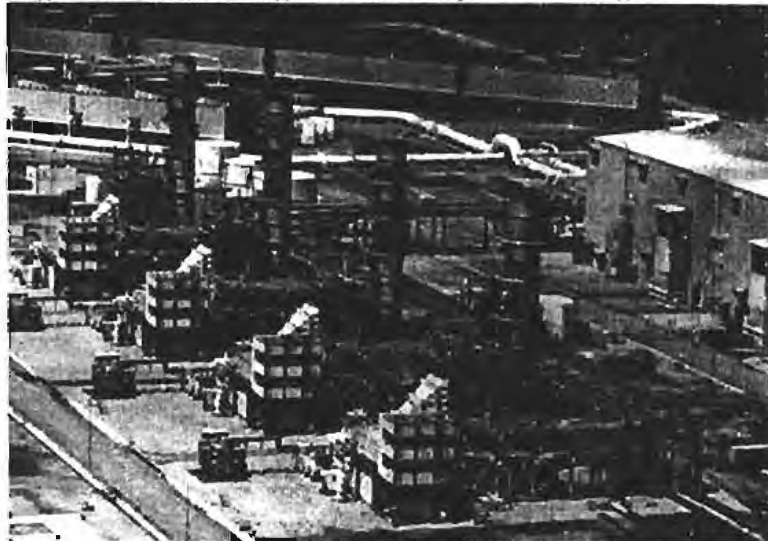
Fuente: J. C. Kuo (Bechtel), J Luna Melo (PEMEX), "World's largest N<sub>2</sub> generation plant" Oil & Gas Journal, Mar. 12, 2001

Adicionalmente, se requerirá de:

- Un ducto terrestre de transporte de gas natural en acero al carbón, de 609,6 mm (24 pulg.) de diámetro nominal, API-5L-X70, para manejar un volumen de 8,49 Mm<sup>3</sup>/d a una temperatura de 322,04 K (48,9 °C) y un rango de presión de 4,89 a 5,31 MPa (710 a 770 psig). Este ducto tiene una longitud total de 14,5 km e inicia en el Centro de Proceso y Transporte de Gas Atasta (CPTGA) y finaliza en la PN<sub>2</sub>.
- Sistema de enfriamiento de agua ya sea usando agua de mar o aire como fluido de enfriamiento.
- Ducto terrestre y marítimo de transporte de agua de mar de 3,048 mm (120 pulg.) de diámetro nominal, para manejar un volumen de 1,73 Mm<sup>3</sup>/d a una temperatura de 310,65 K (37,5 °C). Este ducto tiene una longitud total de 12,3 km e inicia en la PN<sub>2</sub> y finaliza en un punto mar adentro.
- Intercambiador enfriado por aire.
- En un futuro, Pemex Exploración y Producción planea construir una o más plataformas de inyección en la cercana de los complejos de las plataformas de producción en el Activo Cantarell, Akal-C / Akal-J, las cuales usarán el nitrógeno producido en la PN<sub>2</sub>.
- Se estima que durante la operación la PN<sub>2</sub> se requerirá de aproximadamente 2 MW de energía eléctrica. Sin embargo, deberá realizarse un análisis más preciso una vez que la ingeniería de detalle esté por finalizar, para definir los requerimientos de energía reales para el arranque y operación de la instalación.
- Estación de regulación y medición de gas natural.

La construcción de la PN<sub>2</sub> inició en el año de 1988, se realizó en dos etapas (módulos) hasta que alcanzó la capacidad de producción total requerida a finales del año 2000.

**Figura 3.4 Sección de cogeneración de la planta de nitrógeno**



Fuente: [http://www.gasnet.com.br/gasnet\\_br/cogerao/artigos\\_tecnicos16-01-02.htm](http://www.gasnet.com.br/gasnet_br/cogerao/artigos_tecnicos16-01-02.htm)

### 3.2 Descripción de las etapas para la obtención criogénica de nitrógeno

La planta de nitrógeno para el campo Cantarell está diseñada para producir 1,200 MMPCSD (33.98 Mm<sup>3</sup>/d, a condiciones normales de temperatura y presión) de nitrógeno de alta pureza y a altas presiones para su inyección en los pozos del campo petrolero de Cantarell.

Los componentes principales de la planta incluyen cuatro módulos de producción de nitrógeno. Cada uno se compone de un sistema de aire accionado por motor eléctrico, de una unidad de separación de aire y de un sistema de compresión de nitrógeno accionado por turbina de vapor. Además, mar adentro se tiene una red de tuberías para entrada de nitrógeno inyectable, una tubería de gas natural como combustible, un bloque de generación de energía de cuatro turbinas de gas, una torre de enfriamiento de agua de mar con su respectivo sistema de abastecimiento y descarga y otros sistemas de soporte.<sup>[31]</sup> A continuación se da una descripción de los seis módulos que conforman la planta.

- **Compresión.** Este proceso inicia al aspirar el aire atmosférico, por medio de un filtro y entonces se envía a un proceso de compresión.
- **Enfriamiento.** El aire comprimido es enfriado primero por aire y después pasa a través de un intercambiador de calor que opera a contraflujo. El exceso de vapor de agua es removido en un enfriador de tambor. El aire es subenfriado, el agua es eliminada y el gas (N<sub>2</sub>) pasa a la etapa de purificación.
- **Purificación.** Se eliminan el dióxido de carbono residual, vapor de agua y otros contaminantes que pudieran congelarse durante el proceso por medio de intercambiadores de calor o mallas moleculares.
- **Compresión y enfriamiento.** El aire purificado y seco pasa a través de intercambiadores de calor (perdiendo temperatura) hasta casi alcanzar el punto de rocío de aire, 110 K (-163,16 °C), se alimenta al fondo de la columna de destilación de alta presión, lo cual propicia que el aire se licúe dentro de la torre.
- **Separación.** La separación de la corriente de aire en sus componentes principales (nitrógeno y oxígeno), se logra a través de una columna de destilación en un proceso de dos etapas. En la primera etapa (licuefacción, alta presión), el aire líquido empieza a ebulir en la columna inferior, iniciándose el proceso de separación.

El nitrógeno se dirige hacia la parte superior de la columna, propiciando que el aire líquido, en el fondo de la columna, vaya enriqueciéndose en oxígeno, lográndose una separación total de nitrógeno, oxígeno y gases raros.

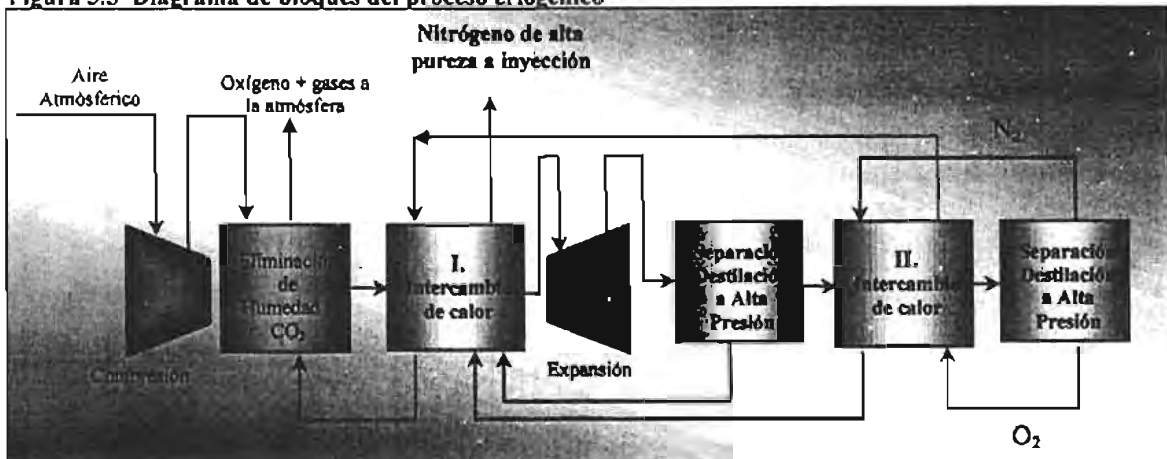
Los gases de nitrógeno obtenidos en el domo de la columna inferior (alta presión), se condensan al contacto con el oxígeno líquido que se encuentra en el fondo de la columna superior (baja presión).

Una corriente de oxígeno residual abandona el fondo de la columna de alta presión y se subenfía en un intercambiador de calor. El vapor en la parte superior de la columna, es condensado por intercambio de calor con la corriente de oxígeno residual. El líquido condensado se envía como reflujo hacia la torre y el vapor es nitrógeno gaseoso de alta pureza. Esta corriente se calienta al pasar a través de los intercambiadores de calor a contraflujo que operan a lo largo del proceso.

En el fondo de la columna de baja presión se obtiene una corriente residual la cual contiene 72% de oxígeno. Esta corriente es subenfriada en un intercambiador de calor a contraflujo, El gas residual a la salida del condensador y a su paso por los diferentes intercambiadores que operan a contraflujo, cede frío a las corrientes de entrada, logrando así su transformación a la fase gaseosa.

- **Compresión y envío.** El nitrógeno producto de la torre de baja presión se alimenta a una etapa de tren de compresores. La corriente de salida de esta etapa se transporta a través de un ducto de 914,4 mm (36 pulg.), de diámetro y de aproximadamente 80 km de longitud, hasta la válvula de entrega en el Campo Cantarell (a una temperatura de 344,26 K o 71,1 °C) y 12,4 MPa (1 800 psig). La composición del nitrógeno que desea obtenerse por el proceso criogénico es: oxígeno (<10 ppm), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>); en una razón de aproximadamente 0,5% en volumen (la suma de todos) y el balance de Nitrógeno.

Figura 3.5 Diagrama de bloques del proceso criogénico



Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Bases de diseño para el proceso de la planta de nitrógeno

#### 3.3.1 Criterios de diseño para la compresión de aire

Flujo de entrada del aire Nm <sup>3</sup> /hr	475,300
Presión de entrada, bar absolutos	1.0138
Temperatura de entrada, °C	33
Potencia de la planta del motor, MW	52
Potencia nominal requerida para el compresor de aire, MW	46.5
Presión nominal de descarga absolutas (en la aleta de descarga después del enfriador)	9.535
Temperatura de salida después del enfriador, °C	34.4 (sat)
Flujo de agua de lavado en el compresor de aire, m <sup>3</sup> /h	7.0
Presión de agua de lavado, bar manométricas	14.0

#### 3.3.2 Criterios de diseño para la unidad de separación de aire

Adsorción	
> Flujo (base seca), Nm <sup>3</sup> /h (cada tren)	475,300
> Presión a la entrada, bar absolutas	9.50
> Temperatura de entrada °C	35.0
Composición	
> H <sub>2</sub> O	Saturada
> CO <sub>2</sub>	400 ppm
Composición a la salida	
> H <sub>2</sub> O	≤ 1 ppm v
> CO <sub>2</sub>	≤ 1 ppm v
> O <sub>2</sub>	10 ppm
Flujo, Nm <sup>3</sup> /h (cada tren)	86,000
Temperatura de entrada, °C	170
Temperatura media de calentamiento, °C	194
Temperatura de enfriamiento, °C	18
Presión en la alimentación, bar absolutas	1.1
Adsorbente	UOP 13X-APG y alúmina activada
> Tipo	
Peso de llenado de la malla molecular por tanque, kg.	72,900

### 3.4 Situación económica, natural y social de la región de estudio

La planta de N<sub>2</sub> se encuentra ubicada en la Península de Atasta, en el municipio de Ciudad del Carmen, en el estado de Campeche (Figura 3.6), dicho municipio se considera como la zona de estudio en la que la implementación del proyecto ocasionará los impactos directos e indirectos a identificarse y analizarse con miras a la formulación y evaluación del proyecto.

#### 3.4.1 Ámbito natural de la zona de estudio

Campeche se encuentra ubicado en la parte sur-oeste de México, colinda al este con Quintana Roo, al oeste con Tabasco y Golfo de México, al norte con Yucatán y al sur con la República de Belice y República de Guatemala, su extensión territorial es 56,858 km<sup>2</sup> y tiene un litoral costero de 523 km. El estado se conforma de once municipios: Calkiní, Campeche, Cd. Del Carmen, Champotón, Escarcega, Hecelchakán, Hopelchén, Palizada, Tenabo, Calakmul, y Candelaria. Sus principales ciudades son Campeche y Carmen con una población de 216,897 y 172,076 habitantes lo que representa el 56.31 % de la población total.

Figura 3.6. Ubicación de la planta de nitrógeno



Fuente: Elaboración propia

Sus principales elevaciones son cerro Champerico (Champotón) 390 msnm, cerro Los Chinos 370 msnm y El Ramonal (Champotón) 340 msnm, el clima predominante es el cálido subhúmedo en el 92.7 % del territorio.

El estado se encuentra en la región hidrológica XI (Figura 3.7), entre sus principales cuerpos de agua tenemos los siguientes ríos: Candelaria, Champán, Palizada, Champotón, Laguna de Términos, Laguna de Atasta, Laguna del Pom, Laguna de Silvituc, Laguna de Panlao, Laguna de Vapor y Laguna de Alvarado.

El estado cuenta con cinco Áreas Naturales Protegidas (ANP) de las cuales dos son Reserva de la Biosfera Calakmul (723,185 ha) y Los Petenes (282,857.62 ha), un Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (706,147.67 ha), un Refugio Faunístico Ría Calestún (23,577 ha) y una Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kim (110,990 ha).

De las 5 ANP anteriores la que se encuentra dentro de la zona de estudio es la APFF Laguna de Términos, la cual se ubica en la zona costera del estado de Campeche, entre el río San Pedro y San Pablo al occidente y el área de drenaje del Estero de Sabancuy hacia el oriente, abarcando los municipios del Carmen y parte de los municipios de Palizada, Escárcega y Champotón.

La región de la Laguna de Términos es parte del delta del sistema de ríos Grijalva-Usumacinta, que junto con el complejo fluvio lagunar estuarino que incluye los ríos Palizada,

Chumpan y Candelaria; las lagunas litorales Pom-Atasta-Puerto Rico, San Carlos y del Corte, y el Sistema Palizada del Este-San Francisco-El Vapor, Balchacah (Sitio Viejo), Chacahito y la Laguna de Panlao, constituyen el mayor volumen de descarga de agua dulce y sedimentos terrígenos hacia el mar en todo el país. Sus sistemas pantanosos o humedales cubren más de 259,000 ha de litoral y junto con los de Tabasco, forman la unidad ecológica costera más importante de Mesoamérica por su productividad natural y biodiversidad.

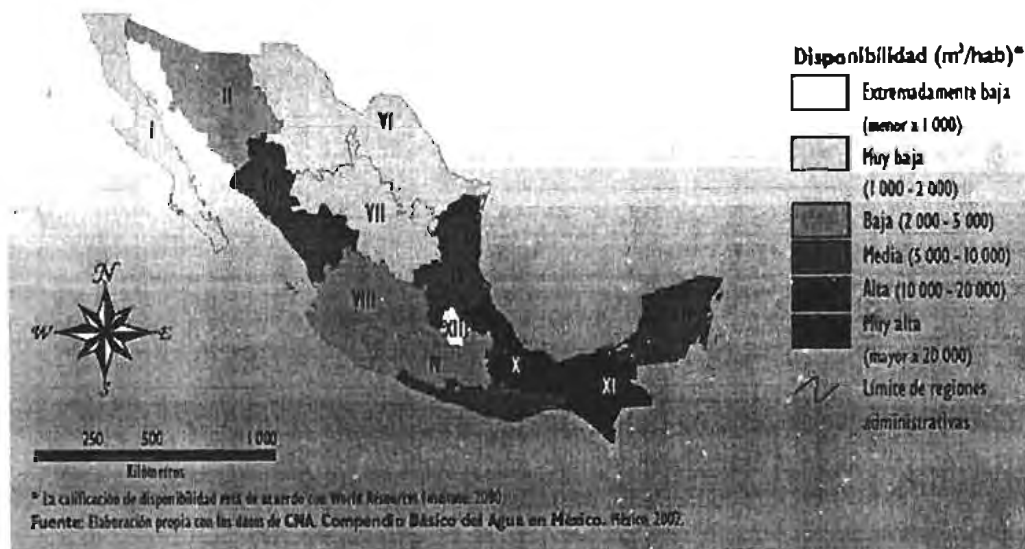
El cuerpo lagunar-estuarino abarca una superficie de cuenca de 1,662 metros cuadrados principal es la propia Laguna de Términos, representa la de mayor volumen en la porción mexicana del Golfo de México.

Históricamente, la región de la Laguna de Términos ha tenido una gran relevancia cultural y económica para México. Desde la época colonial, esta región fue punto de salida para la explotación de maderas preciosas, y a partir de 1950 ha sido una de las zonas más productivas de camarón del Golfo de México. Desde mediados de los años 70 y hasta la actualidad, la Sonda de Campeche es una zona estratégica de extracción de petróleo y gas para todo el país.

A raíz de la contaminación de la laguna de Pom por las actividades de Pemex, en 1991 se forma el Movimiento de Campesinos y Pescadores de la Península de Atasta, el cual agrupa a seis comunidades en la península que se encuentran organizados para enfrentar los efectos de la contaminación. En junio de 1995 se alcanza un acuerdo entre las partes y se firma el Acuerdo para el Desarrollo Sustentable en la Península de Atasta, el cual es signado por los tres niveles de gobierno, Semarnat, Pemex y el sector social, que participa a través de un Consejo Consultivo elegido por elecciones en cada comunidad.

La explotación petrolera en la Sonda de Campeche ocupa el primer lugar en la preocupación frente a los efectos que puede causar en el Área Natural Protegida. A pesar de que la zona de plataformas marinas en la Sonda se encuentra a 75 kilómetros del área protegida, la infraestructura y actividades que en ella se desarrollan representa una fuente actual y potencial de contaminantes hacia la Laguna de Términos. La elevación del nivel de hidrocarburos en la laguna puede ser resultado de las actividades petroleras en la Sonda de Campeche y de los derrames incidentales de hidrocarburos.

Figura 3.7 Disponibilidad de agua por región hidrológica administrativa.



Fuente: CNA. Compendio Básico del Agua en México 2002



### 3.4.2 Infraestructura: vías de comunicación

Campeche cuenta con una red carretera conformada de la siguiente manera: 56 km de autopista, 7 km de puentes, 2,942 km de caminos pavimentados, 800 km de nuevos caminos revestidos y una red ferroviaria con 403.8 km de vías principales y secundarias.

La red de caminos de la entidad comunica a más del 90 por ciento de la población, mientras que el restante corresponde a un número aproximado de 300 comunidades, con una población que oscila entre los 50 y 250 habitantes, cuyos asentamientos en mayor número se encuentran en los municipios de Calakmul y Carmen.

La comunicación aérea se da a través de dos aeropuertos, Campeche (internacional) y Carmen (internacional), en lo referente a puertos se cuenta con tres, Cayo Arcas, Laguna Azul, en Cd. del Carmen y el Recinto Portuario de Lerma.

La red de telecomunicaciones se encuentra conformada con 41,016 líneas automáticas instaladas, 33,256 líneas en servicio, 147 localidades atendidas y 2 empresas de telefonía celular.

### 3.4.3 Vivienda

En lo relativo al desarrollo urbano y vivienda, la distribución territorial de la población en el Estado presenta concentraciones importantes y crecientes, especialmente en las ciudades de Campeche y del Carmen, donde se concentra aproximadamente el 60 por ciento de la población.

En el renglón de regularización de la tenencia de la tierra, prevalecen la falta de disponibilidad de suelo habilitado y los altos costos, resultantes de la especulación. En el Estado la cuarta parte de las viviendas no cuentan con servicios básicos.

En el Estado, la concentración de la población en las ciudades de Campeche y del Carmen, se explica porque cuentan con mejores servicios públicos y posibilidades de mayores niveles de bienestar. Esta situación provoca que el desarrollo en las demás ciudades del Estado sea lento y, en consecuencia, ocurra una saturación poblacional tanto en Campeche como en Carmen.

### 3.4.4 Empleo

En el 2000 Campeche tuvo una tasa de desempleo de alrededor del 3% , tan solo en el mes de noviembre alcanzó un 0.8%. En 2001 ocupó el 1er. lugar en variación porcentual con respecto a los demás Estados de la República Mexicana.

Dentro de la región peninsular el Estado se encuentra en el 1er. lugar en lo que se refiere a la generación de empleos:

Campeche	13,571
Yucatán	3,953
Quintana Roo.	959

La creación de empleos en la entidad se ha convertido en un verdadero reto, ante la situación financiera que guarda cada uno de los sectores de la economía; actualmente la población



económicamente activa, es de aproximadamente 252 mil habitantes, con una tasa de desempleo superior al 4 por ciento.

#### **3.4.4 Salud**

El número de campechanos que no están inscritos en las instituciones de seguridad social es superior al 50 por ciento de los habitantes del estado, y la población sin acceso permanente a los servicios de salud es mayor que la capacidad instalada de las instituciones.

Se han construido y equipado casas de salud, sin embargo, aún existen regiones importantes como, Palizada, Candelaria y Atasta que carecen de esta infraestructura.

#### **3.4.5 Educación**

En el estado existen un total de 1,553 escuelas, distribuidas de la siguiente forma: 1,485 federales, 62 estatales, 135 particulares, 8 autónomas

En el ciclo escolar 2001-2002, cursaron sus estudios 108 mil 246 alumnos en el nivel primaria, en las modalidades formal, indígena y cursos comunitarios, lo que representó una cobertura del 94 por ciento. Los gobiernos Federal y Estatal realizan esfuerzos para integrar y operar un Programa de Actualización de Maestros a través de 11 centros especializados; además la Universidad Pedagógica Nacional, la Universidad Autónoma de Campeche, la Universidad Autónoma del Carmen, el Instituto Campechano y el CBTIS No. 9, ofrecen nivel de posgrado.

La educación media superior atendió aproximadamente a 19 mil 313 alumnos, que representan el 95.9 por ciento de los egresados del nivel secundaria, cobertura alcanzada gracias al esfuerzo que realizan las instancias federal y estatal en pro de los estudiantes que desean continuar sus estudios en este nivel en Campeche, esfuerzo que se ha cristalizado en la creación de colegios de bachilleres y de centros de estudios científicos y tecnológicos en el Estado.

# DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE FORMULACIÓN DE PROYECTOS

## CÁPITULO 4

*El presente capítulo está dedicado al desarrollo de la primera etapa de la Metodología Integral de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso (MISIQP) que corresponde a la formulación de proyectos de inversión, la cual está determinada por un índice de sustentabilidad de la industria química y de proceso (ISIQP), conformado a su vez de indicadores de sustentabilidad de las siguientes seis dimensiones: Institucional, Social, Recursos Naturales, Ecología, Economía y Energía, las cuales se considera que cubren todos los rubros a fin de alinear un nuevo o existente proyecto con los criterios internacionales, nacionales y regionales de sustentabilidad.*

### 4.1 Formulación de proyectos

Hoy en día la formulación y evaluación de proyectos cumple un papel de primera importancia entre los agentes económicos responsables de decidir acerca de la asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión.

Frente al tradicional criterio de otorgar créditos para nuevas inversiones en función de las garantías que pudiera ofrecer el solicitante, algunas instituciones financieras se destacaron como pioneras en la incorporación de los análisis profesionalizados de otorgamiento de créditos, generalizando la aplicación de la técnica metodológica denominada formulación y evaluación de proyectos, para facilitar y mejorar su proceso decisorio.<sup>[32]</sup>

Con esto lograron no sólo velar por los intereses de la institución otorgante del crédito, sino también por los intereses del inversionista, que en definitiva, es quien debe responder con sus bienes dados en garantía por cualquier error en la decisión. Más concretamente, su decisión de optar por una de las posibilidades de endeudamiento disponibles debe tomarse en función del resultado de un análisis que muestre una rentabilidad positiva esperada de la inversión en el tiempo y que busca obtenerse con ese préstamo.<sup>[33]</sup>

La realización de un estudio para medir la rentabilidad de un proyecto, sin embargo, no debe verse sólo como un requisito impuesto por una institución financiera para prestar recursos financieros, sino que principalmente como un instrumento que provee una importante información a los inversionistas respecto a su propia conveniencia de llevarlo a cabo.

La importancia que se ha dado al estudio de proyectos ha originado que hasta ahora se hayan escrito muchos textos sobre la temática de la evaluación de inversiones. Sin embargo, son muy pocos, o casi ninguno, los que se preocupan de lo que se estima sea más determinante en la efectividad de un estudio de esta naturaleza: su etapa previa de formulación y/o preparación del proyecto.

Quizás el primer intento profundo efectuado en este sentido, y que marcó una línea general que se mantiene hasta hoy, fue el realizado por las Naciones Unidas, organización que publicó, en 1958, el manual de proyectos de desarrollo económico, obra de Julio Melnick.<sup>[34]</sup> En él se expusieron por primera vez los lineamientos que debían guiar la acción de los evaluadores en la etapa de preparación, como una forma de apoyar la tarea prioritaria de recabar el máximo de información de carácter económico a partir de la cual se evalúan los proyectos.

En esa perspectiva, podría afirmarse que fue este estudio el que dio la pauta para que se pudiera determinar que tanto o más importante que saber aplicar las herramientas financieras de cálculo de la rentabilidad de un proyecto de inversión es saber previamente identificar y cuantificar correctamente todos los costos y beneficios que determinarán en definitiva, su real rentabilidad, así como también la forma como éstos deberán considerarse en dicho proceso.

En este contexto de formular de una manera mas robusta los proyectos, previamente a la evaluación de la factibilidad económica de realizarlos, en el presente trabajo, se desarrolla una metodología para formular un proyecto en el marco de sustentabilidad a partir de la idea de aplicar los criterios de sustentabilidad internacionales y nacionales de manera realista. Para lograr esta meta, se plantea la necesidad de cuantificar a nivel regional los impactos directos e indirectos resultantes de la implementación de un proyecto de la industria química y de proceso. El mecanismo, para formular y medir a la vez el grado de sustentabilidad de un proyecto en particular será a través de un Índice de Sustentabilidad de Industrias Químicas y de Proceso (ISIQP), conformado a su vez de las dimensiones: Institucional, Social, Recursos Naturales, Ecología, Economía y Energía.<sup>[16,17]</sup>

**Figura 4.1 Dimensiones para enmarcar un proyecto en la sustentabilidad**



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Descripción de la metodología de formulación de proyectos

El primer desafío en la medición de la sustentabilidad es definir el alcance en términos conceptuales: ¿Qué tratamos de medir? A diferencia de muchos esfuerzos para construir indicadores de "desarrollo sustentable," el presente trabajo está enfocado en la medición de la sustentabilidad de proyectos de la industria química y de proceso, lo que si bien implica un alcance limitado también es cierto que esta elección nos permitirá establecer una frontera bien definida de los proyectos a estudiar, de esta manera los esfuerzos redundarán a su vez en la obtención de mejores resultados y por ende más apegados a la realidad.

El desarrollo de la metodología de formulación de proyectos es la primera etapa de la Metodología Integral de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso (MISIQP), la cual fue parcialmente descrita por los autores J. Landgrave & R. del Río en la publicación: *"Methodology for Project Formulation and Its Evaluation to Align Plants of Chemical and Process Industry with Recent Agreements on Sustainable Development"*,<sup>[16]</sup> sus principales aplicaciones son mostradas en la Tabla 4.1.

**Tabla No. 4.1 Aplicaciones de la metodología MISIQP**

- 
- Implementar la sustentabilidad en los acuerdos globales
  - Incrementar la competitividad entre empresas
  - Evaluar las fuentes de financiamiento de investigación y desarrollo
  - Diseñar las nuevas plantas industriales con tecnología limpia
  - Ajustar metas realistas derivadas de los tratados de cambio climático
- 

La MISIQP se desarrolló de acuerdo con los conceptos concernientes a los estándares ISO-9000/2002<sup>[35, 36]</sup> e incluye seis dimensiones para la formulación y evaluación de proyectos de la industria química y de proceso, las cuales se muestra en la Tabla 4.2.

**Tabla No. 4.2. Dimensiones para la Formulación de Proyectos Industriales**

- 
- Institucional
  - Social
  - Recursos Naturales
  - Ecología
  - Economía
  - Energía
- 

La MISIQP cumple con la primera parte del alcance fijado: la cual es medir la sustentabilidad de proyectos de la industria química y de proceso, pero fue diseñada para realizar la medición a nivel internacional, que en su momento se efectuó con miras de comparar los indicadores de las seis dimensiones con respecto a los estándares de otros países y de ahí detectar las bondades y desventajas de la implementación de un proyecto de la industria química y de proceso en cualquier país.

El alcance fijado para medir sustentabilidad a nivel regional, se llevó a cabo por primera vez en la publicación: *"Methodology for Performance Indicators Calculation to Evaluate Plants of Chemical and Process Industry, in Accordance with Sustainability Outlines and Emphasis on Institutional, Social and Exploitation of Natural Resources"*,<sup>[16]</sup> en donde se abordaron solo tres dimensiones de las seis propuestas, por lo que a continuación se complementa la metodología con el estudio y revisión de todas y cada una de las dimensiones.

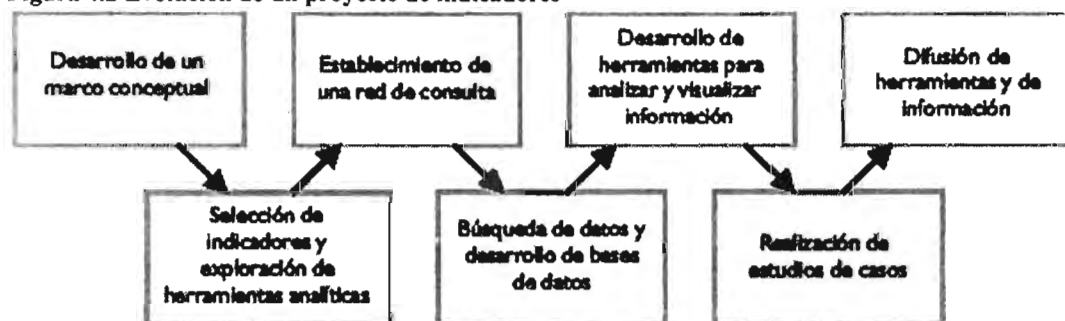
### 4.3 Indicadores de sustentabilidad

La idea de utilizar indicadores para medir sustentabilidad es debido a que éstos representan importantes herramientas para la comunicación de información científica y técnica ya que pueden facilitar el acceso a la misma por parte de diferentes grupos de usuarios permitiendo transformar la información en acción. De esta forma pueden desempeñar, una función activa en el mejoramiento de los procesos de formulación de políticas. Sin embargo, las iniciativas para desarrollar indicadores requieren de un cierto grado de “infraestructura” si se espera que produzcan resultados concretos.<sup>[37]</sup>

El desarrollo de herramientas fáciles de usar y el empleo de un marco conceptual común para el desarrollo de indicadores, facilitan no sólo la transformación de los datos en información útil, sino también la formulación de estrategias para la elaboración de políticas y la planificación. Los pasos que se siguieron para la elaboración de los indicadores son los siguientes:

- Elaboración de un marco conceptual que permita estructurar y organizar los indicadores
- Definición de criterios de selección de los indicadores, discusión sobre los indicadores versus índices de desarrollo sustentable y métodos o herramientas analíticas
- Establecimiento de una red consultiva para garantizar que los resultados se empleen y que la iniciativa sea sustentable
- Búsqueda de datos y desarrollo de bases de datos para los conjuntos de indicadores y de herramientas analíticas
- Desarrollo de capacidades y herramientas para visualizar la información y analizar la relación de causa y efecto
- Estudios de caso para la validación del marco conceptual, los indicadores y los índices
- Difusión de la información y de las herramientas

Figura 4.2 Evolución de un proyecto de indicadores



Fuente: Lisa Segnestam, Desarrollo de Indicadores, Proyecto CIAT-Banco Mundial-PNUMA, CIAT,2000

El desarrollo de los indicadores de sustentabilidad, como ya se mencionó se realizará para cada una de las seis dimensiones de la tabla 4.2, la lógica del diseño de los indicadores para cada dimensión se describe a continuación:

***Dimensión Institucional.*** Las instituciones son las encargadas de estar al tanto del conocimiento en el estado de arte de todas las áreas del conocimiento a nivel internacional, nacional y regional, teniendo como objetivo el estudiarlas, tropicalizarlas, normarlas e implementarlas con oportunidad, por ello se considera de vital importancia medir el grado de sustentabilidad que se ha alcanzado respecto a este rubro, a fin de dar una visión vanguardista

a los inversionistas que estén interesados en la implementación de un proyecto en la región donde se desee implementará un nuevo proyecto.

Dimensión Social. Hoy día se ve con desagrado la implementación de un proyecto de la industria química y de proceso en casi todas las regiones del país, dado a que se han generalizado los estereotipos de los impactos negativos de orden ambiental, ecológico y de salud entre la población, en este contexto se maximiza la necesidades de revertir esta idea, mediante la exaltación de los impactos favorables que se dan en el ámbito social por la implementación de un proyecto tales como: el contribuir, rehabilitar y conservar la infraestructura de comunicaciones, equipamiento urbano, e instituciones de educación y salud, en la región donde se implemente el proyecto.

Dimensión Recursos Naturales. El fundamento original en el que baso la definición de desarrollo sustentable hace referencia al cuidado y uso racional de los recursos naturales pues la sobreexplotación de los mismos preocupa en demasía a los investigadores a nivel internacional, pues el consumo desmedido de éstos desencadenaría en un proceso irreversible de degradación a nivel mundial, por ello es de vital importancia el medir, controlar y verificar que el aprovechamiento de los recursos naturales se lleve óptimamente y a la vez aprovecharlos al máximo mediante un adecuado reciclaje y buscando a la vez usos alternos de todos los insumos que alimenten al proceso, así como de los subproductos generados.

Dimensión Ecológica. El interés por el desarrollo sustentable y la creciente preocupación pública por la prevención de impactos ambientales negativos obligan a establecer las capacidades para evaluar el estado del medio ambiente y detectar anticipadamente las condiciones y tendencias de cambio. Existen también las necesidades por conocer el desempeño ambiental,<sup>[38]</sup> es decir, por saber cómo se estarían implementando las políticas de prevención y el cumplimiento de la normatividad ambiental. Así surge la inquietud por desarrollar indicadores ambientales que son vistos hoy en día como herramientas necesarias para dirigir el curso de las acciones hacia un futuro sustentable.<sup>[39]</sup> En particular, los indicadores ambientales sirven para: informar sobre el estado del medio ambiente, conocer las relaciones entre las presiones que imponen las diversas actividades humanas sobre la calidad de los componentes del medio ambiente, elaborar respuestas para enfrentar las presiones de deterioro. En este sentido, los indicadores ambientales pueden ser vistos como equivalentes a los indicadores de bienestar social o de desarrollo económico, los cuales son ampliamente aceptados por la comunidad internacional.<sup>[38]</sup>

Dimensión Económica. La sustentabilidad no es un rubro que se contraponga con la economía sino que es un elemento complementario e inherente a todo proceso productivo, de ahí que la sustentabilidad también implica a un mismo tiempo la creación de negocios con una alta rentabilidad para el país, lo cual evidentemente apunta a la generación de proyectos innovadores, en donde la investigación esté orientada a crear productos nuevos dentro de un proceso altamente alineado con la sustentabilidad y el mejoramiento de la calidad de vida de la región en donde se implemente el proyecto.

Dimensión Energética. Dado que los proyectos de la industria química y de proceso se encuentran catalogados como procesos altamente demandantes de energía para llevar a cabo la transformación de las materias en productos útiles al hombre, es necesario el desarrollo de indicadores que recuerden a los diseñadores y planeadores de proceso la importancia de realizar integraciones energéticas y considerar sistemas de cogeneración, con el fin de abatir los consumos de energía, adicionalmente se debe considerar la utilización de energías alternativas de bajo o nulo impacto ambiental.<sup>[40]</sup>

Las seis dimensiones son complementarias pues los indicadores que se desarrollaron en más de un caso analizan una misma situación pero vista desde diferentes ángulos, lo que reditúa en un análisis multidimensional que busca cuantificar el grado de sustentabilidad que tendrá la implementación de un proyecto en una región del país. Los indicadores desarrollados para la formulación de un proyecto de la industria química y de proceso se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Indicadores de sustentabilidad por dimensión

DIMENSIÓN	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD
INSTITUCIONAL	Disponibilidad y número de tratados internacionales relacionados con el proyecto
	Aplicabilidad de planes de desarrollo nacionales
	Existencia de regulaciones locales
	Incentivos fiscales para sustentabilidad
	Respuesta empresarial a la normatividad local e internacional
	Generación de investigación y desarrollo por necesidades del proyecto
SOCIAL	Vínculos y donativos generados durante el proyecto para investigación y desarrollo
	Mejoramiento de infraestructura urbana (vías de comunicación)
	Generación de infraestructura urbana (servicios comerciales)
	Abastecimiento de agua a la comunidad por el proyecto
	Propiciamiento ordenado de asentamientos humanos
	Generación de empleos y derrama de capital por el proyecto
RECURSOS NATURALES	Intensidad de servicios médicos después del proyecto
	Intensidad de centros educativos por el proyecto
	Duración de reservas probables de minerales
	Duración de reservas probables de hidrocarburos
	Aportación de combustibles alternativos del proyecto a la agroindustria
	Aportación de materiales fertilizantes del proyecto a la agroindustria
ECOLOGÍA	Alineación del proyecto con programas de irrigación
	Intensidad de tala immoderada como consecuencia del proyecto
	Áreas protegidas naturales
	Emisiones contaminantes a la atmósfera
	Calidad y cantidad de agua
	Contaminación auditiva
ECONOMÍA	Residuos industriales
	Productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos
	Afectaciones del proyecto a flora y fauna de la región
	Generación de divisas
	Inversión extranjera directa
	Tasa de crecimiento del PIB
ENERGÍA	Implementación de proyectos innovadores
	Empresas dentro del: Dow Jones Sustainability Group Index
	Intensidad de integración energética en el sistema
	Nivel de cogeneración en el proceso
	Consumo de energía alternativa en la producción
	Aportación de energía eléctrica a la región

Fuente: Elaboración propia

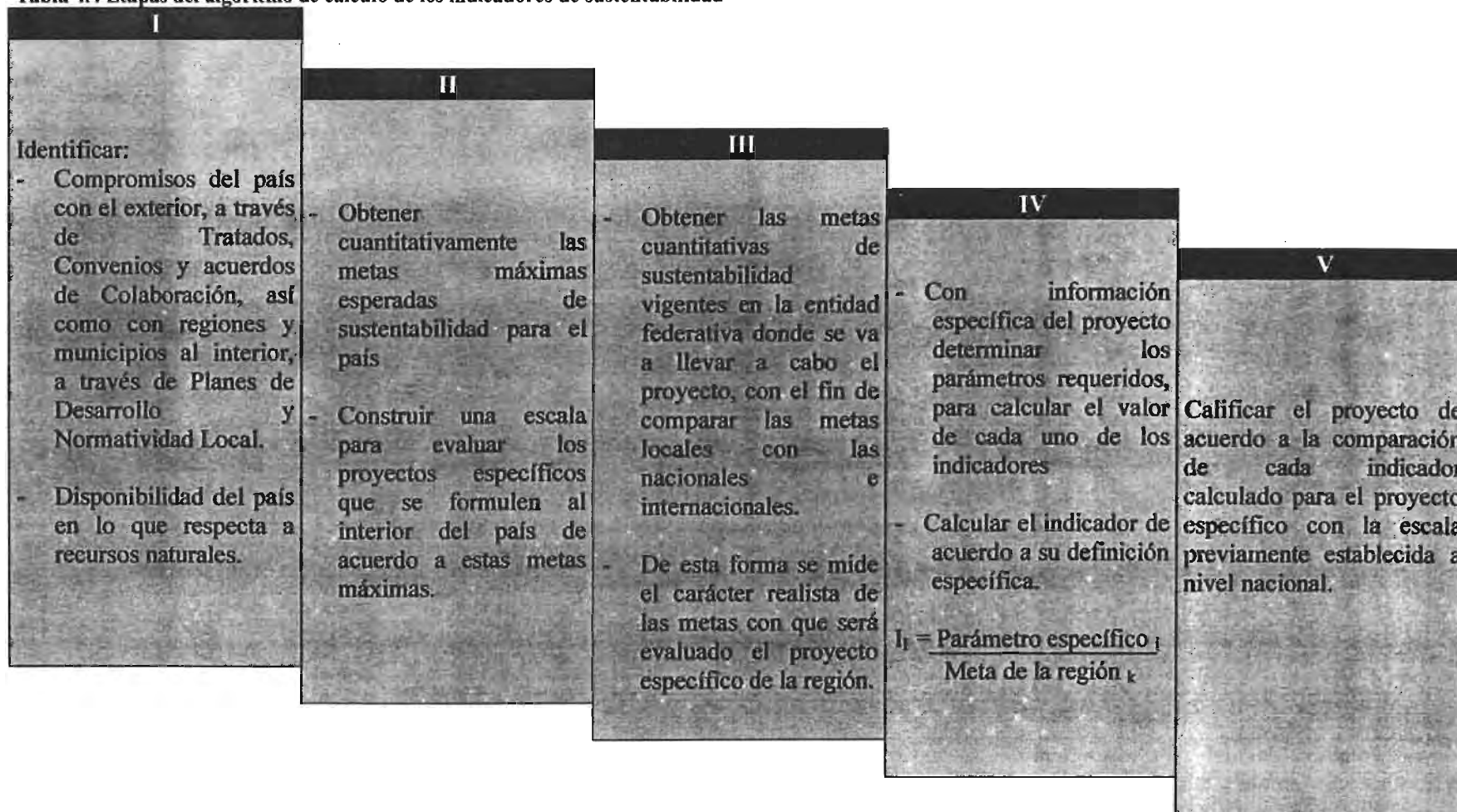
El cálculo de cada uno de estos indicadores implica llevar a cabo las cinco etapas generales que se presentan en la Tabla 4.4.

Para aplicar esta metodología se requiere contar con tres hechos fundamentales:

- La región geográfica en que se vaya a construir el proyecto debe contar con Planes de Desarrollo a nivel nacional y estatal en un horizonte mínimo de 6 años, en los cuales se establecen las metas de desarrollo sustentable.
- Disponibilidad de estadísticas confiables relacionadas con dichos planes.
- Acceso a esta información.



Tabla 4.4 Etapas del algoritmo de cálculo de los indicadores de sustentabilidad



Fuente: Elaboración propia



El diseño que se utilizó para la presentación de los indicadores de sustentabilidad consta de los siguientes elementos:

#### Elementos que conforman los indicadores

- Se asignó una clave dependiendo de la dimensión en la que se encuentre agrupado
- Se caracterizó con un nombre conciso, con palabras clave del rubro que se desea expresarse como un indicador
- En la definición se fijará el alcance y la importancia de relacionar las variables a fin de alinearlas con los criterios internacionales de sustentabilidad
- La unidad de medida dará una idea de la dimensión (toneladas, metros cúbicos, número de tratados, etc.) de la o las variables a medir
- La metodología de cálculo se representa mediante diagramas de flujo que nos indicarán el tipo de información a buscar y medir. Adicionalmente se denota la interacción de las variables a medir y su procedimiento aritmético para cuantificarlo
- Se asignó una escala que va de 1 a 5 con la cual se indicará el grado de sustentabilidad de cada indicador, las calificaciones de 5 indican sustentabilidad y 1 no sustentabilidad, en dicha escala se registrará gráficamente el valor del indicador para el caso de estudio.
- Se menciona la fuente de donde se obtuvieron los datos para determinar los indicadores de sustentabilidad, en algunos casos es una dirección electrónica para agilizar y a la vez tener un mejor acceso a dicha información.
- Se da el valor del indicador, y el registro de los valores con que se llegó a la cuantificación

A continuación se presenta la metodología para el desarrollo de todos y cada uno de los indicadores de la Tabla 4.3. Cabe aclarar, que las calificaciones que se muestran para cada indicador corresponden al caso de estudio, “Planta de nitrógeno, Atasta, Cd. del Carmen, Campeche.

### 4.3.1 Dimensión Institucional

#### Indicador, (I<sub>I</sub>)

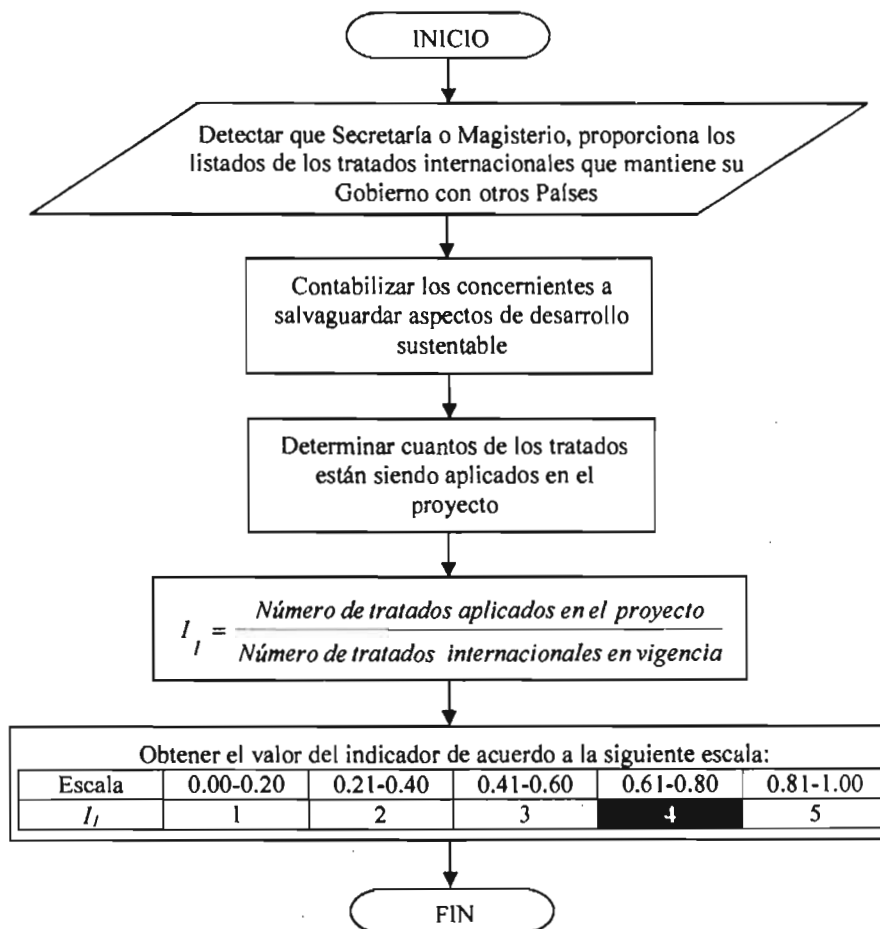
**Nombre:** Disponibilidad de tratados internacionales aplicables al proyecto.

**Definición:** La existencia de legislación para implementarse a nivel nacional sobre acuerdos internacionales relacionados con el desarrollo sustentable.

El número de tratados internacionales da una señal clara a la comunidad internacional de los compromisos nacionales hacia un verdadero desarrollo sustentable.

**Unidad de medida:** Es la relación entre los tratados que se estén aplicando para un proyecto en particular y los que están en vigencia.

#### Metodología de cálculo:



**Fuente:** <http://tratados.ser.gob.mx/cgi-bin/tratados.exe>  
 Secretaría de Relaciones Exteriores (base de datos de tratados)

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 24/38 = 0.63

1	M	Agenda 21 Cubre para la Tierra.
2	M	Protocolo de Kyoto a la Convención, Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

3	B	Acuerdo por el que se modifica el Acuerdo de Cooperación sobre Contaminación del Ambiente a lo largo de la Frontera Internacional por Descarga de Sustancias Peligrosas, del 18 de julio de 1985, Anexo II del Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América.
4	B	Acuerdo sobre el Proyecto de Protección del Medio Ambiente y la Competitividad Industrial entre los estados Unidos Mexicanos y la República Federal Alemana.
5	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Unidos de América a través del cual se substituyen los Apéndices del Anexo V del Convenio sobre Cooperación par la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza (Convenio de la Paz).
6	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y la República Federal Alemana sobre el Proyecto denominado "Identificación de Residuos Industriales"
7	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y la República Federal Alemana sobre el Proyecto denominado "Eliminación de Residuos Especiales en México, D.F."
8	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y la República Federal Alemana sobre el Proyecto denominado "Fomento de la utilización de Tecnologías Eocompatibles y Socialmente Adecuadas en el ámbito de la pequeña industria".
9	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y la República Federal Alemana para Prorrogar el Acuerdo entre Ambos Países sobre Planificación, Aprovechamiento y Utilización de Áreas Forestales y Tropicales del 17 de agosto de 1978.
10	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y la República Federal Alemana para Ampliar el Fondo par Estudios y Expertos Destinados a la Protección del Medio Ambiente.
11	B	Carta de Entendimiento entre los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de de la Gran Bretaña para el proyecto de Conservación y Desarrollo Rural para los Bosques de niebla de Chiapas.
12	B	Acuerdo de los Estados del Golfo de México, entre ambos Gobiernos, de los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América.
13	B	Acuerdo de entendimiento para el "Proyecto de manejo Forestal en Quintana Roo", Entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno del Reino Unido de la gran Bretaña e Irlanda del Norte.
14	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República Federal Alemana para ampliar el "Fondo para estudios y expertos destinados a la protección ambiental" (Fondo Medio Ambiente).
15	B	Acuerdo de cooperación en Materias de Medio Ambiente entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y la República Federativa de Brasil
16	B	Acuerdo de cooperación entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo al transporte internacional de contaminación de aire urbano.
17	B	Acuerdo sobre el proyecto "Fondo para Estudio y Expertos destinados a la protección del Medio Ambiente, Fondo Medio Ambiente".
18	M	Acuerdo para la creación del Instituto Interamericano para la investigación del cambio global. (Depositario: OEA)
19	M	Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono. (Depositario: ONU)
20	M	Convenio para la protección de la capa de ozono, 1985. (Depositario ONU).
21	M	Protocolo que modifica la Convención sobre los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. (Depositario: UNESCO).
22	M	Convenio internacional de trabajo No. 155 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. (Depositario: OIT).
23	M	Convención sobre los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. (Depositario: UNESCO).
24	M	Protocolo a la Convención internacional para la reglamentación de la caza de ballena del 2 de diciembre de 1946. (Depositario: Estados Unidos de América).
25	M	Convención internacional para la reglamentación de la caza de la ballena con reglamento y protocolo Anexo. (Depositario: Estados Unidos de América).
26	M	Convención para la protección de la flora, la fauna y las bellezas escénicas naturales de los países de América. (Depositario: OEA).
27	B	Convenio sobre la Protección y Mejoramiento del Ambiente en la Zona Fronteriza.
28	B	Protocolo al Convenio par Combatir la Mosca del Mediterráneo.
299	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Unidos de América sobre cooperación para la protección y mejoramiento del medio ambiente en la zona metropolitana de la Ciudad de México.
30	B	Acuerdo entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Unidos de América sobre contaminación transfronteriza del aire causado por las fundidoras de cobre a lo largo de su frontera común.
31	B	III Acuerdo de cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y sustancias peligrosas.
32	B	II Acuerdo de cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre contaminación del ambiente a lo largo de la frontera internacional por descarga de sustancias peligrosas.
33	B	Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre cooperación para la protección y mejoramiento del medio ambiente en la zona fronteriza (Convenio de la Paz).
34	B	Acuerdo de cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre la contaminación del medio marino por derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas.
35	B	Tratado entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo a la utilización de las aguas de los Ríos Colorado, Tijuana y Bravo (grande) desde Fort Quitman, hasta el Golfo de México.
36	B	Acuerdo de cooperación ambiental entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de Canadá.
37	B	Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República Federal Alemana sobre Planificación de Aprovechamiento y Utilización de Áreas Forestales Tropicales.
38	B	Acuerdo de Cooperación Técnica entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República Federal Alemana en el Desarrollo de los sectores de Biología Marina y Técnica de Producción Pesquera.

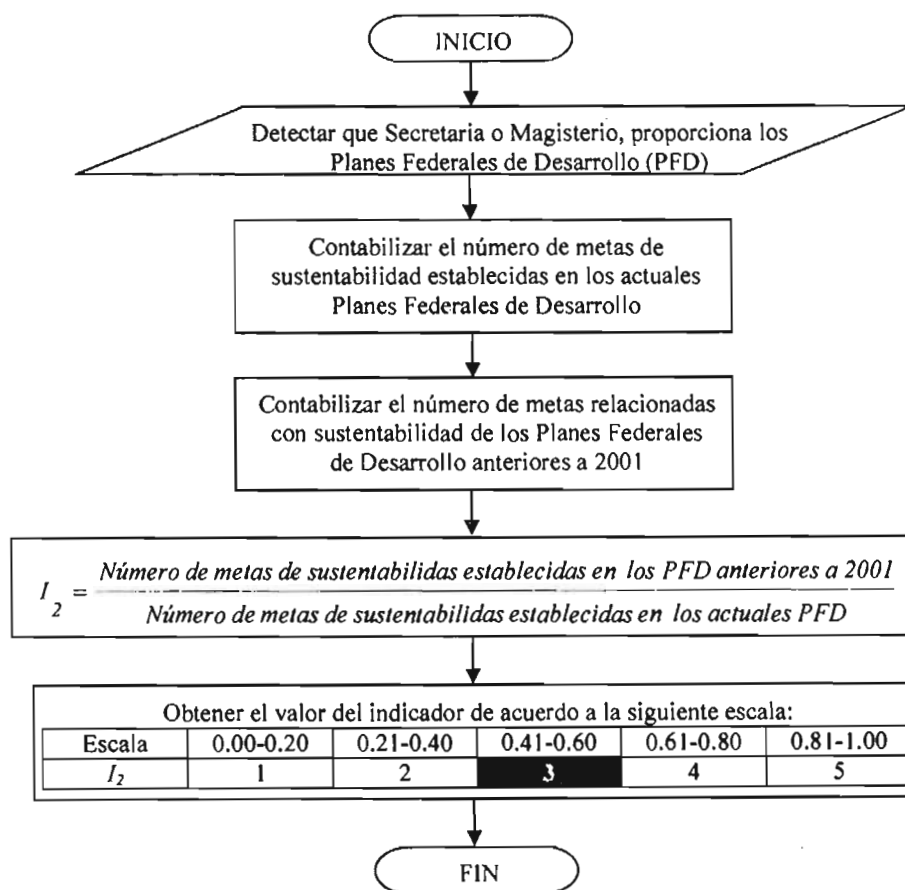
**Indicador, (I<sub>2</sub>).**

**Nombre:** Disponibilidad de Planes de Desarrollo Federales relacionados con el proyecto.

**Definición:** Determinar si los objetivos, líneas de acción estratégicas, y metas de estos programas son congruentes, complementarios y están relacionados entre sí. Es decir si el plan esta elaborado en función de una visión a largo plazo en donde se contemple un equilibrio entre el desarrollo y medio ambiente a fin de lograr una mejor calidad de vida.

**Unidad de medida:** Es la relación entre el número de metas relacionadas con el desarrollo sustentable de los Planes de Desarrollo Federales actuales y los anteriores a 2001.

**Metodología de cálculo:**



Fuente: <http://www.presidencia.gob.mx/?EXACTO=Plan+Nacional&P=40&SubTipo=Exacto>  
 Presidencia de la República

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell): 38/86 =0.44**

1	Programa Sectorial Agrario 2001-2006.
2	Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006.
3	Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006.
4	Programa de Desarrollo Empresarial 2001-2006.
5	Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento de Territorio 2001-2006
6	Programa Nacional de Turismo 2001-2006
7	Programa Sectorial de Energía 2001-2006
8	Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006
9	Programa de Cultura 2001-2006
10	Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006

**Indicador, (I<sub>3</sub>).**

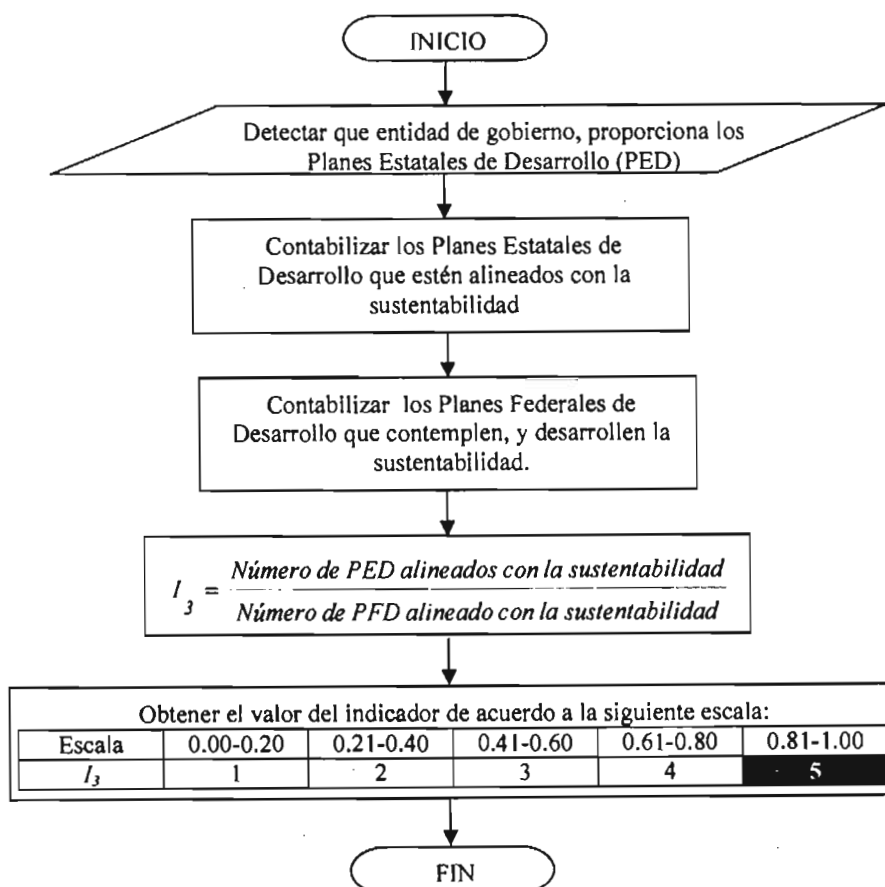
**Nombre:** Existencia de regulaciones locales relacionadas con sustentabilidad.

**Definición:** El Sistema Estatal de Planeación requiere de órganos especializados y de la participación de las instituciones del sector público, y de los sectores social y privado, este órgano será el Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Campeche, rector de la planeación, por ser el mecanismo de coordinación en el que convergen todas las vertientes de participación y porque en él están depositadas esas atribuciones que le confiere la Ley.

El proceso de planeación es un conjunto de etapas que deberán seguir las diferentes dependencias, instituciones, organizaciones sociales e integrantes de la sociedad civil para poder formular, instrumentar, controlar y evaluar lo establecido en el Plan Estatal de Desarrollo y en los programas que de él se deriven.

**Unidad de medida:** Es la relación entre el número de Planes Estatales de Desarrollo y el número de Planes Federales de Desarrollo, alineados con la sustentabilidad.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx>  
Gobierno de Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 10/10= 1

1	Plan Estatal de Desarrollo de Campeche	6	Programa de Desarrollo Industrial y Comercial
2	Programa de Desarrollo Urbano y Vivienda.	7	Programa de Desarrollo Turístico
3	Programa de Educación, Cultura y Deporte	8	Programa de Desarrollo Pesquero
4	Programa Integral de Salud		
5	Programa Agrícola, Apícola, Ganadero y Forestal		

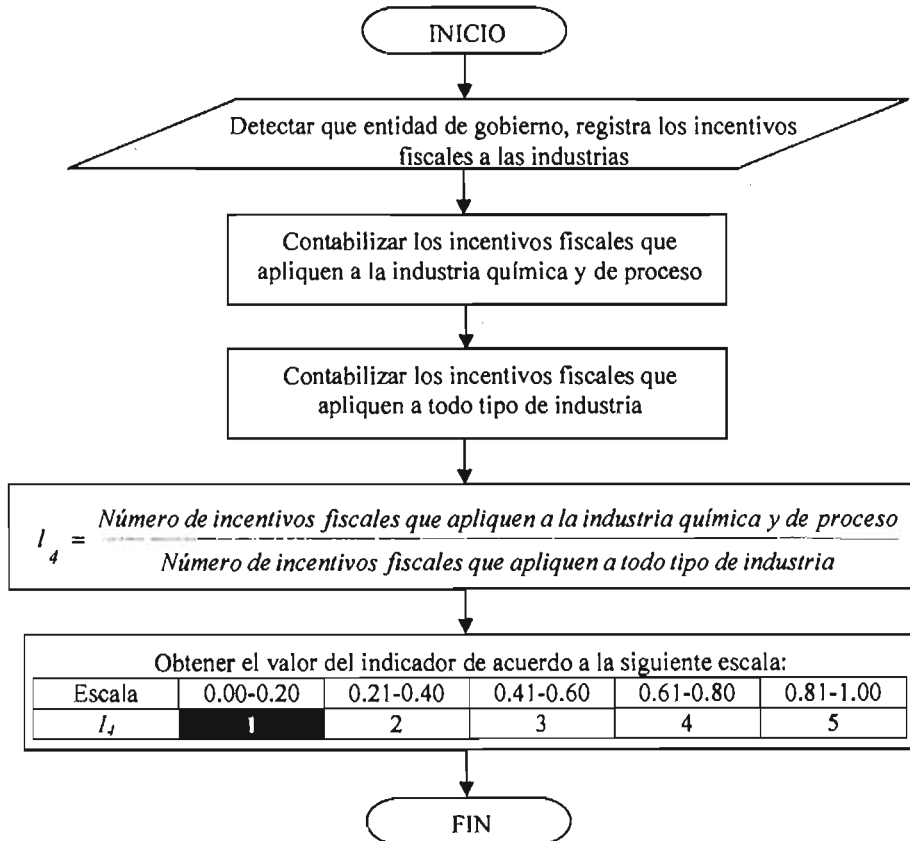
**Indicador, ( $I_4$ ).**

**Nombre:** Incentivos fiscales para sustentabilidad

**Definición:** Los incentivos y desincentivos fiscales son una clara señal de que el proceso de alineación de la sustentabilidad con respecto a todas las actividades productivas de un país son planeadas, ejecutadas y controladas por el gobierno de un país.

**Unidad de medida:** Es la relación entre el número de incentivos fiscales que se apliquen para un proyecto de la industria química y de proceso y la suma de los incentivos implementados para todas las demás empresas.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** [www.ine.gob.mx/dgra/econ\\_amb](http://www.ine.gob.mx/dgra/econ_amb) : Incentivos Fiscales, arancel cero y depreciación acelerada. Agenda Fiscal 2002. Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 2/18 =0.11

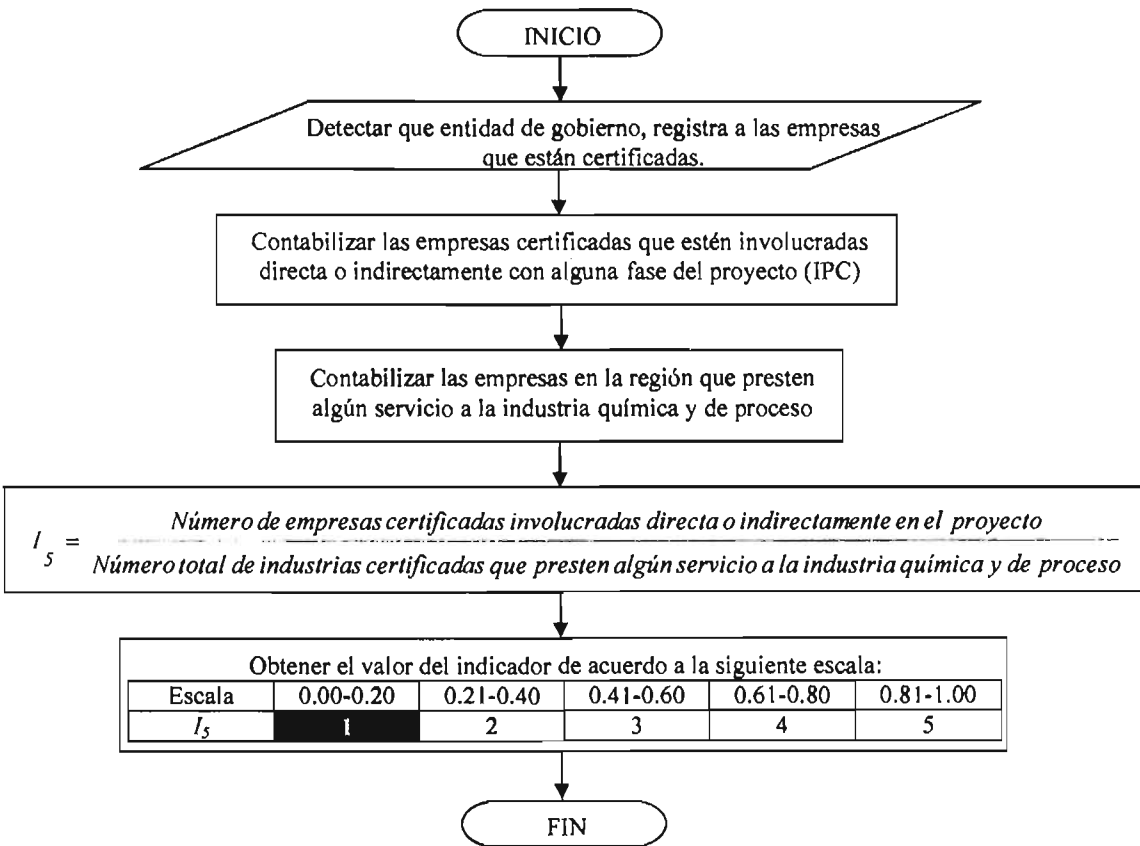
**Indicador, (I<sub>5</sub>).**

**Nombre:** Respuesta empresarial a la normatividad.

**Definición:** Una de las acciones clave que las empresas han tomado para manejar la forma en la que se identifican y responden a los retos medioambientales es el desarrollo e implementación de sistemas de gestión medioambiental. Tales sistemas buscan identificar modos y medios para establecer, controlar y evaluar objetivos medioambientales; el número de tipos de sistemas varía, abarcando desde enfoques diseñados por la empresa a la medida de los clientes, hasta mecanismos altamente normalizados (vg, ISO)

**Unidad de medida:** Relación del número de empresas certificadas del mismo sector del proyecto en la zona con respecto al total nacional.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** [www.economia-iso900.gob.mx/cgi-bin/iso9000.sh/cgis/cruterios.p](http://www.economia-iso900.gob.mx/cgi-bin/iso9000.sh/cgis/cruterios.p)  
 CANACINTRA, Encuesta Mensual Empresarial, Enero 2002 México

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 97/1,603 = 0.06

NORMA	TOTAL:	PORCENTAJE
NMX-CC-003-1995-IMNC / ISO 9001:1994	137	8.24%
NMX-CC-004-1995-IMNC / ISO 9002:1994	710	43.66%
NMX-CC-005-1995-IMNC / ISO 9003:1994	3	0.18%
NMX-CC-9001-IMNC-2000 / ISO 9001:2000	636	39.24%
NMX-SAA-001-1998-IMNC / ISO 14001	146	8.72%
OS9000	80	3.67%
	1,603	

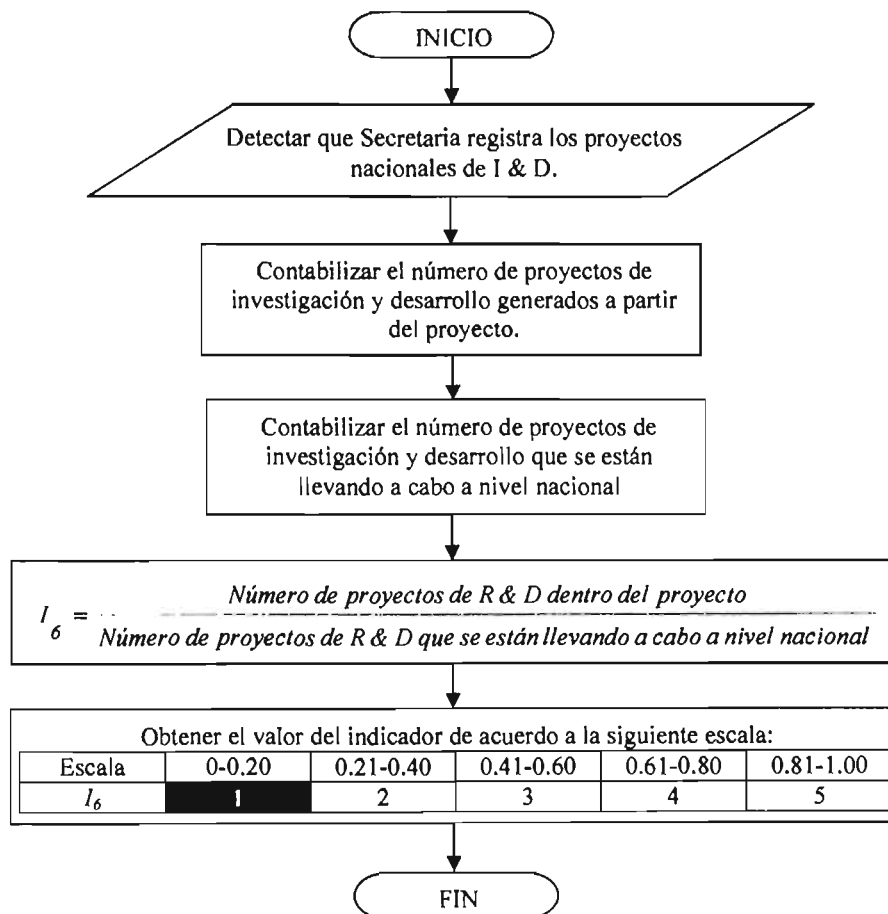
**Indicador, ( $I_6$ ).**

**Nombre:** Generación de investigación y desarrollo como consecuencia del proyecto.

**Definición:** La investigación científica es un pilar fundamental en todo país para impulsar el conocimiento y el desarrollo de herramientas de medición y evaluación sobre los problemas tecnológicos y la toma de decisiones en materia de sustentabilidad, a fin de lograr un incremento en la productividad del país.

**Unidad de medida:** Número de proyectos subcontratados por el proyecto en particular con respecto al número de proyectos financiados por el CONACYT.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://info.main.conacyt.mx/>  
 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 4/76 =0.05

- 1. IMP (Simproc),
- 2. ICA (Seminario Bernardo Quintana)
- 3,4. Fac. de Química-UNAM (procesos criogénicos)



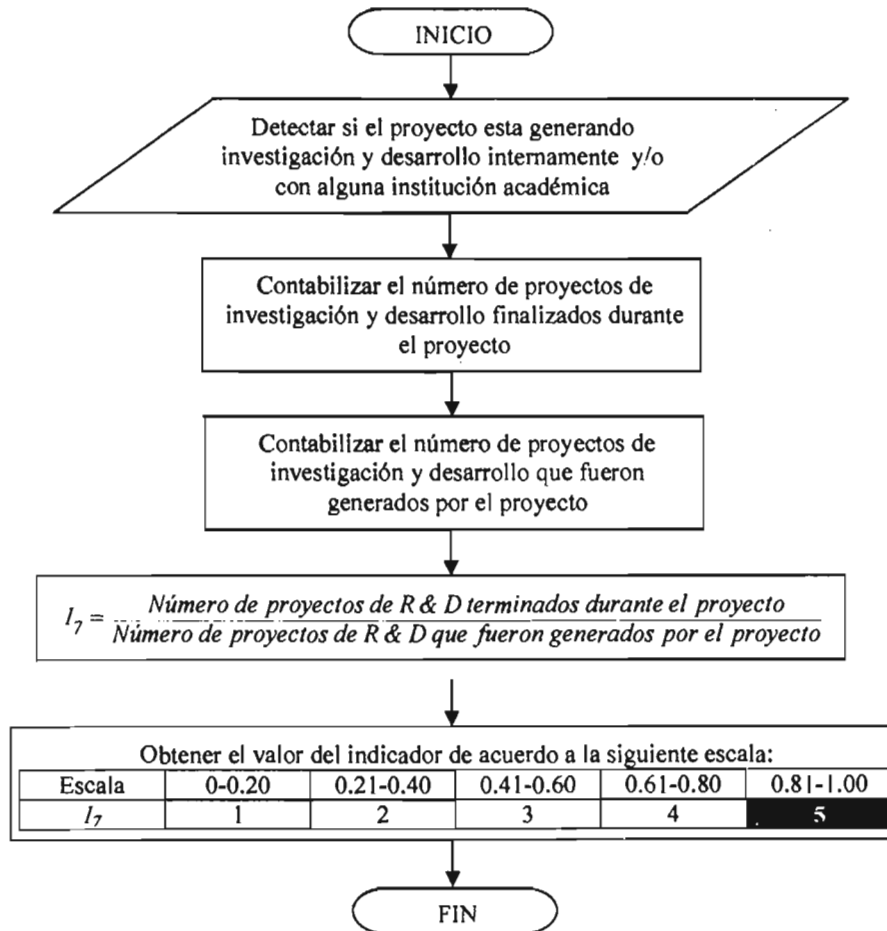
**Indicador, ( $I_7$ ).**

**Nombre:** Vínculos y donativos generados por el proyecto para investigación y desarrollo.

**Definición:** El indicador pretende darle seguimiento a los proyectos de investigación y desarrollo a fin de corroborar que la obtención de resultados involucre la consiguiente generación de infraestructura para mantener el adecuado desarrollo del proyecto.

**Unidad de medida:** Número de proyectos terminados durante el proyecto en particular con respecto al número de proyectos de R &D generados por el proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Memoria de Labores PEMEX 1999, 2000, 2001, México. Informe Anual de Actividades Dirección Facultad de Química, UNAM, 1999, 2000, México.

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 4/4 = 1.0

- 1. IMP (Simproc),
- 2. ICA (Seminario Bernardo Quintana)
- 3,4. Fac. de Química-UNAM (procesos criogénicos)

### 4.3.2 Dimensión Social

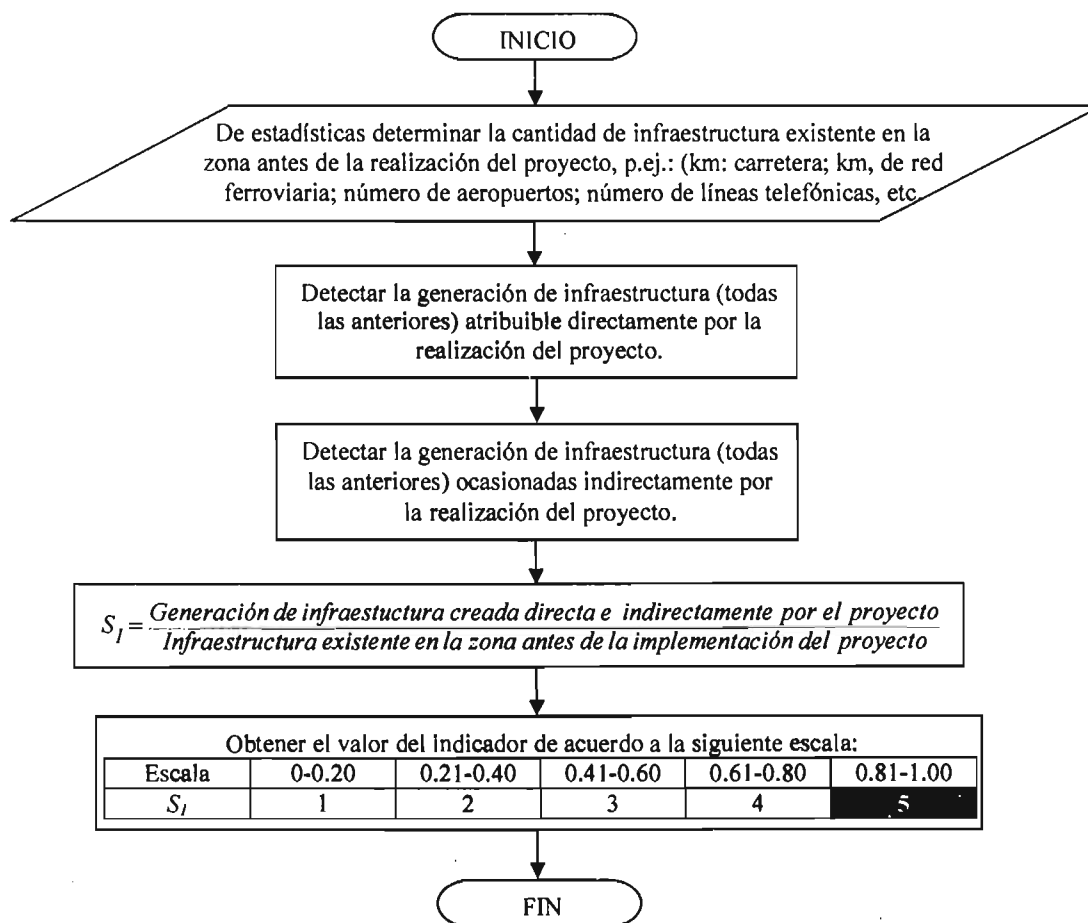
#### Indicador, ( $S_I$ ).

**Nombre:** Generación de infraestructura urbana (vías de transporte y comunicación) como consecuencia del proyecto.

**Definición:** El generador del proyecto debe promover, construir, rehabilitar y conservar la infraestructura carretera, ferroviaria, y portuaria, de comunicaciones que contribuyan al desarrollo de los distintos sectores económicos y sociales.

**Unidad de medida:** Relación entre la generación de infraestructura (directa e indirecta) después de la implementación del proyecto y la infraestructura existente en la zona antes de la implementación del proyecto.

#### Metodología de cálculo:



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx/nuestroestado/Infraestructura.htm>  
 Gobierno de Campeche

#### Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):

- Incremento de carretera: ninguno, sólo mantenimiento
- Incremento en las vías ferroviarias: ninguno, sólo mantenimiento
- Incremento en infraestructura portuaria: ninguno, sólo mantenimiento
- Incremento en infraestructura aeroportuaria: ninguno, sólo mantenimiento
- Incremento en líneas telefónicas: 4 %

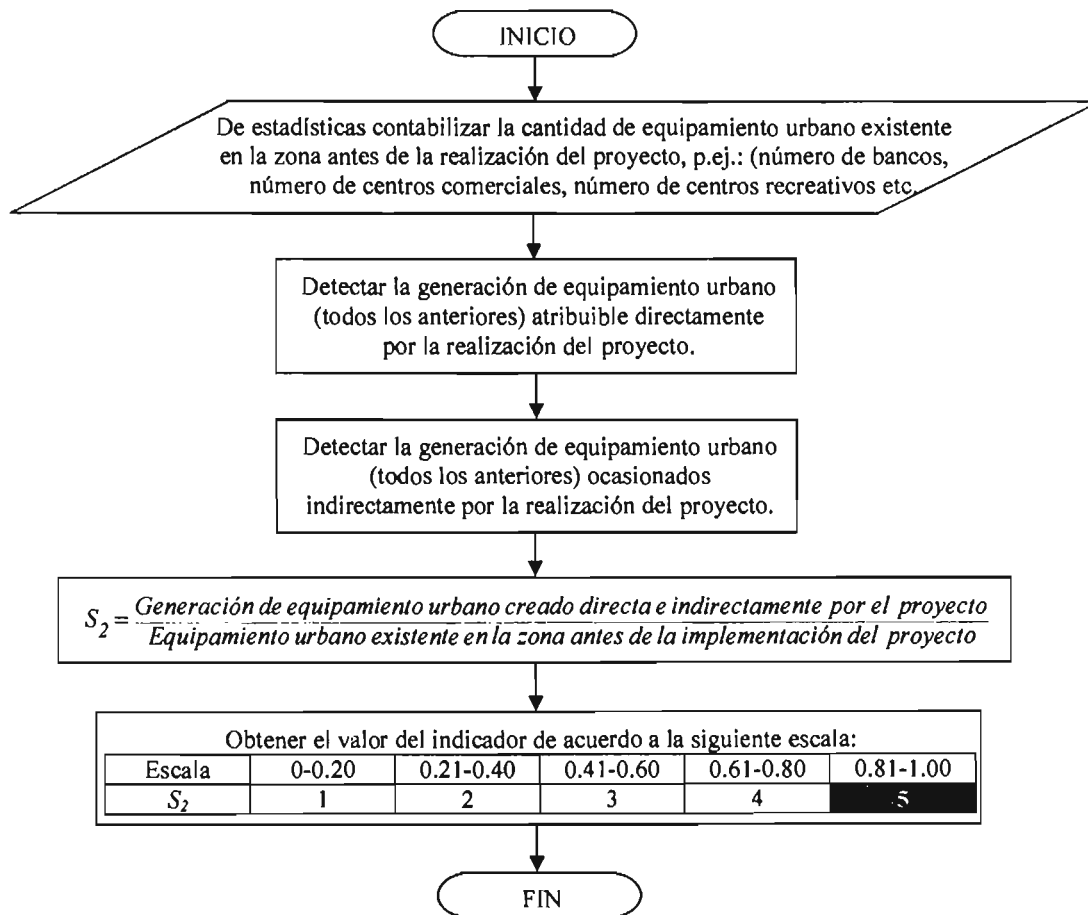
**Indicador, ( $S_2$ ).**

**Nombre:** Generación de infraestructura urbana (servicios comerciales) como consecuencia del proyecto.

**Definición:** El generador del proyecto debe promover, construir, rehabilitar y conservar el equipamiento urbano tal como: bancos, centros comerciales, centros recreativos y de entretenimiento, que contribuyan al desarrollo de los distintos sectores económicos y sociales

**Unidad de medida:** Relación entre la generación de equipamiento urbano (directo e indirecto) después de la implementación del proyecto y el equipamiento urbano existente en la zona antes de la implementación del proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx/sectoreseconomicos/desarrollourbano.htm>  
Gobierno de Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** (511/432) = 1.18

Concepto	No.
Bancos	16
Centros comerciales	428
Centros recreativos	63
Centros de entretenimiento	4

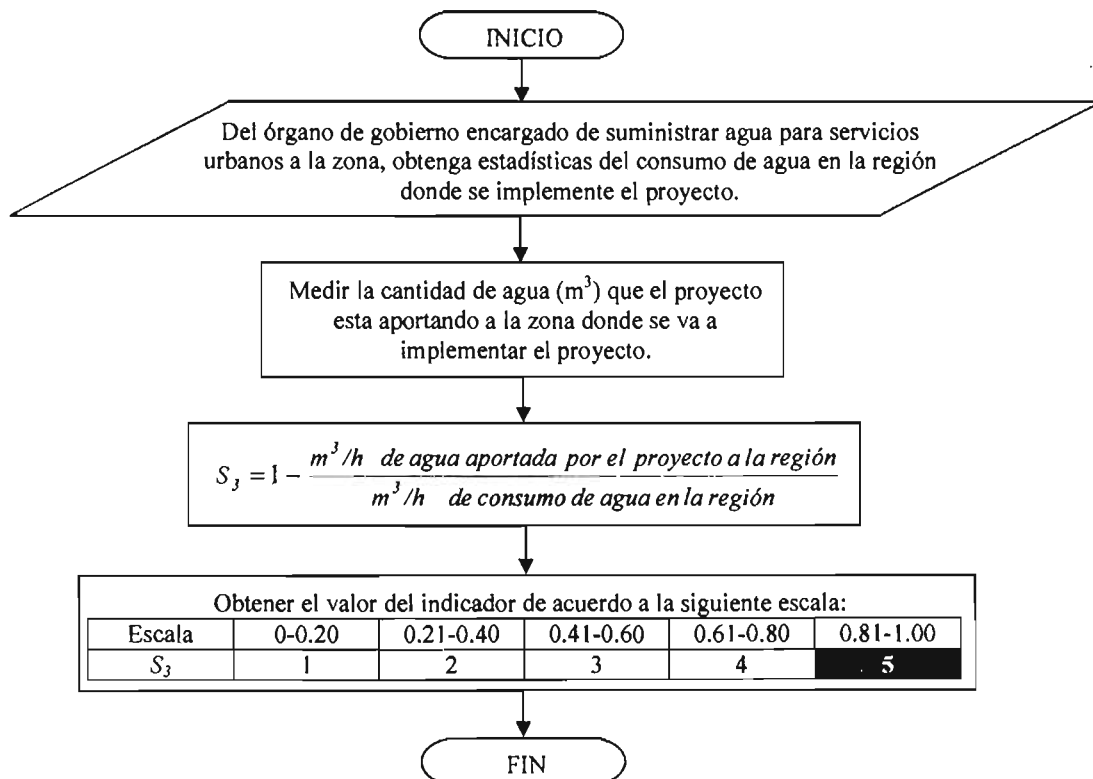
**Indicador, ( $S_3$ ).**

**Nombre:** Aportación del proyecto de agua a servicios urbanos

**Definición:** Iniciativa de los inversionistas del proyecto y del sector privado para generar obras de beneficio al sector público de la región donde se implemente el proyecto.

**Unidad de medida:** Relación de  $m^3/año$  de agua aportados por el proyecto a la región con respecto al consumo de agua en la región donde se implemente el proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://sgp.cna.gob.mx/Planeacion/>

Escobar Alejandro, “Separación criogénica de  $N_2$ ...”, UNAM Tesis, 2000, México

**Valor del indicador (para La Planta de  $N_2$  de Cantarell):**  $1 - (12.1/1450) = 0.99$

Caudal de agua de servicios urbanos en el municipio Carmen, Campeche:  $403 \frac{l}{s} \left( \frac{3600s}{1h} \right) \left( \frac{1m^3}{1000l} \right) = 1,450 \frac{m^3}{h}$

El agua que la planta de  $N_2$  aporta es por concepto del sistema de condensado:  $12100 \frac{kg}{h} \left( \frac{1m^3}{1000kg} \right) = 12.1 \frac{m^3}{h}$

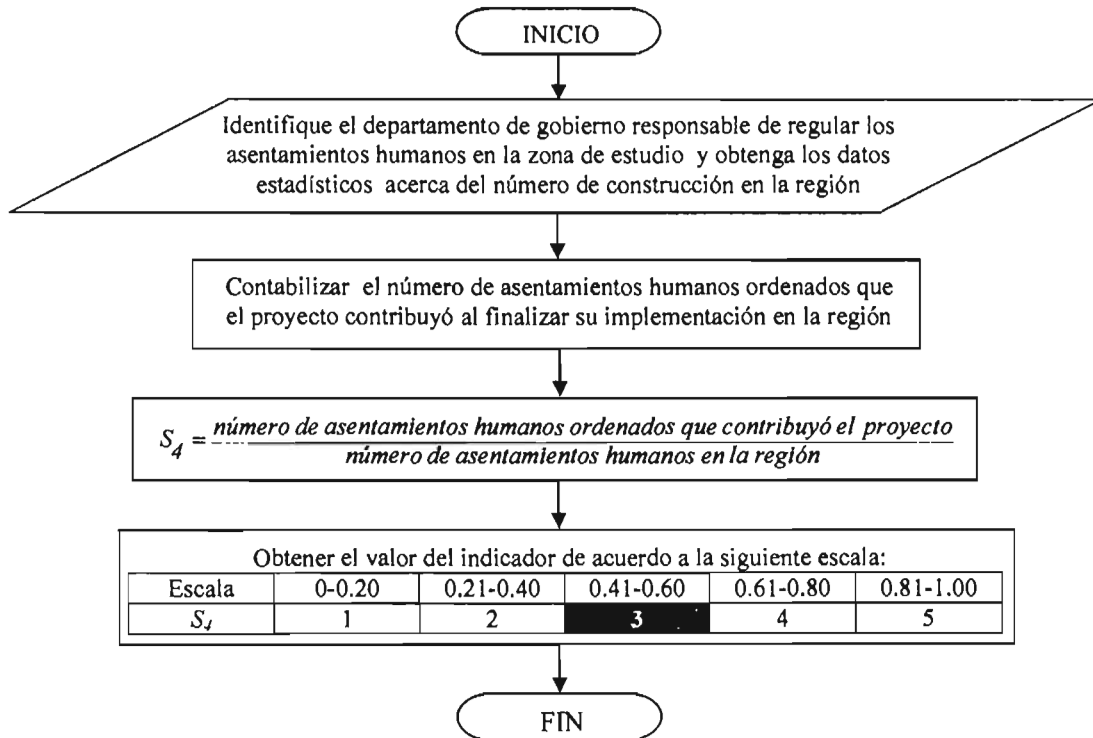
**Indicador, ( $S_4$ ).**

**Nombre:** Propiciamiento ordenado de asentamientos humanos.

**Definición:** Construcción de infraestructura urbana, con el objeto de sentar las bases para un desarrollo equilibrado. Este concepto implica tener un crecimiento ordenado de las ciudades, que garantice bajos costos de urbanización; ubicar las áreas más adecuadas para las reservas territoriales, el establecimiento de los servicios públicos y de la regularización en la tenencia de la tierra.

**Unidad de medida:** Número de construcción ordenada antes y después de la implementación del proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx/sectoreseconomicos/desaurbano.htm>  
Gobierno de Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 16741/39964 = 0.42

MUNICIPIO	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS QUE DISPONEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	a/ VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS QUE DISPONEN DE AGUA ENTUBADA EN EL ÁMBITO DE LA VIVIENDA	b/ VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS QUE DISPONEN DE DRENAJE	c/
ESTADO	156125 c/	142420	126049	99589	
CARMEN	39964	37628	29400	30805	

a/ Excluye a las viviendas que no especificaron si disponen del servicio.

b/ Comprende viviendas que disponen de agua entubada dentro de la vivienda y fuera de ella pero dentro del terreno; asimismo, excluye a las viviendas que no especificaron si disponen del servicio.

c/ Comprende viviendas que disponen de drenaje conectado a la red pública, a fosa séptica, con desagüe a barranca y grieta, y con desagüe a río, lago y mar; asimismo, excluye a las viviendas que no especificaron si disponen del servicio.

d/ Excluye a los refugios debido a que no se capturaron características en esta clase de vivienda; se excluyen además 883 viviendas sin información de ocupantes.

FUENTE: INEGI. Campeche, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Tabulados Básicos.

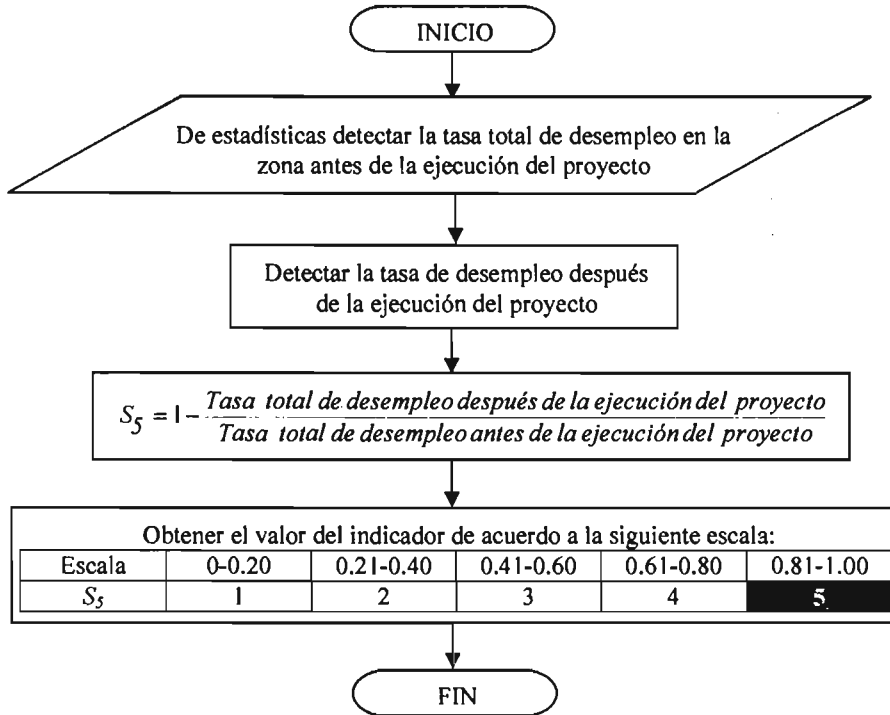
**Indicador, ( $S_5$ )**

**Nombre:** Generación de empleos y derrama de capital.

**Definición:** El bienestar social general y perdurable sólo será posible a través de la generación de empleos permanentes y bien remunerados, que garanticen el acceso a mejores niveles de vida.

**Unidad de medida:** Tasa de desempleo

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx/sectorsocial/empleo.htm>  
 Gobierno de Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):**  $1 - (0.53 \% / 3.00 \%) = 0.82$

“Más adelante el ingeniero Guillermo Loch, Director General de CNC, detalló el diseño, construcción y características de la planta de nitrógeno, la cual generó una importante derrama económica para la región al alcanzar una ocupación máxima de cinco mil 500 trabajadores, de los cuales 600 fueron ocupados por habitantes de las comunidades de la Península de Atasta”.  
**Fuente:** PEMEX, “Inicio de Operaciones de la Planta de Nitrógeno”, Boletín No. 127/2000, 8 de junio del 2000.

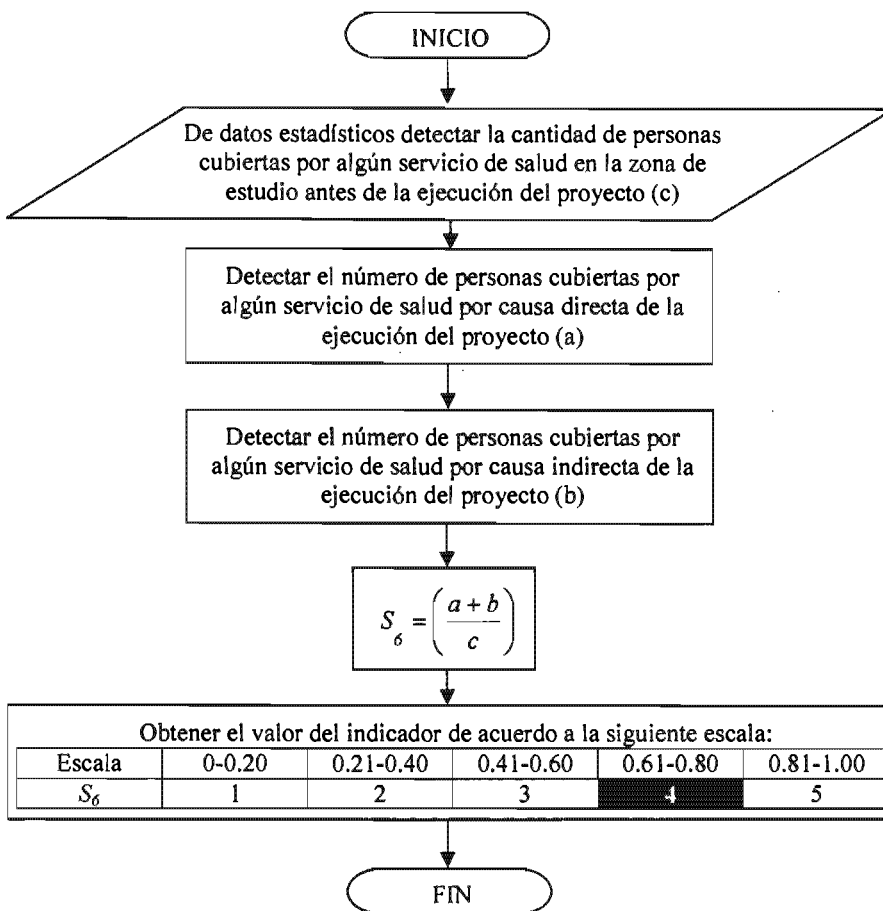
**Indicador, ( $S_6$ ).**

**Nombre:** Intensidad de servicios médicos.

**Definición:** Creación de infraestructura en los servicios de salud a través de la implementación del proyecto y del sector privado otorgando estímulos fiscales para fomentar su desarrollo.

**Unidad de medida:** Número de instituciones adscritas a alguna institución de salud antes y después de la implementación del proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx/sectorsocial/salud.htm>  
Gobierno de Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** (72,661/92035) = 0.79

MUNICIPIO	TOTAL	NO DERECHO-HABIENTE	DERECHOHABIENTE a/				NO ESPECIFICADA	
			SUBTOTAL	EN EL IMSS	EN EL ISSSTE	EN PEMEX, DEFENSA O MARINA		EN OTRA INSTITUCIÓN
ESTADO	890889	417848	265188	189071	64838	25048	15044	7282
CARMEN	172079	92638	79661	84831	9013	18112	268	2780

NOTA: El Censo fue un levantamiento de derecho o jura, lo que significa censar a la población en su lugar de residencia habitual. El periodo de levantamiento de la información fue de dos semanas (del 7 al 18 de febrero de 2000), aunque para referir la información a un momento único se fijó una fecha censal: las cero horas del 14 de febrero del año 2000.

a/ La suma de las distintas instituciones de salud puede ser mayor al subtotal, debido a aquella población que tiene derecho a este servicio en más de una institución de salud.

FUENTE: INEGI, Campeche, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Tabulados Básicos.

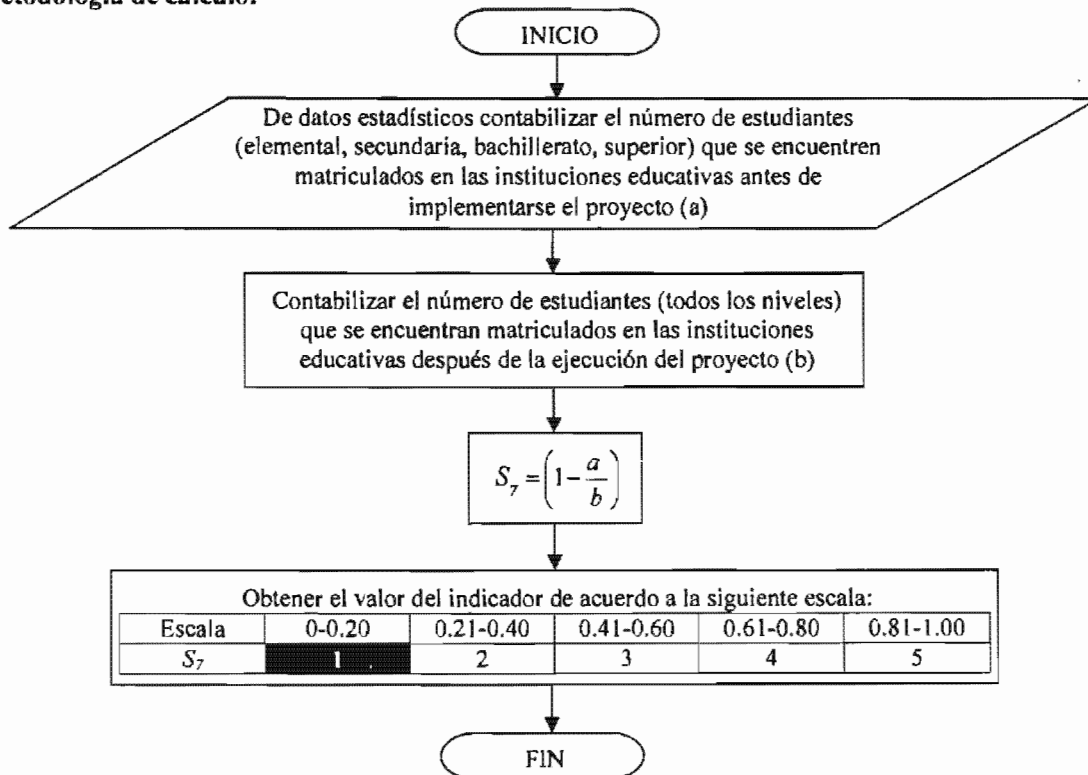
**Indicador, (S<sub>7</sub>).**

**Nombre:** Intensidad de centros educativos

**Definición:** Se refiere a la cantidad y nivel de centros educativos en la zona donde se implementa el proyecto, así como la implementación de carreras tecnológicas y la alineación de los planes de estudio para satisfacer las necesidades y demanda de la nueva planta química o de proceso.

**Unidad de medida:** Número de alumnos matriculados en todos los niveles de educación antes y después de la implementación del proyecto

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.campeche.gob.mx/sectorsocial/educación.htm>  
Gobierno de Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 1-(47820/50239) = 0.05

MUNICIPIO NIVEL	ALUMNOS INSCRITOS	ALUMNOS EXISTENCIAS	ALUMNOS APROBADOS <sup>a/</sup>	ALUMNOS EGRESADOS	PERSONAL DOCENTE <sup>b/</sup>	ESCUELAS <sup>c/</sup>
ESTADO	205 363	191 850	181 406	42 236	10 662	1 789
CARMEN	50 239	46 463	36 798	9 856	2 503	342
PREESCOLAR	6 996	6 544	6 544	3 474	366	102
PRIMARIA	27 519	25 897	23 996	3 076	1 071	172
SECUNDARIA	9 665	8 840	5 907	1 621	602	44
PROFESIONAL MEDIO	630	646	304	63	62	2
BACHILLERATO	6 266	4 327	2 107	661	374	19
NORMAL	263	260	260	69	30	3

<sup>a/</sup> En el nivel preescolar se refiere a alumnos promovidos, excepto en educación indígena donde se aplican evaluaciones a los alumnos, por lo que ahí también se refiere a alumnos aprobados.

<sup>b/</sup> En el nivel de preescolar y primaria, incluye al personal directivo con grupo; en secundaria, profesional medio, bachillerato y normal incluye al profesorado de educación física, música, idiomas, actividades artísticas y tecnológicas.

<sup>c/</sup> La cuantificación de escuelas está expresada mediante los turnos que ofrece un mismo plantel y no en términos de planta física.

<sup>d/</sup> Comprende: general, indígena, cursos comunitarios coordinados por el CONAFE y CENDI.

<sup>e/</sup> Se refiere a cursos comunitarios e indígenas coordinados por el CONAFE.

<sup>f/</sup> Comprende: general, para trabajadoras, telesecundaria y técnica en sus modalidades: industrial, agropecuaria y pesquera.

<sup>g/</sup> Comprende: general de tres años, Colegio de Bachilleres, por cooperación, telebachillerato y tecnológico (industrial y de servicios, agropecuaria y pesquera).

<sup>h/</sup> Comprende: preescolar, primaria, educación especial, educación física y normal superior.

FUENTE: Secretaría de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno del Estado. Subsecretaría de Planeación, Programación y Evaluación; Dirección de Planeación y Programación; Departamento de Sistemas de Información Estadística.



### 4.3.3 Dimensión Recursos Naturales

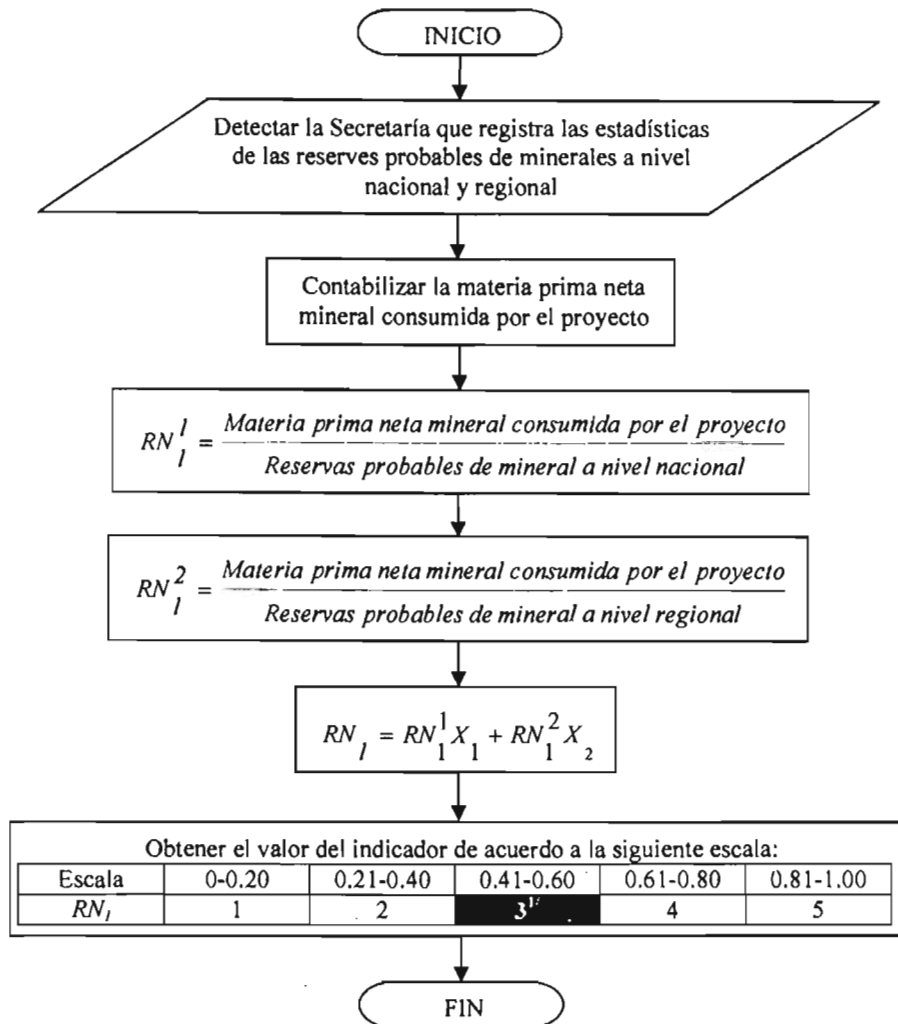
**Indicador, (RN<sub>1</sub>).**

**Nombre:** Duración de reservas probables de minerales

**Definición:** Aprovechar los recursos minerales que dan lugar a la formación de núcleos de poblaciones industriales alrededor del sitio donde aquellos se encuentran, de los que han surgido grandes ciudades industriales, en conjunto con otras actividades productivas a fin de generar el bienestar general.

**Unidad de medida:** Toneladas

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.se.gob.mx/minerales.htm>  
Secretaría de Energía

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** No aplica para el tipo de proyecto

1/No obstante, que la metodología trata de ser lo más generalizada para medir el nivel de sustentabilidad de la industria química y de proceso, ciertos indicadores son muy específicos para un tipo de proyecto en particular, por tal motivo, a fin de no impactar el resultado del IS<sub>IQP</sub>, se decidió asignar una calificación de 3 (neutral) a estos indicadores.

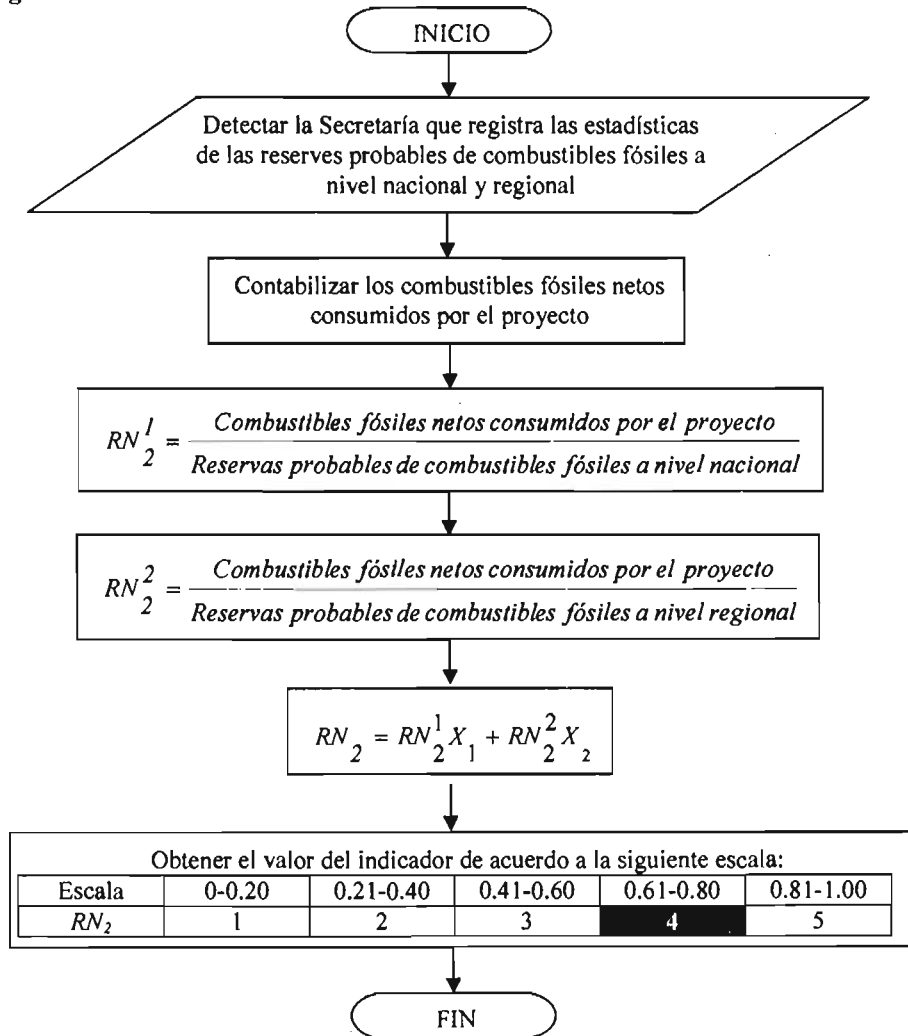
**Indicador, (RN<sub>2</sub>).**

**Nombre:** Duración de reservas probables de hidrocarburos.

**Definición:** Detectar la cantidad de reservas probables de petróleo a fin de no sobre explotarlos y a la vez tratarlos de aprovechar al máximo a fin de crear un bienestar general en las regiones donde se lleve a cabo la explotación.

**Unidad de medida:** Barriles por día.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.pemex.mx/>  
Petróleos Mexicanos

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 14,400 / 18,000 = 0.8

Producción actual, reservas actuales:  $2000000 \frac{BBL}{día} \left( \frac{360 \text{ días}}{\text{año}} \right) 25 \text{ años} = 18,000 \text{ MMBBL}$

Consumo en 20 años:  $18,000 \text{ MMBBL} \left( \frac{20 \text{ años}}{25 \text{ años}} \right) = 14,400 \text{ MMBBL}$

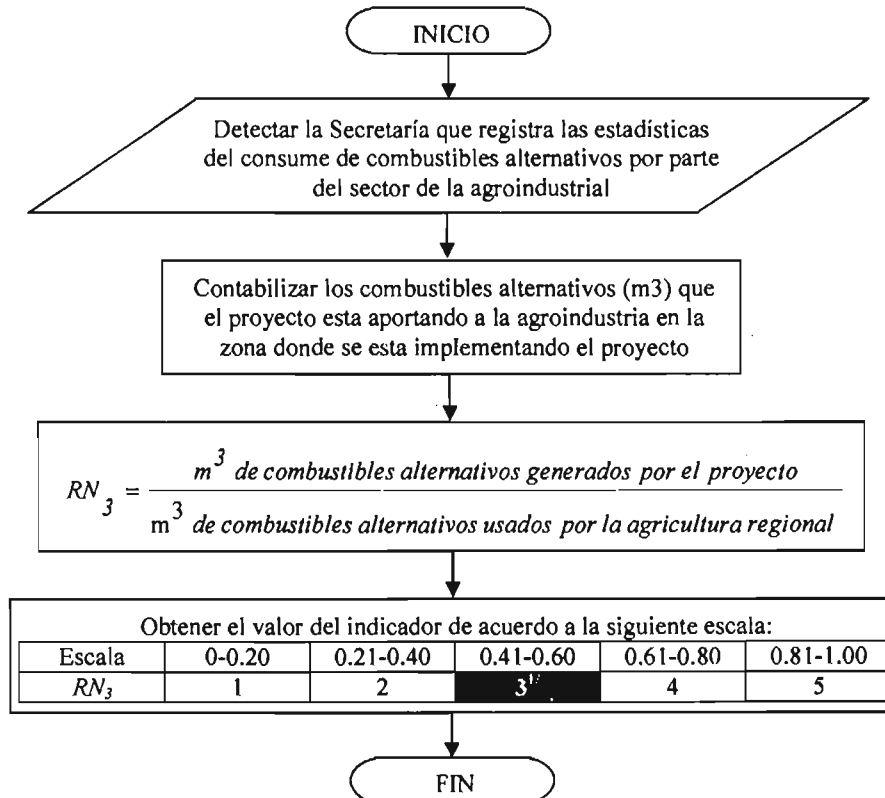
**Indicador, (RN<sub>3</sub>).**

**Nombre:** Aportación de combustibles del proyecto a la agroindustria.

**Definición:** En función del grado de avance tecnológico en los sistemas de cultivo, se determina la aportación de combustibles y a su vez la cantidad de descargas al ambiente a fin de mantener un equilibrio entre los productos de consumo y los desperdicios de proceso.

**Unidad de medida:** m<sup>3</sup> de combustibles alternativos

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.sener.gob.mx>  
Secretaría de energía

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** El proyecto no tiene posibilidades de contribuir con combustibles alternativos a la agroindustria.

1/No obstante, que la metodología trata de ser lo más generalizada para medir el nivel de sustentabilidad de la industria química y de proceso, ciertos indicadores son muy específicos para un tipo de proyecto en particular, por tal motivo, a fin de no impactar el resultado del IS<sub>IQP</sub>, se decidió asignar una calificación de 3 (neutral) a estos indicadores.

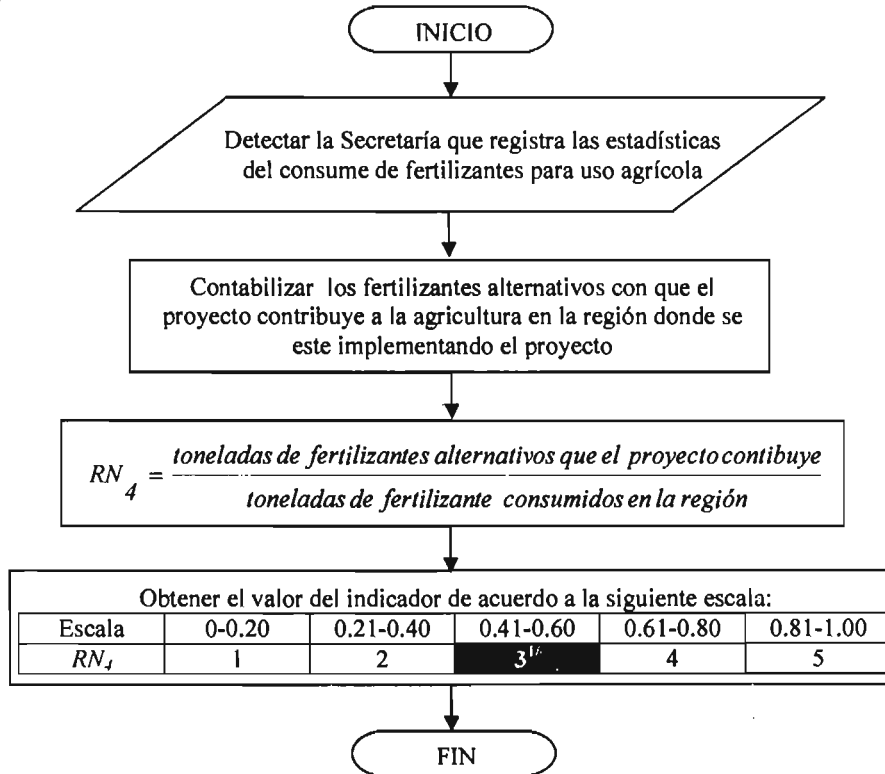
**Indicador, (RN<sub>4</sub>).**

**Nombre:** Aportación de materiales fertilizantes.

**Definición:** Cantidad de materiales fertilizantes que se obtienen como desperdicios de la operación de las plantas de proceso a fin de reducir los costos de operación del cultivo de las tierras aledañas a la planta de proceso.

**Unidad de medida:** Toneladas de fertilizantes alternativos

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:**

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** El proyecto no tiene posibilidades de contribuir con fertilizantes alternativos a la agroindustria, tales como: Sales de amonio, fósforo, composta. Lodos de tratamiento aeróbico, etc.

1/No obstante, que la metodología trata de ser lo más generalizada para medir el nivel de sustentabilidad de la industria química y de proceso, ciertos indicadores son muy específicos para un tipo de proyecto en particular, por tal motivo, a fin de no impactar el resultado del IS<sub>IQP</sub>, se decidió asignar una calificación de 3 (neutral) a estos indicadores.

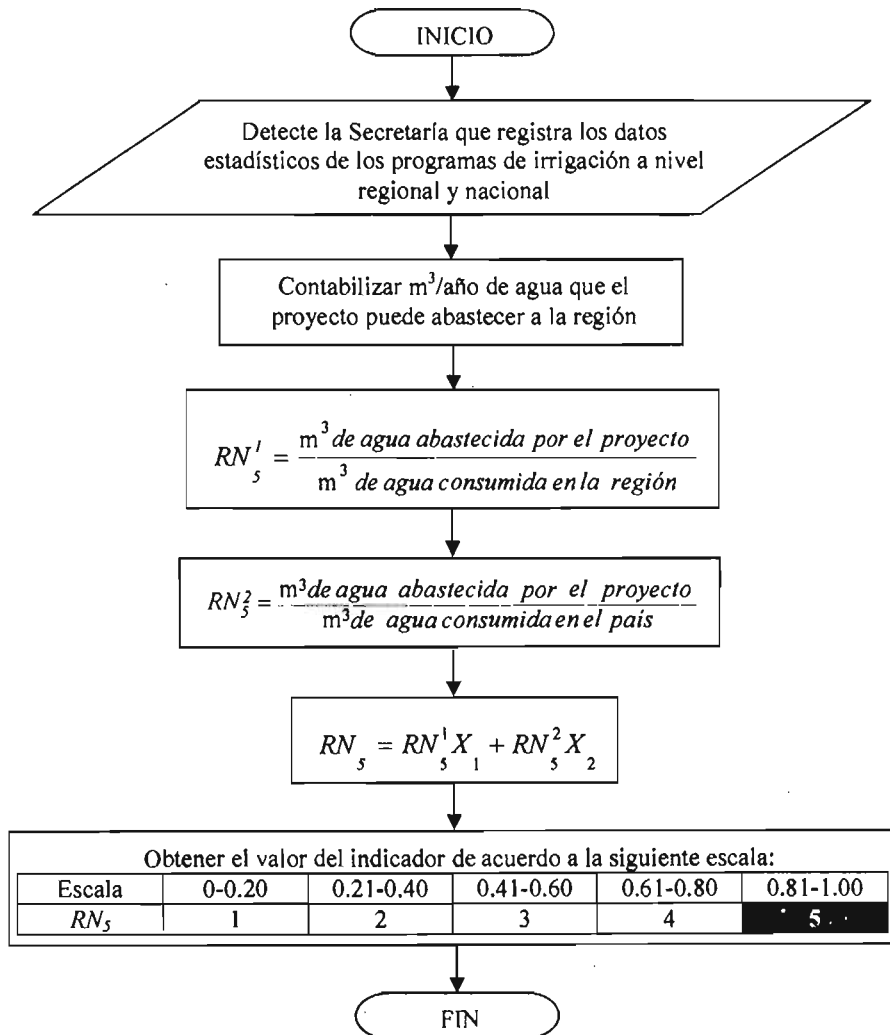
**Indicador, (RN<sub>5</sub>).**

**Nombre:** Alineación del proyecto con programas de irrigación.

**Definición:** Reutilización del agua de proceso generada, previamente tratada para irrigar las zonas aledañas a la planta de proceso, a fin de darle un mejor uso y contribuir a reducir los costos de operación por concepto de bombeo de agua a las zonas de cultivo.

**Unidad de medida:** m<sup>3</sup>

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://sgp.cna.gob.mx/Planeacion/>  
Comisión Nacional del Agua

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** El proyecto suministra 14 m<sup>3</sup>/h a servicios municipales

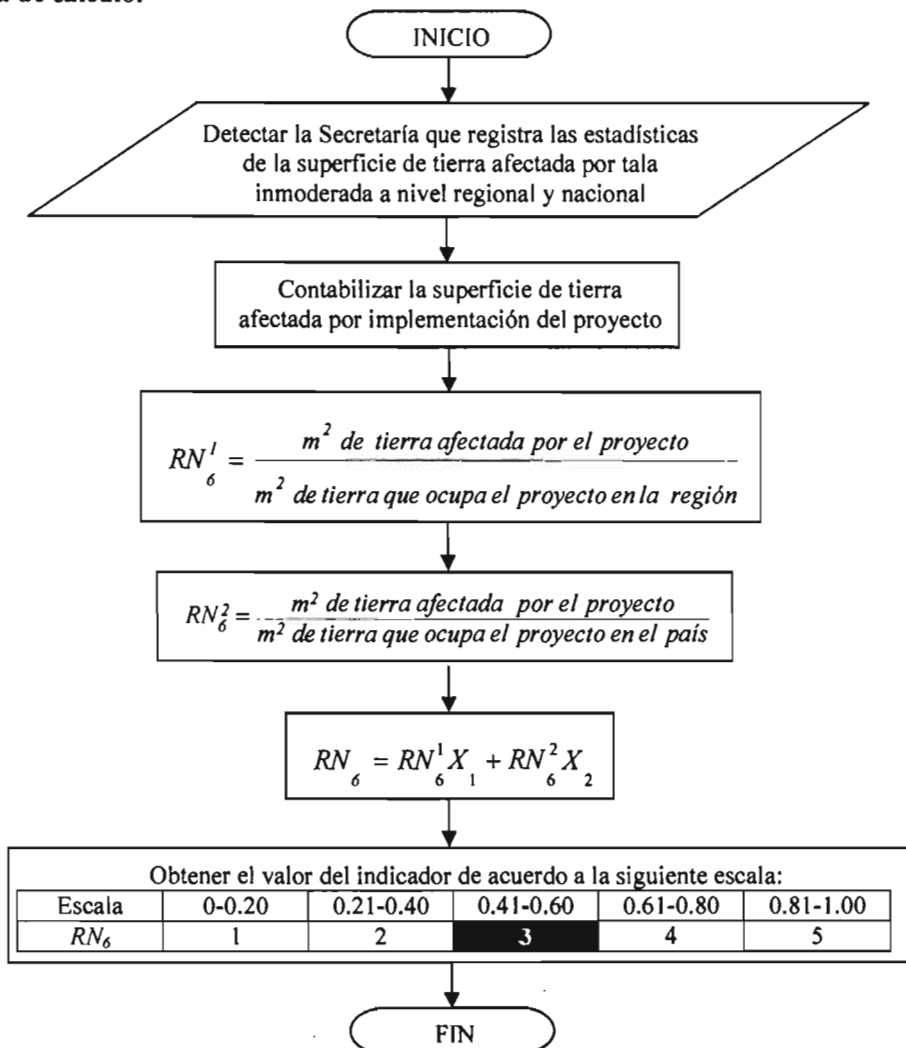
**Indicador, (RN<sub>6</sub>).**

**Nombre:** Intensidad de tala inmoderada.

**Definición:** Se refiere a la superficie de suelo afectada por la construcción y operación del proyecto de planta industrial en la zona, así como al incumplimiento de la legislación vigente en la zona y la despreocupación por dar auge a la reforestación.

**Unidad de medida:** m<sup>2</sup>

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Comisión Nacional Forestal, Gerencia Regional. Coordinación Estatal Campeche

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** el proyecto no afecta ningún área con problemas de desertificación por concepto de tala inmoderada

MUNICIPIO	ARBOLES PLANTADOS	SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)
ESTADO	5513270	7932.1
CARMEN	248137	357

NOTA: La información corresponde únicamente a lo ejercido y reportado por el Programa Nacional de Reforestación y comprende tanto la zona urbana como y comprende tanto la zona urbana como la rural.

FUENTE: Comisión Nacional Forestal, Gerencia Regional. Coordinación Estatal Campeche.

**Indicador, (RN<sub>7</sub>).**

**Nombre:** Áreas Naturales Protegidas (ANP).

**Definición:** Se refiere al territorio afectado por las actividades de la implementación y operación del proyecto industrial, es decir el cambiar el uso de suelo, o la depredación de alguna especie vegetal o animal.

**Unidad de medida:** Cumplimiento de Decretos Federales

**Metodología de cálculo:** Ídem a *ECOL<sub>7</sub>*, se asignará calificación de 5 si se cumple con los decretos Federales de no realizar actividad de ninguna índole dentro de las ANP, en caso contrario se asignará 1.

**Fuente:** Informe de la Situación Ambiental en México, Compendio de estadísticas Ambientales 2002, SEMARNAT

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell): 1**

Es conveniente señalar que el sitio donde se desarrollará el proyecto, corresponde a un área natural protegida con decreto federal desde 1994, con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre "Laguna de Términos" (APFFLT), y se considera como una de las áreas prioritarias para el conocimiento y conservación de la biodiversidad por la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). Por otro lado, junto con la Reserva de la Biosfera "Pantanos de Centla" en Tabasco, forma parte del reservorio de plantas acuáticas más importante de Meso América, reconociéndose su valor estratégico como corredor biológico de aves migratorias y como hábitat para las aves residentes.

Sin embargo, debe destacarse que el área específica donde se realizará el proyecto, y sus micro cuencas de influencia real se encuentran circunscritas en áreas impactadas previamente por actividades agropecuarias y asentamientos humanos, por lo que se definen como áreas de manejo intensivo dentro del Programa de Manejo del APFFLT.

Fuente: <http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>

**Áreas naturales protegidas y superficie decretada, 2001.**

Área natural protegida	Entidad federativa	Superficie (ha)
<b>Área de Protección de Flora y Fauna (APFF)</b>		
Cabo San Lucas	Baja California Sur	3 996
Islas del Golfo de California	Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa	150 000
La Primavera	Jalisco	30 500
Cascadas de Agua Azul	Chiapas	2 580
Valle de los Cirios	Baja California	2 521 776
Sierra de Alvarez	San Luis Potosí	16 900
Sierra La Mojonera	San Luis Potosí	9 252
El Jabali	Colima	5 179
Sierra de Quila	Jalisco	15 193
Corredor Biológico Chichinutzin	Morelos, Estado de México y Distrito Federal	37 302
Chan - Kin	Chiapas	12 185
Laguna de Términos	Campeche	705 017
Yum Balam	Quintana Roo	154 052
Cuatro Ciénegas	Coahuila	84 347
Maderas del Carmen	Coahuila	208 381
Cañón de Santa Elena	Chihuahua	277 210
Uaymil	Quintana Roo	89 118
Sierra de Álamos - Río Cuchujaqui	Sonora	92 890
Metzabok	Chiapas	3 368
Nahá	Chiapas	3 847
Meseta de Cacaxtla	Sinaloa	50 862
Tutzaca	Chihuahua	365 000

### 4.3.4 Dimensión Ecológica

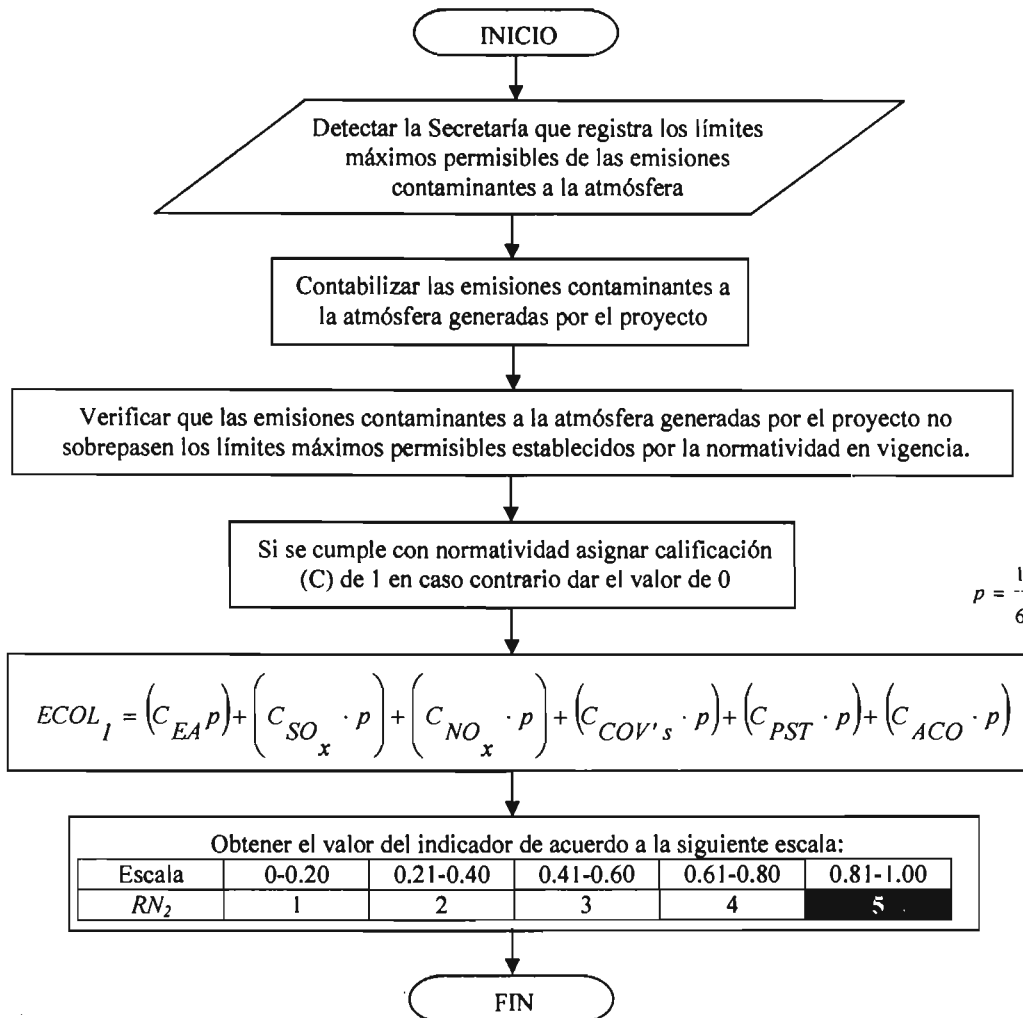
**Indicador, (ECOL<sub>1</sub>).**

**Nombre:** Emisiones contaminantes a la atmósfera

**Definición:** El indicador mide las principales emisiones antropogénicas que el proyecto contribuye al calentamiento global (EA = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>), SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>; COV's, PST y sustancias que agotan la capa de ozono (ACO).

**Unidad de medida:** Cumplimiento con la normatividad

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** NOM-085-ECOL-1994 aplicable para fuentes fijas y las referentes a calidad de aire como la NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-024-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993.

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** cumple con normatividad = 5

La fuente primaria de emisiones contaminantes al aire son los gases producidos en las cámaras de combustión de las turbinas de gas. Las emisiones son de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Las emisiones contaminantes se controlarán con el fin de estar por debajo de los valores que indique la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), por medio de normas o leyes aplicables como la NOM-085-ECOL-1994 aplicable para fuentes fijas y las referentes a calidad de aire como la NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-024-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993.

Fuente: <http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>



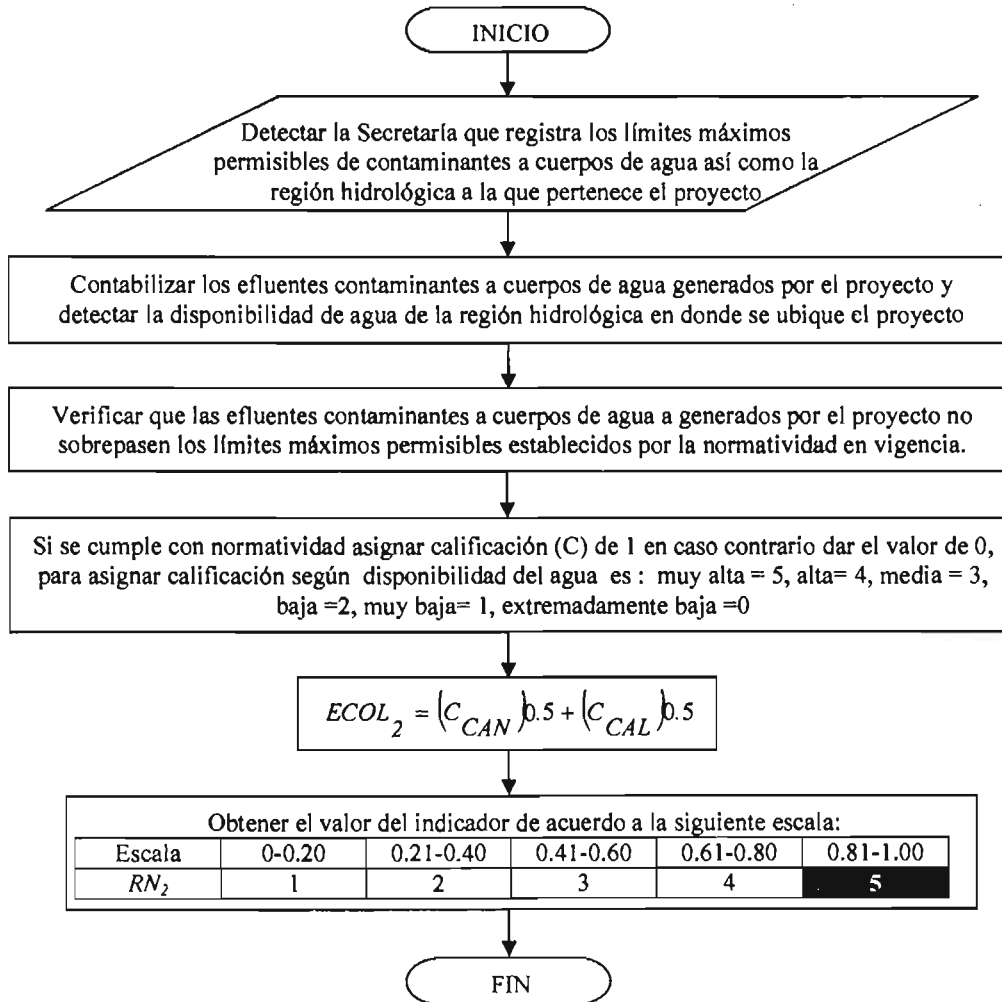
**Indicador, (ECOL<sub>2</sub>).**

**Nombre:** Calidad y cantidad de agua

**Definición:** El indicador mide las principales contaminantes descargados a cuerpos de agua (CAL) por el proyecto, así como su implementación en cuencas hidrológicas no sobre explotadas (CAN).

**Unidad de medida:** Índice de calidad del agua, nivel de explotación de región hidrológica.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-003-ECOL-1997

Informe de la Situación Ambiental en México, Compendio de Estadísticas Ambientales 2002, SEMARNAT

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** Cumple con normatividad = 5

La descarga de las aguas residuales industriales (aguas de enfriamiento), se realizará en el mar. Todas las descargas deberán de cumplir con lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 "que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales y bienes nacionales".

Fuente: <http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>

**Indicador, (ECOL<sub>3</sub>).**

**Nombre:** Contaminación auditiva

**Definición:** El indicador mide los niveles máximos permisibles de la contaminación auditiva.

**Unidad de medida:** Cumplimiento con la normatividad

**Metodología de cálculo:** Ídem al *ECOL<sub>1</sub>*, se asignará calificación de 5 si se cumple con normatividad, en caso contrario asignar 1.

**Fuente:** NOM-081-ECOL-1994, NOM-011-STPS-1993, NOM-080-STPS-1993

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** Cumple con normatividad = 5

En cuanto a ruido, se espera un nivel máximo de 65 dB, por lo que no se rebasarán los límites establecidos por las normas NOM-081-ECOL-1994, NOM-011-STPS-1993 y NOM-080-STPS-1993.

Fuente: <http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>

**Indicador, (ECOL<sub>4</sub>).**

**Nombre:** Residuos industriales

**Definición:** El indicador mide el cumplimiento de la identificación, manejo y confinamiento de los residuos industriales.

**Unidad de medida:** Cumplimiento con la normatividad

**Metodología de cálculo:** Ídem al *ECOL<sub>1</sub>*, se asignará calificación de 5 si se cumple con normatividad, en caso contrario asignar 1.

**Fuente:** NOM-052-ECOL-1993, NOM-053-ECOL-1993, NOM-054-ECOL-1993, NOM-055-ECOL-1993, NOM-056-ECOL-1993, NOM-057-ECOL-1993, NOM-058-ECOL-1993, NOM-083-ECOL-1996, NOM-087-ECOL-1995,

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** Cumple con normatividad = 5

Se generarán residuos sólidos tales como soldadura, cemento, bolsas, pedacería de tubos, pintura y estopa, entre otros. Además, se generarán residuos sólidos domésticos provenientes de la actividad humana cuyo volumen será variable de acuerdo al número de trabajadores y al tiempo que duren laborando en el sitio (aproximadamente 600 kg/día).

Se generarán residuos líquidos provenientes de la fase de limpieza de la tubería y durante la prueba hidrostática de la misma. Durante las pruebas hidrostáticas de los ductos, tanto terrestres como marinos, serán necesarios volúmenes importantes de agua (aproximadamente de 636 ML). Sin embargo, las pruebas se efectuarán en tramos para evitar un consumo excesivo y se promoverá el reuso en tramos subsiguientes. El agua de desecho será descargada a un cuerpo receptor previo análisis y autorización de las entidades competentes para cumplir con las normas ambientales vigentes en la materia.

Fuente: <http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>

**Indicador, (ECOL<sub>5</sub>).**

**Nombre:** Productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos.

**Definición:** Se trata de productos químicos que, por salud y razones ambientales (incluyendo la salud ocupacional y la seguridad en el trabajo), todos o casi todos sus usos han sido prohibidos por una acción reguladora gubernamental.

**Unidad de medida:** Número de sustancias prohibidas utilizadas en el proceso.

**Metodología de cálculo:** Ídem al ECOL<sub>1</sub>, se asignará la calificación de 5 si no se emplea ninguna de las sustancias químicas prohibidas o rigurosamente restringidas, en caso contrario asignar 1.

**Fuente:** Programa conjunto FAO/PNUMA para la aplicación del principio de información y consentimiento previos, 1996

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 5

**Sustancias controladas que actualmente están sujetas al PIC<sup>1</sup>**

Pesticidas		Sustancias industriales
Aldrin	Clordaneform	Crocidolita
DDT	HCH (mezcla de isómeros)	Compuestos de mercurio
Dieldrin	Clordano	Bifenilos policlorados
Dinoseb	Dibromuro de estileno	Bifenilos polibromados (algunos)
Fluoracetamida	Heptácloro	Fosfito de litio (dibromo-2,3 propilo)

<sup>1</sup> Procedimiento de Información y Consentimiento Previo. Este es un mecanismo internacional de intercambio de información voluntario que establece que la exportación de una sustancia sujeta al PIC debe realizarse con el consentimiento expreso del país importador. Fue establecido en 1989 por el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Las sustancias incluidas en este procedimiento han sido prohibidas o estrictamente restringidas por razones de salud humana y ambientales en por lo menos un país, o son formulaciones de pesticidas extremadamente peligrosos que, a n estar prohibidos o restringidos, pueden ocasionar problemas en las condiciones de uso en los países en desarrollo.

Fuente: Programa conjunto FAO/PNUMA para la aplicación del principio de información y consentimiento previos, 1996

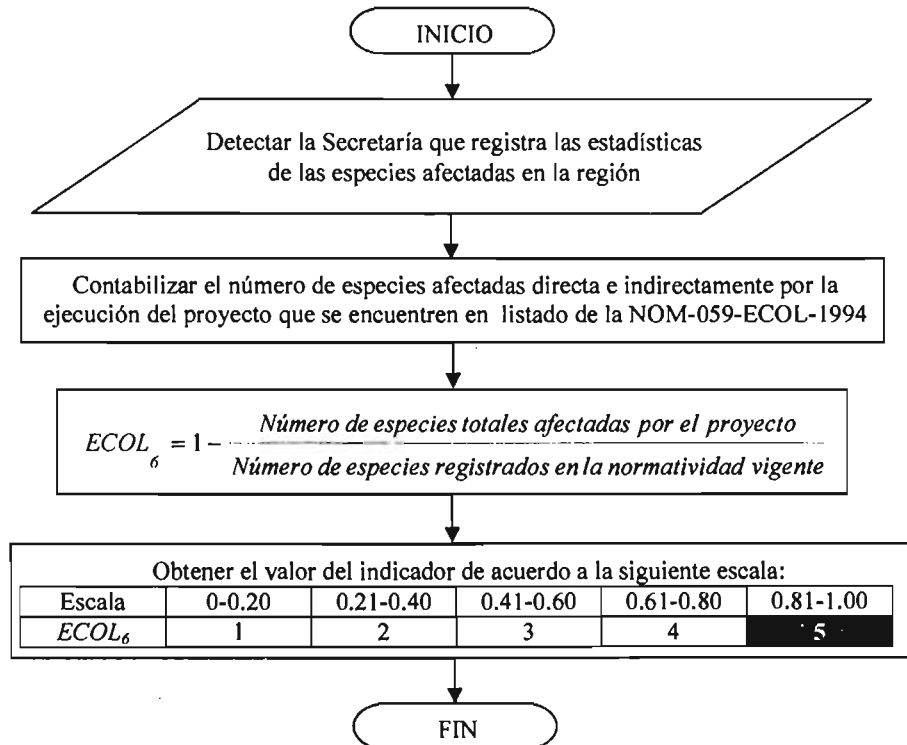
**Indicador, (ECOL<sub>6</sub>).**

**Nombre:** Afectaciones del proyecto a la flora y fauna de la región.

**Definición:** Número de especies afectadas por la implementación del proyecto con respecto a las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial.

**Unidad de medida:** Número de especies afectadas / número de especies registradas en la normatividad vigente.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** NOM-059-ECOL-1994

Informe de la Situación Ambiental en México, Compendio de Estadísticas Ambientales 2002, SEMARNAT

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):1-(93/2421)**

Especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas raras y las sujetas a protección especial, listadas en la NOM-059-ECOL-1994

Flora	950 (incluye plantas y hongos)
Mamíferos	265
Aves	339
Reptiles	477
Anfibios	199
Peces	140
Invertebrados	051

Fuente: <http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>

### 4.3.5 Dimensión Económica

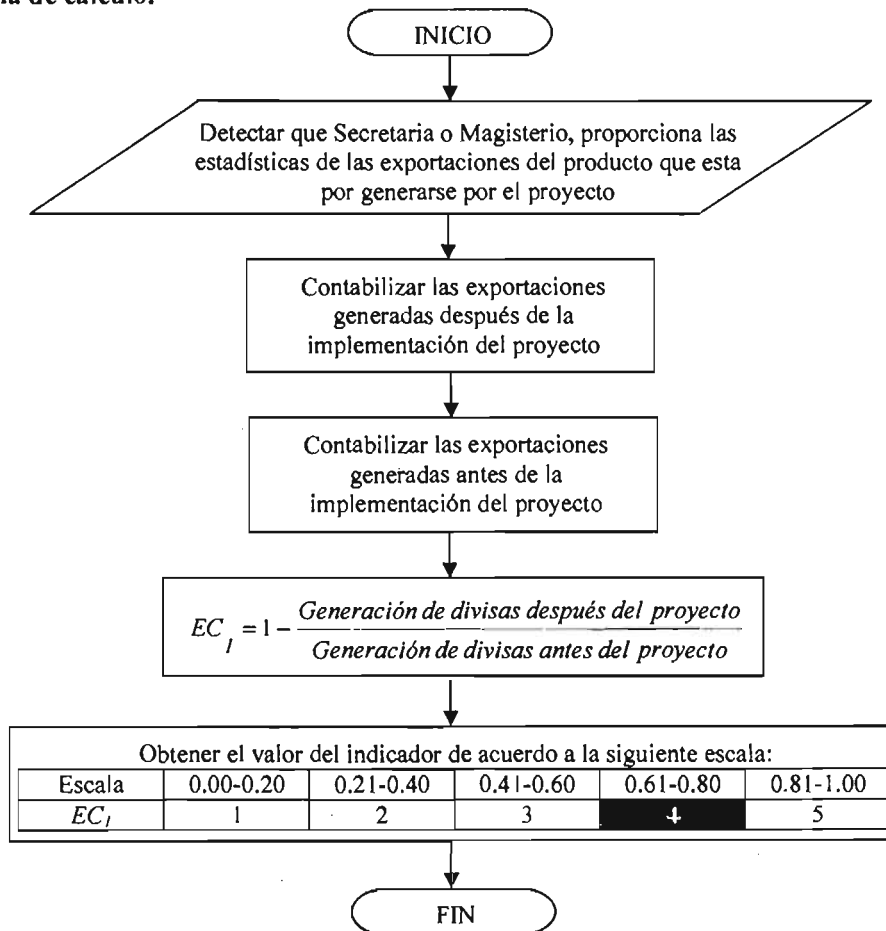
**Indicador, ( $EC_I$ ).**

**Nombre:** Generación de divisas

**Definición:** El comercio exterior del país lo conforman las exportaciones e importaciones totales de mercancías, transacciones mercantiles que reflejan la salida o entrada de productos al territorio nacional, respectivamente. Con base a la conformación de las cifras estadísticas de exportación, menos la de importación se generará la Balanza Comercial, en la cual se enumera y cuantifica el valor monetario que la totalidad de las compras y las ventas únicamente por las mercancías que el país intercambio con el exterior, esta evaluación siempre se refiere a un periodo determinado, generalmente de un año.

**Unidad de medida:** Relación entre la cantidad de divisas generadas antes y después de la implementación del proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Estadísticas Económicas, Balanza Comercial de México, INEGI.

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = 1-(1.69 MMBBLD/ 1.0 MMBBLD) = 0.69**  
 Cantarell es el campo petrolero más grande del país y el sexto en importancia en el mundo. Este campo súper gigante aporta una proporción sustancial de las reservas, la producción y la exportación de petróleo de México. Produce crudo pesado, con alto contenido de azufre y metales, denominado *Maya*. La producción se inició en 1979 y en sólo dos años llegó a un volumen máximo de 1.15 millones de barriles diarios (b/d), para descender a cerca de un millón, nivel que se mantuvo hasta 1995. La capacidad actual de producción de Cantarell se estima en 1.69 millones de b/d.

Fuente: Informe rendido a la Comisión de Energía y Recursos no Renovables del Senado de la República, 10 de agosto de 1999

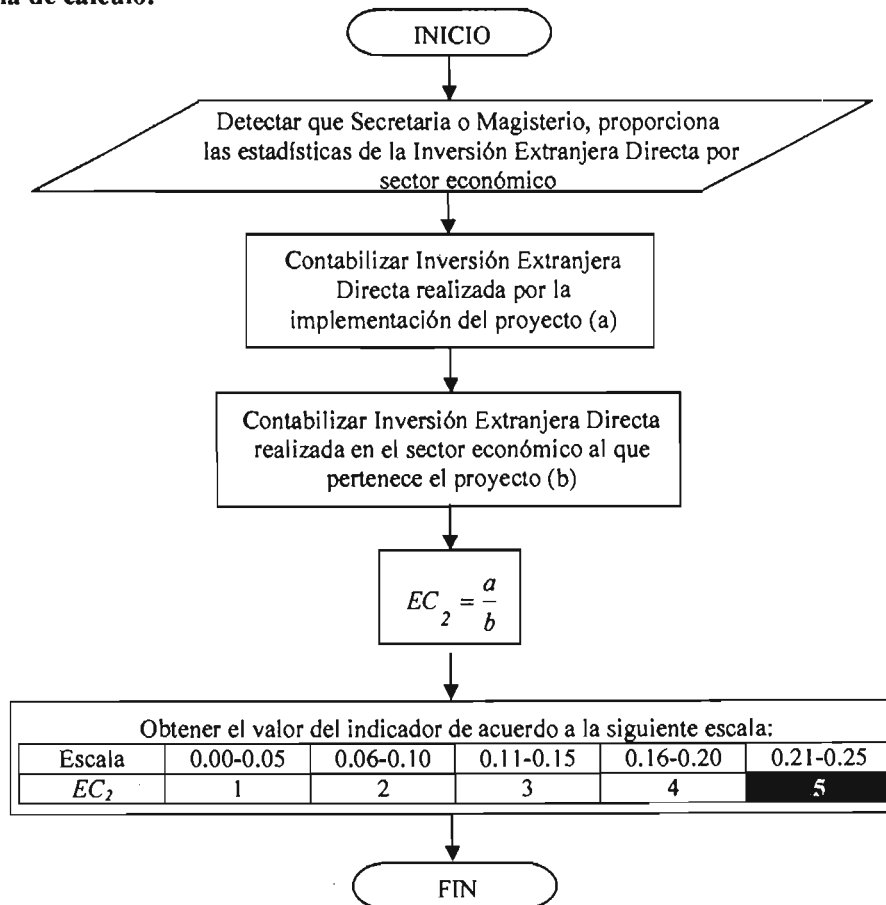
**Indicador, (EC<sub>2</sub>).**

**Nombre:** Inversión Extranjera Directa (IED)

**Definición:** Las IED son notificadas al Registro Nacional de Inversiones Extranjeras (RNIE) por parte de personas físicas o morales extranjeras que realizan actos de comercio en México y sucursales de inversionistas extranjeros establecidas en el país; de sociedades mexicanas con participación extranjera; y, de instituciones fiduciarias que participan en fideicomisos de bienes inmuebles de los que se derivan derechos en favor de inversionistas extranjeros. Estas cifras corresponden a la inversión realizada por personas físicas o morales extranjeras al establecerse en México; a las nuevas inversiones, reinversión de utilidades y cuentas entre compañías de sociedades ya establecidas; y, al monto de la contraprestación en los fideicomisos de bienes inmuebles.

**Unidad de medida:** Relación entre la IED por implementación del proyecto con respecto a la IED del sector económico al que pertenece el proyecto

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p1175/03-dic.xls>  
 Secretaría de Energía

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = (1 E6 MMUSD/ 3.527 E6 MMUSD) = 0.28**  
 La inversión total a erogar por el proyecto integral de inyección de 1,200 MMSPCD al campo Cantarell mediante la planta de N<sub>2</sub> es de 1,000,000, en un periodo de 3 años (1998-2000). La IED registrada para el mismo periodo en que se llevo a cabo el proyecto integral de inyección de N<sub>2</sub> al campo Cantarell son:

SUBSECTORES	1996	1997	1998	1999	2000	2001
TOTAL NACIONAL	7,731.1	13,161.3	8,342.1	13,148.6	16,448.7	16,549.3
IND. MANUFACTURERA	4,718.8	7,385.9	5,172.8	8,984.4	9,388.7	6,854.4
Quemados, prod. derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	1,196.9	822.4	1,165.4	955.3	1,406.9	405.6

- en US\$ millones de dólares -

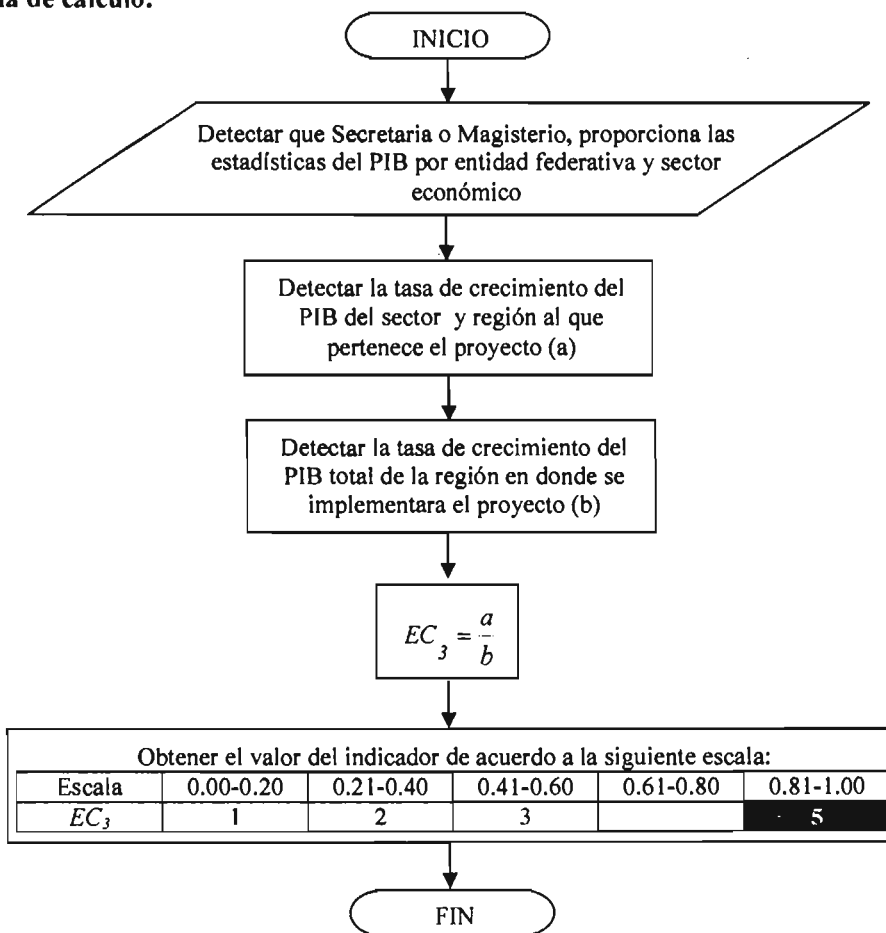
**Indicador, (EC<sub>3</sub>).**

**Nombre:** Tasa de crecimiento del PIB

**Definición:** El comercio exterior del país lo conforman las exportaciones e importaciones totales de mercancías, transacciones mercantiles que reflejan la salida o entrada de productos al territorio nacional, respectivamente. Con base a la conformación de las cifras estadísticas de exportación, menos la de importación se genera la Balanza Comercial, en la cual se enumera y cuantifica el valor monetario que la totalidad de las compras y las ventas únicamente por las mercancías que el país intercambia con el exterior, esta evaluación siempre se refiere a un periodo determinado, generalmente de un año

**Unidad de medida:** Relación entre la tasa de crecimiento del PIB del tipo del sector económico del proyecto con respecto a la tasa de crecimiento del PIB en la región donde se implementara el proyecto.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = 2.5 / 2.5 = 1**

Tasa media de crecimiento anual 1993-2001 Entidad Federativa	Total	Primario	Industrial	Servicios
Total nacional	3.1	2.1	3.5	3.0
Campeche	2.5	1.4	2.5	2.3

FUENTE: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. "Producto Interno Bruto por Entidad Federativa".

**Indicador, (EC<sub>4</sub>).**

**Nombre:** Implementación de Proyectos Innovadores

**Definición:** La implementación de proyectos caracterizados dentro de la “industria del futuro”, traerá un alto beneficio económico por la creación de un nuevo producto y/o servicio innovador, con un mercado mundial por atacar, adicionalmente a este beneficio se prevé uno mayor por el desarrollo en nuevas tecnologías alineadas con la sustentabilidad a fin de evitar los impactos negativos al ambiente y teniendo en cuenta la optimización de los sistemas para aprovechar al máximo productos y subproductos generados en el proceso.

**Unidad de medida:** Verificar que el proyecto pertenezca a la categoría de innovador.

**Metodología de cálculo:** Se asignará la calificación de 5 si el proyecto esta relacionado con: microelectrónica, biotecnología, nuevos materiales, telecomunicaciones, robótica, máquinas y herramientas, hardware y software, energías alternativas, tecnología ambiental y tecnología de información, en caso contrario asignar 1. Los anteriores temas no son limitativos pues hay que referirse a otros más dependiendo del tipo de proyecto por implementarse.

**Fuente:** Apuntes del Diplomado en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión, Módulo ITESM-IMP, 2003

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = 1**

La calificación corresponde al hecho de que se esta adquiriendo tecnología extranjera para llevar a cabo el proceso y no se tiene contemplada ninguna innovación por parte de los encargados del proyecto en México.

**Indicador, (EC<sub>5</sub>).**

**Nombre:** Empresas dentro del Dow Jones Sustainability Group Index

**Definición:** Los índices Dow Jones Sustainability (DJS) recogen a las empresas más comprometidas con los criterios de sustentabilidad, es decir, el crecimiento económico compatible con el respeto al medio ambiente. Los índices, elaborados por Dow Jones, STOXX Limited y SAM Group son revisados anualmente y responden a la demanda de información de los mercados internacionales en relación a la capacidad de las empresas para gestionar a largo plazo sus actividades de forma responsable, de acuerdo a las exigencias económicas, medioambientales y sociales. La revisión anual, celebrada en Zurich (Suiza), ha incluido un total de 300 compañías de 23 países que desarrollan sus actividades en términos de sustentabilidad. Todas las compañías, incluidas en el índice mundial pueden consultarse en la página web corporativa: [www.sustainability-indexes.com](http://www.sustainability-indexes.com).

**Unidad de medida:** Relación del número de empresas dentro del DJS que participan directa e indirectamente en la implementación del proyecto con respecto al número total de empresas en el país dentro del DJS.

**Metodología de cálculo:** La calificación de 5 indica sustentabilidad y la calificación de 1 en caso contrario.

**Fuente:** [www.sustainability-indexes.com](http://www.sustainability-indexes.com)

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = 1**

En América Latina varios países cuentan con organizaciones filiales del DJS las cuales se consideran como miembros de la red regional del mismo. Donde han tenido más arraigo y desarrollo estos organismos es en Brasil y Argentina, y recientemente en México. En los últimos tiempos han empezado a multiplicarse consejos nacionales para el desarrollo sustentable afiliados al DJS en distintos países centroamericanos como es el caso de El Salvador, Costa Rica y Panamá, Fuente: INE, “El sector privado frente a la Sustentabilidad”, México 2002.



### 4.3.6 Dimensión Energética

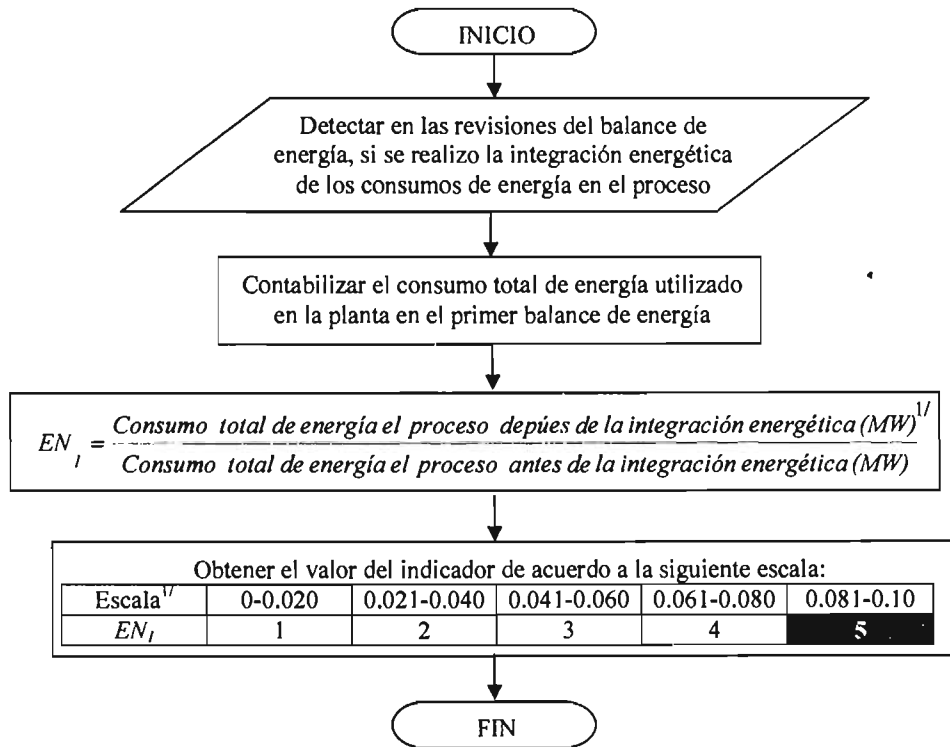
**Indicador, ( $EN_i$ ).**

**Nombre:** Intensidad de integración energética en el sistema

**Definición:** El evaluar las medidas de ahorro energéticas que más eficientemente ajusten la operatividad del sistema a la situación considerada como óptima, haciendo uso de criterios de valoración de rentabilidad tales como el abatimiento de consumo de energía del proceso traerá como consecuencia un ahorro de energía.

**Unidad de medida:** Consumo de energía total del proceso (MW) después de la integración energética con respecto al consumo total de energía total utilizada en el proceso (MW) sin considerar el cálculo de la integración energética.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Landgrave, J. & Escobar, A, “Nitrogen Separation Plants, an Example of Applied High Quality Process in the Recovery of Energy Resources”,

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = (156.88 MW/ 159.31MW) = 0.98**

Energía consumida incluyendo recuperación de calor

Concepto	Energía (MW)
Compresores de Aire	58.33
Interenfriamiento	57.51
Trenes de Intercambio de calor	30.45
Rehervidores/Condensadores	12.5
Recuperación en la turbina	-2.43

1/ Si desde el inicio del proyecto se efectúa la integración energética, se considerará por ende que el indicador es igual a cinco.

**Indicador, (EN<sub>2</sub>).**

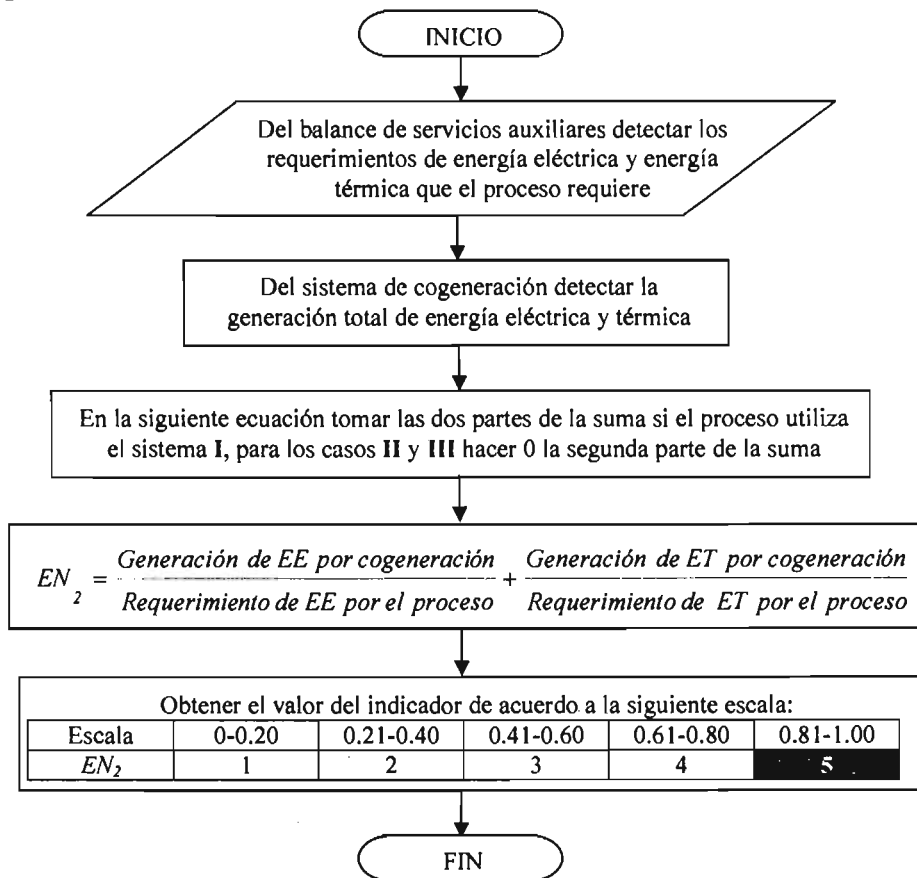
**Nombre:** Nivel de cogeneración en el proceso

**Definición:** A diferencia de un sistema convencional que produce energía eléctrica (EE) o energía térmica (ET), la cogeneración consiste en la producción simultánea o secuencial de energía mecánica y térmica a partir de una misma fuente de energía, este concepto se cumple por alguno de los siguientes tres sistemas:

- I. Producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas.
- II. Producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate.
- III. Producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.

**Unidad de medida:** Los niveles de cogeneración se definen como: satisfacer al 100% la demanda térmica o satisfacer al 100% la demanda eléctrica del proceso.

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Landgrave, J. & Escobar, A, “Nitrogen Separation Plants, an Example of Applied High Quality Process in the Recovery of Energy Resources”

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = (58.33 MW/ 58.33M) = 1.0**

Energía eléctrica generada por el sistema de cogeneración	
Concepto	Energía (MW)
Compresores de Aire	58.33

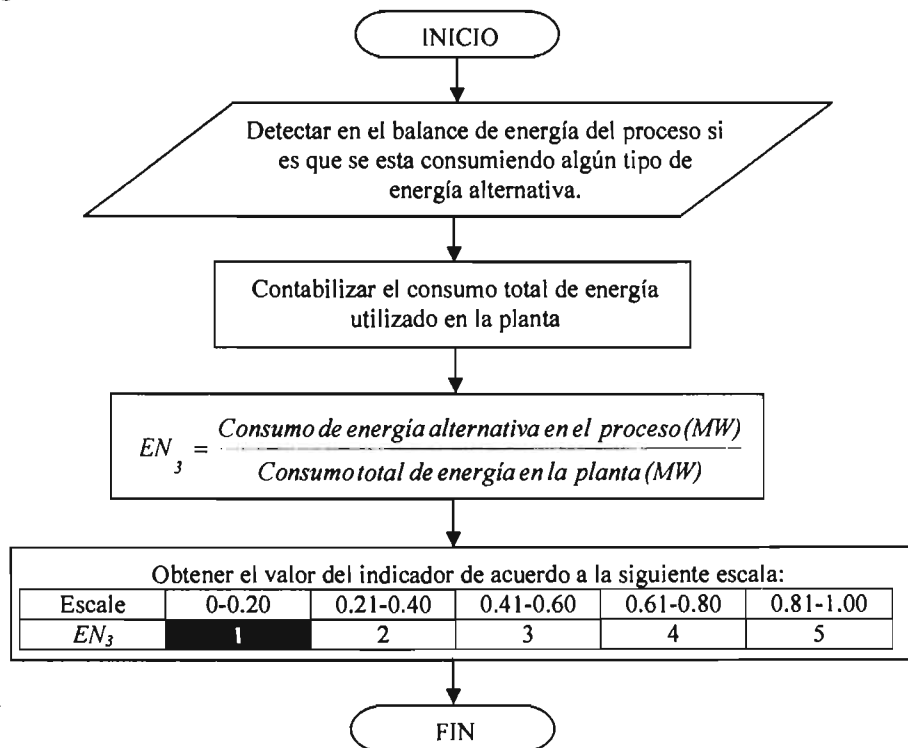
**Indicador, ( $EN_3$ ).**

**Nombre:** Consumo de energía alternativa en la producción

**Definición:** La utilización de energías alternativas (biomasa, geotérmica, solar, eólica, etc.) como parte del consumo energético del proceso trae como consecuencia la no dependencia de energías altamente agresivas al ambiente como los combustibles fósiles y la energía nuclear.

**Unidad de medida:** Consumo de energías renovables utilizadas en el proceso con respecto al consumo de energía total utilizada en el proceso

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Fuente: Escobar Alejandro, “Separación criogénica de N<sub>2</sub>: análisis de sensibilidad en operación y en consumo energético”, UNAM Tesis, 2000, México

**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell) = 1**

En el proceso no se utiliza ningún tipo de energía alternativa

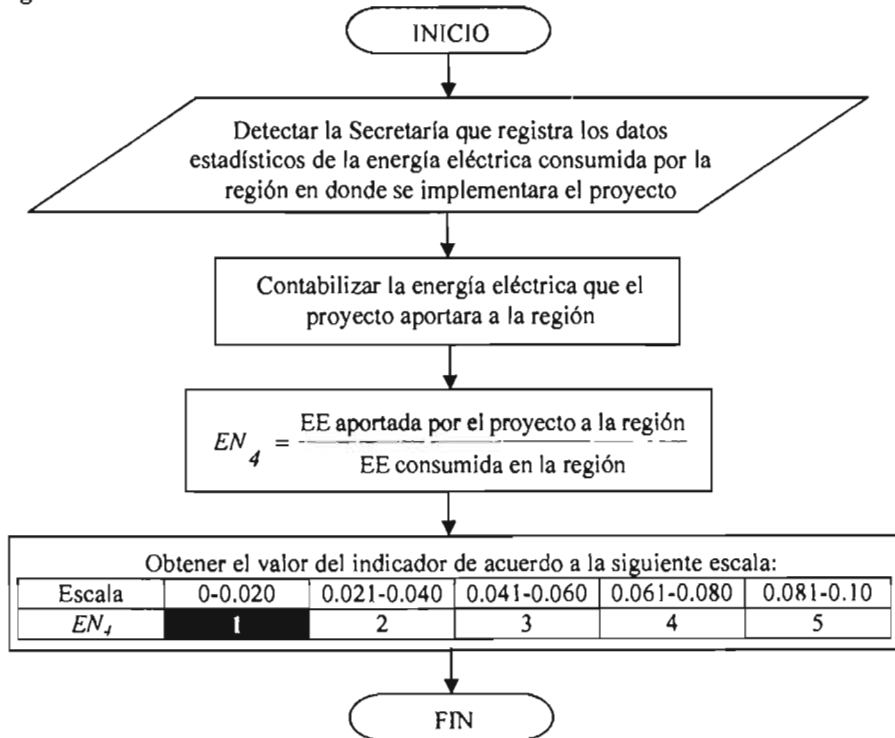
**Indicador, ( $EN_4$ ).**

**Nombre:** Aportación de energía eléctrica a la región

**Definición:** Dado que pueden existir altas variaciones de la relación ET/EE en las que resulta difícil que el sistema de cogeneración siga a la demanda térmica, se debe de seguir como criterio que es preferible incrementar la capacidad eléctrica del sistema con objeto de tener excedentes que puedan ser vendidos a la red.

**Unidad de medida:** MW

**Metodología de cálculo:**



**Fuente:** Escobar Alejandro, “Separación criogénica de N<sub>2</sub>: análisis de sensibilidad en operación y en Comisión Reguladora de Energía

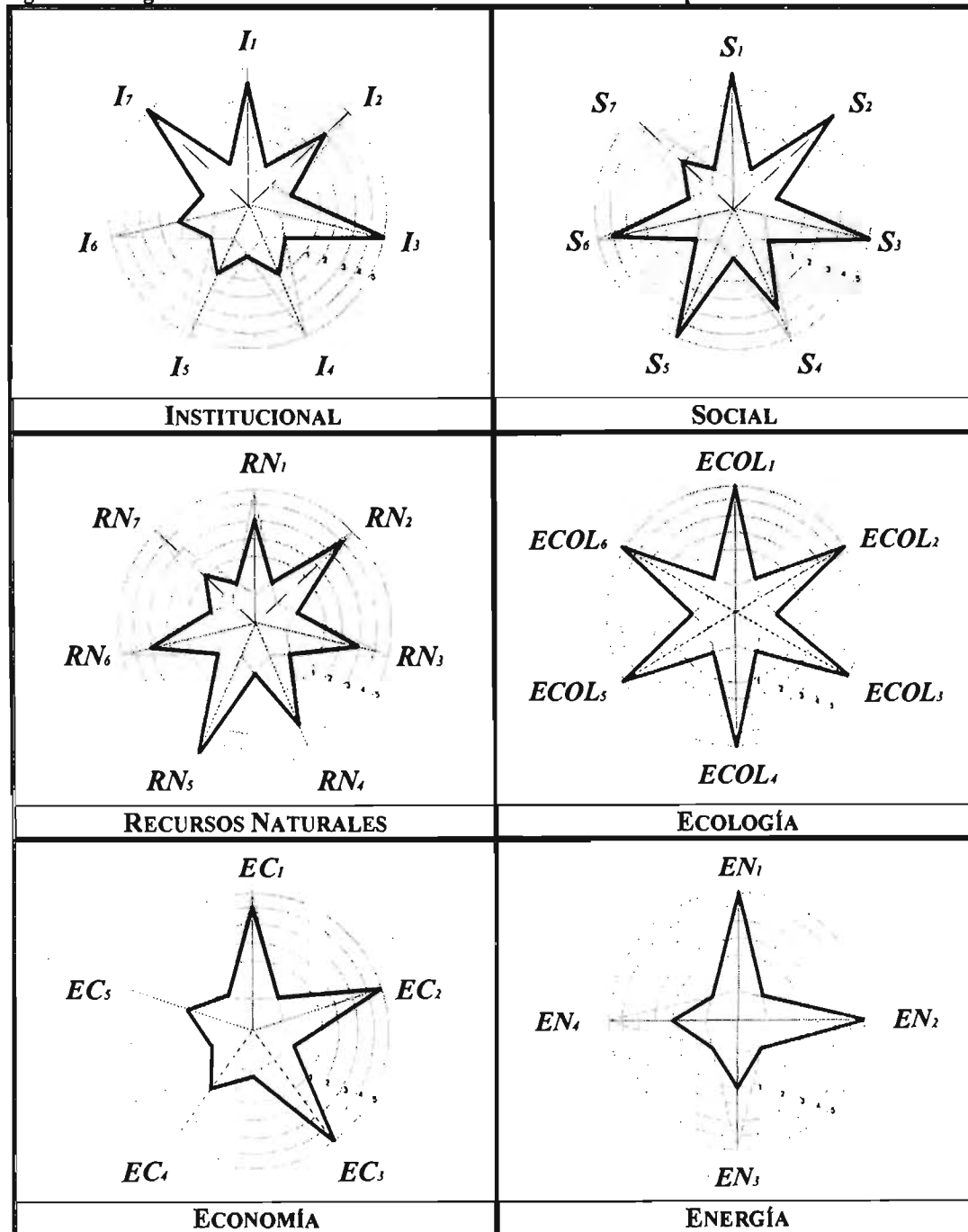
**Valor del indicador (para La Planta de N<sub>2</sub> de Cantarell):** 1

El sistema de cogeneración del Proceso no genera excedentes de energía eléctrica, pues la generación es solo para autoconsumo como lo menciona la Comisión Reguladora de Energía (CRE):

### 4.4 Índice de sustentabilidad de la industria química y de proceso

Una vez aplicada la metodología para cada uno de los indicadores de sustentabilidad de las seis dimensiones, el siguiente paso que fue el representar los indicadores en forma gráfica para tener una visión rápida del nivel de sustentabilidad alcanzado por la implementación del nuevo proyecto. La presentación gráfica que se eligió son los diagramas de estrella que a continuación se presentan para el caso de estudio:

Figura 4.3 Diagramas de estrella de los indicadores de sustentabilidad para el caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso a seguir en el desarrollo de la metodología de formulación es el cálculo del Índice de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso (IS<sub>IQP</sub>), debido a que los indicadores son definidos o designados como patrones genéricos que incluye el estado del conocimiento sobre un atributo relevante para el análisis que se está realizando. El índice es el producto del proceso de medición de tal indicador. Formalmente, se puede tomar la construcción de un indicador y de su índice relacionado, como el establecimiento de una correspondencia entre la realidad y un conjunto de números o datos que permitan representarla.

El método a seguir para el cálculo del IS<sub>IQP</sub>, es el desarrollado por Adrián Barrera y Américo Saldivar en su “Propuesta Metodológica para la elaboración del Índice de Desarrollo Sustentable”, herramienta que fue desarrollada para el programa de ordenamiento ecológico de la Cuenca Baja del Río Coatzacoalcos, Veracruz.<sup>[41]</sup>

La metodología propuesta como estructura base para el diseño del IS<sub>IQP</sub> es la conocida como Teoría de Decisiones de Atributos Múltiples. Ésta desglosa el problema a analizar en un árbol de decisiones, en el que el tronco principal se divide en criterios generales y éstos a su vez en criterios específicos o atributos que también pueden subdividirse. De esta forma el problema a evaluar se va desglosando en aspectos cada vez más específicos que son más sencillos de valorar.<sup>[41]</sup>

Para el diseño del árbol de decisiones el primer paso, fue el definir los criterios generales, que en este caso fueron las dimensiones institucional, social, recursos naturales, ecología, economía y energía. A cada uno de los criterios generales se les asignó un factor de peso adecuado con la importancia que tomen dentro del tema, en el caso del desarrollo sustentable, se otorgó de manera equitativa el mismo peso e importancia a las seis dimensiones, de tal suerte que en el presente trabajo las ponderaciones asignadas son:

Dimensión	Ponderación
Institucional (I)	16.67
Social (S)	16.67
Recursos Naturales (RN)	16.67
Ecología (ECL)	16.67
Economía (EC)	16.67
Energía (EN)	16.67

A continuación, cada una de las dimensiones se subdivide en criterios específicos, que precisamente son los indicadores de sustentabilidad que corresponden a cada una de las seis dimensiones. A cada indicador se le asignó una función de utilidad que da uniformidad en unidades y valores a los indicadores. La función de utilidad de un indicador es la escala de valores con la que se calificaron los aspectos considerados para cada indicador dentro del proyecto. La función asocia el parámetro considerado, con una escala de valores adimensional de 1 a 5, donde 1 expresa el grado más bajo de sustentabilidad y el 5 el más alto. De esta manera se calificó la “utilidad” de la región que se estaba evaluando. Esta función permite comparar entre sí parámetros que pertenecen a diferentes dimensiones y que tienen distintas unidades, es decir, la escala de valores con la que se calificaron los indicadores de sustentabilidad para la región en donde se implantará el proyecto son entre 1 y 5.

La cuantificación del IS<sub>IQP</sub> se define como el promedio ponderado de las seis dimensiones o indicadores generales. Los factores de peso de las ponderaciones, cumplen las siguientes reglas: la suma de los factores de peso de las dimensiones debe ser igual a 100, es decir:

$$I + S + RN + ECL + EC + EN = 100$$

A su vez la suma de las ponderaciones de los indicadores de sustentabilidad de cada una de las dimensiones es también igual a 100, esto es:

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n &= 100 \\ S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n &= 100 \\ RN_1 + RN_2 + RN_3 + RN_4 + \dots + RN_n &= 100 \\ ECL_1 + ECL_2 + ECL_3 + ECL_4 + \dots + ECL_n &= 100 \\ EC_1 + EC_2 + EC_3 + EC_4 + \dots + EC_n &= 100 \\ EN_1 + EN_2 + EN_3 + EN_4 + \dots + EN_n &= 100 \end{aligned}$$

Por lo tanto el  $IS_{IQP}$  se define como:

$$IS_{IQP} = \sum_{j=1}^6 FIG_j \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n_j} VA_{ji} FI_{ji} \frac{1}{100}$$

donde:

- $FIG_j$  = Factor de peso de la j-ésima dimensión
- $VA_{ji}$  = Valor del i-ésimo indicador de sustentabilidad de la j-ésima dimensión
- $FI_{ji}$  = Factor de peso del i-ésimo indicador de sustentabilidad perteneciente a la j-ésima dimensión
- $n_j$  = Número de indicadores de sustentabilidad de la j-ésima dimensión

A continuación se aplica la metodología de cálculo del  $IS_{IQP}$  para el caso de estudio: Planta de Nitrógeno "Atasta", los resultados son mostrados numéricamente en una tabla y adicionalmente se presentan los diagramas de estrella para cada dimensión de sustentabilidad así como para el índice.

Tabla 4.5. Cálculo del  $IS_{IQP}$  para el caso de estudio, Planta de Nitrógeno, "Atasta", Cd. Del Carmen, Campeche.

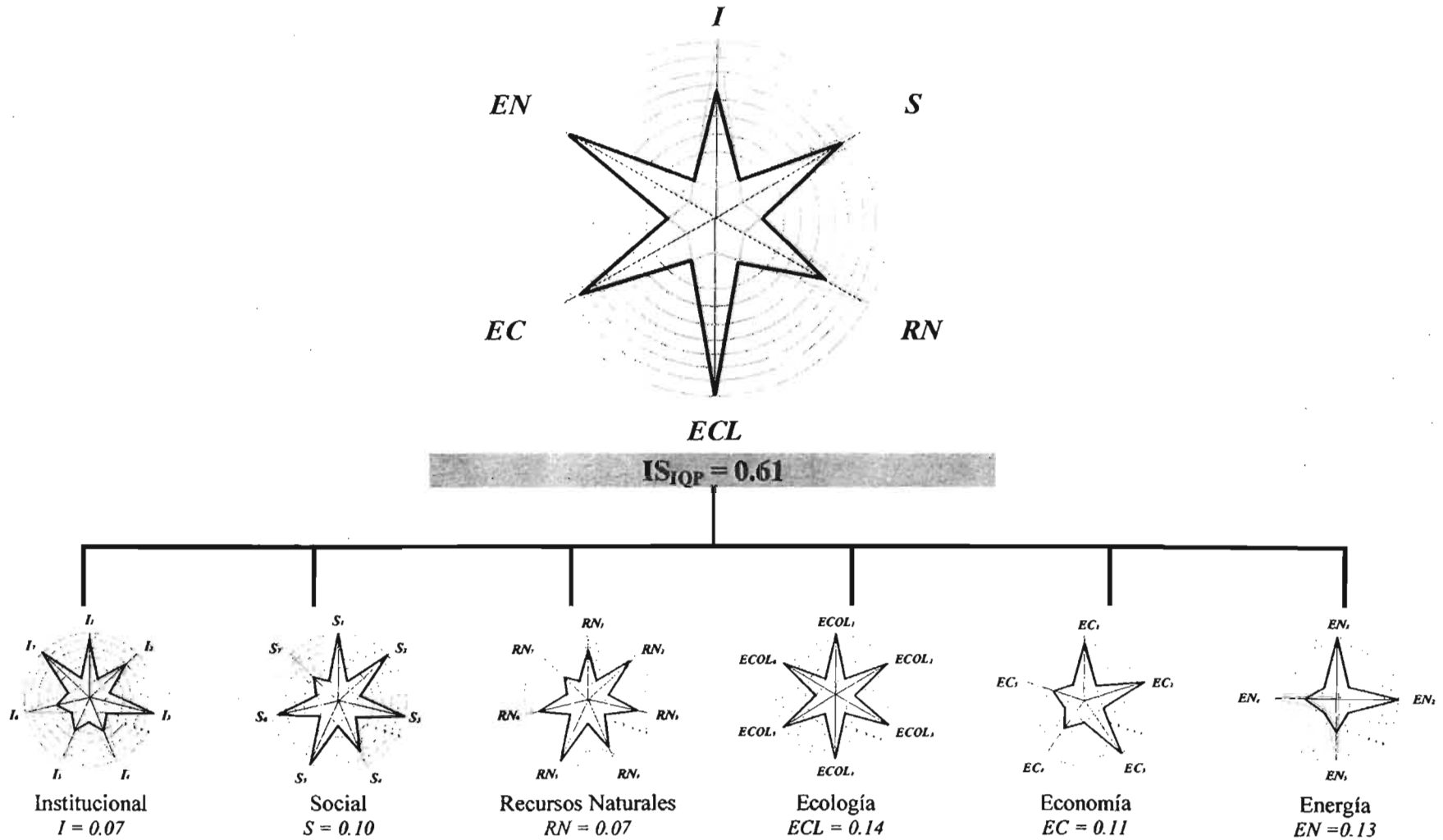
DIMENSIÓN	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD	$VA_p$	$FIG_j$	$(VA_p)(FIG_j)$	$PM(VF)$	$FI_p$	$[PM(VF)](FI_p)$
INSTITUCIONAL	Disponibilidad y número de tratados internacionales relacionados con el proyecto	4	0.14	0.57			
	Aplicabilidad de planes de desarrollo nacionales	3	0.14	0.43			
	Existencia de regulaciones locales	5	0.14	0.71			
	Incentivos fiscales para sustentabilidad	1	0.14	0.14			
	Respuesta empresarial a la normatividad local e internacional	1	0.14	0.14			
	Generación de investigación y desarrollo por necesidades del proyecto	1	0.14	0.14			
	Vínculos y donativos generados durante el proyecto para investigación y desarrollo	5	0.14	0.71	0.41	0.17	0.07
SOCIAL	Mejoramiento de infraestructura urbana (vías de comunicación)	5	0.14	0.71			
	Generación de infraestructura urbana (servicios comerciales)	5	0.14	0.71			
	Abastecimiento de agua a la comunidad por el proyecto	5	0.14	0.71			
	Propiciamiento ordenado de asentamientos humanos	3	0.14	0.43			
	Generación de empleos y derrama de capital por el proyecto	5	0.14	0.71			
	Intensidad de servicios médicos después del proyecto	4	0.14	0.57			
	Intensidad de centros educativos por el proyecto	1	0.14	0.14	0.57	0.17	0.10
RECURSOS NATURALES	Duración de reservas probables de minerales	3	0.14	0.43			
	Duración de reservas probables de hidrocarburos	4	0.14	0.57			
	Aportación de combustibles alternativos del proyecto a la agroindustria	3	0.14	0.43			
	Aportación de materiales fertilizantes del proyecto a la agroindustria	3	0.14	0.43			
	Alineación del proyecto con programas de irrigación	5	0.14	0.71			
	Intensidad de tala inmoderada como consecuencia del proyecto	3	0.14	0.43			
	Áreas protegidas naturales	1	0.14	0.14	0.45	0.17	0.07
ECOLOGÍA	Emisiones Contaminantes a la atmósfera	5	0.17	0.83			
	Calidad y cantidad de agua	5	0.17	0.83			
	Contaminación auditiva	5	0.17	0.83			
	Residuos industriales	5	0.17	0.83			
	Productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos	5	0.17	0.83			
	Afectaciones del proyecto a flora y fauna de la región	5	0.17	0.83	0.83	0.17	0.14
	Generación de divisas	4	0.20	0.80			
ECONOMÍA	Inversión extranjera directa	5	0.20	1.00			
	Tasa de crecimiento del PIB	5	0.20	1.00			
	Implementación de proyectos innovadores	1	0.20	0.20			
	Empresas dentro del: Dow Jones Sustainability Group Index	1	0.20	0.20	0.64	0.17	0.11
	Intensidad de integración energética en el sistema	5	0.25	1.25			
ENERGÍA	Nivel de cogeneración en el proceso	5	0.25	1.25			
	Consumo de energía alternativa en la producción	1	0.25	0.25			
	Aportación de energía eléctrica a la región	1	0.25	0.25	0.75	0.17	0.13
	<b>VALOR DEL <math>IS_{IQP} = 0.61</math></b>						

Fuente: Elaboración propia,  $PM(VF) = \text{PROMEDIO DE } \Sigma(VA_p)(FIG_j)$

Nota: el cálculo del  $IS_{IQP}$  se realizó en una hoja electrónica, por lo que la suma de los parciales en algunos casos no coinciden con el resultado total.



Figura 4.4. Representación gráfica del  $IS_{IQP}$  para el caso de estudio, Planta de Nitrógeno, "Atasta", Cd. Del Carmen, Campeche.



Fuente: Elaboración propia

# DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

## CÁPITULO 5

*En el presente capítulo, se desarrolla la segunda etapa de la Metodología Integral de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso (MISIQP) que corresponde a la evaluación económica de proyectos de inversión, la cual está diseñada en función de un criterio general, el cual es: que tanto o más importante que saber aplicar las herramientas financieras de cálculo de la rentabilidad de un proyecto de inversión, es de mayor importancia el saber previamente identificar y cuantificar correctamente todos los costos y beneficios que determinarán en definitiva, su real rentabilidad, situación que se cubre en su mayoría mediante el cálculo del ISIQP.*

### 5.1 Descripción de la metodología de evaluación económica de proyectos

Habiendo concluido la etapa de formulación del proyecto, en donde se demostró la sustentabilidad del mismo mediante el cálculo del ISIQP y a un mismo tiempo, al determinar mediante un estudio técnico realizado por un grupo interdisciplinario de especialistas, que el proyecto tecnológicamente no tiene impedimentos para llevarse a cabo, se concluye que existe un mercado potencial por cubrir.

El siguiente paso por realizar, es el estudio de evaluación económica, el cual tiene la finalidad de determinar cuál es el monto de recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo de operación de la planta (que abarque las funciones de producción, administración y comercialización) así como otra serie de indicadores, que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica.<sup>[42]</sup>

La información del estudio de mercado y los resultados de la evaluación técnica sirven de base para la elaboración de los presupuestos de inversión, de costos y gastos, que serán presentados en forma sistematizada en estados financieros proforma; es importante aclarar que la integración de los aspectos financieros maneja elementos y conceptos de contabilidad, pero no es esto propiamente, pues ésta se aplica sobre resultados por ejercicio y el estudio del proyecto se basa en proyecciones las cuales están sustentadas en supuestos económicos y financieros, sobre todo para empresas de nueva creación. Cuando la empresa ha operado antes

de formular los aspectos financieros de la nueva inversión se debe realizar un análisis financiero sobre los resultados contables y económicos que ha obtenido hasta la fecha, sentando las bases para pronosticar las tendencias que seguirá la empresa y poder realizar las proyecciones financieras.<sup>[43]</sup>

El estudio financiero y económico del proyecto comúnmente contiene las inversiones, el financiamiento, los presupuestos de operación y los estados financieros proforma. La formulación del proyecto termina con estos apartados y a su vez la evaluación se inicia con los mismos, por lo que representan un puente entre la formulación y evaluación del proyecto.

Los estados financieros son el producto sintético y final del proceso de registrar en forma exacta, sistemática y cronológica, de todas las operaciones de la unidad económica. Sin embargo para obtener los estados financieros proforma se procede de forma distinta. En este caso al no hacer registros, se parte del flujo de caja, que debe registrar los ingresos y sus fuentes, así como la salida de dinero (es decir su aplicación) y deberá elaborarse con base en los presupuestos de alguna estructura financiera y de los presupuestos de inversión, ingresos y gastos, tomando en cuenta también, el calendario de inversión y el programa de producción preestimados.

Con base a las conclusiones del estudio de mercado las cantidades y precios probables de venta se sintetizan en una serie cronológica proyectada. El producto obtenido de cantidades y precios permite ingresar el presupuesto de egresos del estudio financiero. De la misma manera el estudio técnico concluye con una función y un programa de producción, que permite integrar la función de costos del proyecto, que sirve de base para elaborar el presupuesto de egresos en el estudio financiero.

La conjunción de los presupuestos de ingresos y egresos del proyecto, y el presupuesto o programa de inversiones, sirven de base para determinar la estructura financiera más conveniente, y se está con ello en posibilidad de formular el flujo de efectivo, que permite elaborar los estados financieros proforma y la evaluación correspondiente. Sobre estos aspectos se basa la metodología de evaluación económica de proyectos.

En general la metodología de evaluación económica y en particular cada presupuesto, se pueden elaborar a precios corrientes o a precios constantes. Ambos tipos de precios son útiles, ya que con los precios corrientes se pueden prever situaciones relacionadas con la liquidez del proyecto, y con los precios constantes son la base para evaluar la rentabilidad.

Los precios corrientes son los precios de mercado o nominales. Se toman en un momento determinado para valorar los insumos y los productos del proyecto. Estos precios se ven afectados a futuro por las estimaciones del comportamiento de la inflación. En contraste, el uso de precios constantes supone, de manera implícita, que la inflación futura afectará de manera similar tanto a los precios de venta de producto como a los de adquisición de insumos, de tal forma que no habrá cambios de precios relativos entre ellos.

Alternativamente se puede utilizar precios constantes que contemplen variaciones discretas en el tiempo únicamente para un reducido grupo de insumos o de productos, lo cual supone que sí habrá modificaciones en los precios relativos para los productos, en estos casos es necesario establecer explícitamente las hipótesis correspondientes, ya que de otra manera se contará con pocos elementos para considerar la rentabilidad del proyecto.

## 5.2 Premisas económicas.

Antes de iniciar la evaluación económica como tal, es imprescindible el fijar las bases sobre las cuales se realizara el cálculo de rentabilidad, estas bases son denominadas premisas económicas. A continuación se enlistan las premisas económicas que generalmente son más utilizadas para la evaluación de un proyecto de la industria química y de proceso.

- 1 Horizonte de planeación del proyecto: Duración del proyecto (años) en su etapa preoperativa y operativa.
  - i) Etapa preoperativa: Se define desde el momento de la adjudicación del contrato hasta la fecha de recepción de los trabajos, las partes que le componen son las etapas de estudios, construcción y cierre.
  - ii) Etapa operativa: Se define desde la fecha de recepción de los trabajos y los años en que fiscalmente se considere el tiempo de vida de los equipos e instalaciones de la planta, para proyectos del sector público debe considerarse 15 años como mínimo<sup>[44]</sup>.
- 2 Fecha a la que se referirá el VPN
- 3 Establecer la moneda en la que se realizará el estudio y el tipo de cambio
- 4 Tasa de descuento y/o interés: En el cálculo del valor presente neto se debe utilizar como tasa de descuento ( $i$  en la ecuación 6) la tasa de descuento para proyectos del sector público es de 12%<sup>[44]</sup> 1/.
- 5 Pago de impuestos
  - i) Reparto de Utilidades: El 10% de la Utilidad Bruta<sup>[45]</sup>.
  - ii) Impuesto Sobre la Renta: Se debe de descontar un 32% sobre la Utilidad Bruta, cuando esta sea positiva y del 2% sobre el monto de la procura cuando no lo sea<sup>[45]</sup>.
  - iii) Depreciación: Se debe considerar lineal sobre el monto total de inversión de los activos fijos sobre el monto de activos fijos con excepción del terreno<sup>[45]</sup>.
  - iv) Amortización: Se debe considerar lineal sobre el monto total de inversión de los activos diferidos<sup>[45]</sup>.
- 6 Programa de erogaciones: Durante la etapa de construcción los devengados deberán estar alineados con la programación preexistente de la contratista, en caso de no contar con el programa, es recomendable aplicar una distribución de una campana de Gauss.
- 7 Curva de aprendizaje: Se debe considerar en los primeros años una operación con una curva de aprendizaje de 60%, 90% y 100% de la capacidad de diseño (esto corresponde a los años 1,2 y 3 de la fase operativa). A partir del tercer año, la operación de la planta será al 100% de su capacidad de diseño.
- 8 Valor de rescate: Considerarlo igual a cero, ya que la metodología planteada se trata de una evaluación económica con fines de dictaminar la factibilidad económica de realizarse el proyecto.
- 9 Factor de operación de la planta: Días al año en que la planta opera continuamente sin parar, para proyectos de la industria química y de proceso se considera un factor de 0.9 que equivale a operar 330 días al año.

1/ En caso de evaluarse un proyecto que no pertenezca al sector público se recomienda calcular la tasa de descuento como: el promedio ponderado de capital.

### 5.3 Secuencia de cálculo del estudio financiero

Los presupuestos son planes formales escritos en términos monetarios. Determinan la trayectoria futura que se piensa seguir o lograr para algún aspecto del proyecto, como pueden ser las ventas, los costos de producción, los gastos de administración y ventas, los costos financieros, etc.<sup>[46]</sup>

Otra forma de definir los presupuestos en el contexto del proyecto de inversión es: cuantificación monetaria de las operaciones a futuro, teniendo como marco de referencia las premisas económicas (figura 5.1). Persigue el propósito de mostrar una visión objetiva de los movimientos de ingresos y egresos que se generan al realizar la ejecución, puesta en marcha y operación del proyecto.

Figura 5.1 Presupuestos para la elaboración del estudio financiero

PRESUPUESTOS	DE INVERSIÓN	FJA DIFERIDA CAPITAL DE TRABAJO
		PRODUCTO (S) PRINCIPAL (ES) SUBPRODUCTO (S) OTRO (S)
	DE EGRESOS	COSTOS DE PRODUCCIÓN GASTOS DE ADMINISTRACIÓN GASTOS DE VENTA GASTOS FINANCIEROS
	DE IMPUESTOS	

Fuente: Nacional Financiera, "Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión"

I Presupuesto de inversión: Este presupuesto está integrado por el conjunto de erogaciones que es necesario realizar para conformar la infraestructura física e intangible que le permitirá al proyecto transformar un conjunto de insumos en un producto determinado y esta integrado de los siguientes rubros:

i) Inversión fija: Este presupuesto está formado por todos aquellos bienes tangibles que es necesario adquirir inicialmente y durante la vida útil del proyecto, para cumplir con las funciones de producción, comercialización y distribución de los productos a obtener. Los principales rubros que lo integran son:

- ❖ Terreno
- ❖ Maquinaria y equipo principal
- ❖ Equipo auxiliar o complementario
- ❖ Equipo de transporte y manejo de carga
- ❖ Mobiliario de oficina y equipo de comunicación
- ❖ Instalaciones complementarias
- ❖ Servicios auxiliares
- ❖ Edificios u obra civil
- ❖ Contingencias

Métodos de estimado de inversión fija: Existen cinco métodos para preparar un estimado de inversión de una planta química y/o de proceso, la exactitud de los estimados se incrementa del método 1 al 5, requiriendo también de un mayor detalle de información y tiempo para realizarlo conforme se avanza en los métodos (Figura 5.2).

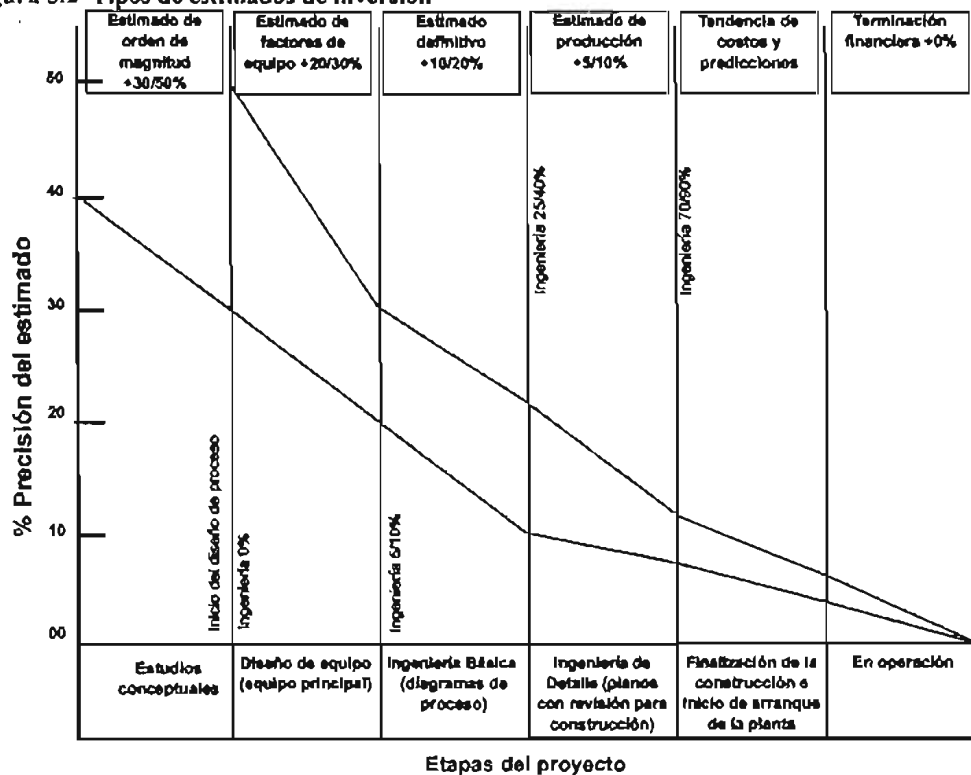
- Costo por unidad de producto producido: Asume una relación lineal entre los costos de la planta y su capacidad. Este método es aplicable únicamente cuando se comparan plantas similares y teniendo capacidades dentro de un rango muy cercano a la capacidad de referencia, aproximadamente en un ±30%.
- Curvas de capacidad o la regla del factor de los seis décimos: Este método de aproximación toma en cuenta los factores de escala. De acuerdo con la regla si el costo de la planta A (con su respectiva capacidad A) es conocido, entonces el costo de una planta similar B puede ser aproximadamente determinado al multiplicar la relación de capacidades elevada a la 0.6 por el costo de la planta de referencia, matemáticamente se representa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CostoB = \left( \frac{CapacidadB}{CapacidadA} \right)^{0.6}$$

Esta ecuación genera una curva logarítmica. Las curvas de costo/capacidad están disponibles para los procesos más comunes de hidrocarburos.

- Ajuste de costos de un proyecto ya conocido: Este es el mejor método para preparar un estimado preliminar cuando los costos (de una planta similar que recientemente ha sido terminada). Los costos existentes pueden ser ajustados de una forma general o bien detallada y así utilizarse en alguno de los otros métodos. Cuando se trabaja sobre un nuevo estimado a partir de los costos existentes se procede a identificar las principales diferencias entre el propuesto para la planta y el previo de la planta. Las correcciones se hacen también sobre los costos de escalación.

Figura 5.2 Tipos de estimados de inversión



Fuente: Elaboración propia

- ↘ *Estimado de los equipos principales y factores de materiales y servicios:* Es el método más exacto para determinar un estimado preliminar para una nueva planta, sin disponer de los costos actuales de la planta. En este punto se diseñan los equipos, determinando su capacidad y tamaño. Los equipos son estimados individualmente y los otros costos son determinados en función de los costos de los equipos. Este método es un estimado importante para el propietario y para la compañía que lo realice.
  - ↘ *Estimado detallado a partir de las entradas y salidas de los diagramas de flujo y sus especificaciones:* Este método deja de ser una simple estimación y se convierte en la determinación de un costo real de la inversión de la planta, por lo cual se requiere que la ingeniería lleve un avance considerable, para así determinar las dimensiones finales de los equipos, adicionalmente se tiene que cuantificar todos los materiales tales como tubería, eléctrico, pintura, aislamiento, pintura, instrumentación, civil, datos que serán provistos de los diagramas de instrumentación y líneas, diagrama de flujo de proceso, planos eléctricos, civiles, entre otros. Adicionalmente se debe incluir un estimado de horas hombre que también se cuantificara en costo.
- ii) *Inversión diferida:* La inversión diferida se integra con todas las erogaciones para llevar a cabo la inversión del proyecto, desde el surgimiento de la idea hasta su ejecución y puesta en marcha. Entre los conceptos principales se encuentran:
- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| ❖ Pagos por estudios de preinversión          | ❖ Asesoría y supervisión           |
| ❖ Constitución y manifestación de la sociedad | ❖ Gastos preoperativos de arranque |
| ❖ Patentes y marcas                           | ❖ Gastos financieros preoperativos |
| ❖ Capacitación del personal                   | ❖ Estudios                         |

Un ejemplo de cómo puede estimarse la inversión fija es mediante porcentajes del costo total de los equipos, o inversión dentro de límites de batería<sup>[49]</sup>:

- ❖ Gastos legales y de constitución 3%
- ❖ Gastos preoperativos 30%
- ❖ Costos de ingeniería y supervisión 25%
- ❖ Trabajos de construcción 30%

- iii) *Capital de trabajo:* Se refiere a los recursos requeridos por la empresa para operar en condiciones normales y por el tiempo que resulte necesario en tanto los ingresos son suficientes para sufragar los gastos totales, bajo este concepto se consideran todos los bienes del activo circulante inicial del proyecto, como son: efectivo en caja y bancos, inventarios de materias primas, insumos auxiliares, inventario de productos en proceso y terminado, y contingencias, así como el efectivo suficiente para sufragar la producción que se venderá a crédito; además se integrarán las cuentas por cobrar hasta que se conviertan otra vez en efectivo.

El capital de trabajo se determina sumando el valor de los inventarios de materias primas, productos en proceso, productos terminados, efectivo en caja y cuentas por cobrar y restando a esta suma el monto de las cuentas por pagar.

iv) *Cronograma de inversiones o programa de erogaciones:* Se realiza con base en el calendario de ejecución y puesta en marcha del proyecto y en los presupuestos de los estimados de inversión fija, diferida y el capital de trabajo. Debe incluir las fechas estimadas para la realización del proceso de inversión del proyecto a fin de identificar la interrelación entre las diversas fases para lograr una óptima planeación de inversiones y a su vez una asignación de recursos oportunos y suficientes.

$$\text{Presupuesto de inversión} = \text{Inversión fija} + \text{Inversión diferida} + \text{Capital de trabajo} \quad (\text{ec. 1})$$

II *Presupuesto de operación:* Se forma a partir de los ingresos y egresos de operación, su objetivo es pronosticar un estimado de las entradas y salidas monetarias de la empresa, durante uno o varios periodos, mismos que están en relación directa con la vida útil del proyecto. Su elaboración debe estar fundamentada en los resultados y/o conclusiones obtenidas en el estudio de mercado y en el estudio técnico.

II.I) *Presupuesto de ingresos:* Contiene volumen, precio y valor de las ventas, tanto para el producto principal como para los subproductos obtenidos. La integración de este presupuesto se estructura de la siguiente manera:

Descripción	Unidad	Unidades Día operación	Unidades Año	$\frac{\text{U.S.S}}{\text{Unidad}}$	$\frac{\text{U.S.S}}{\text{Año}}$
Producto			(1)		
Subproducto <sub>1</sub>					
Subproducto <sub>2</sub>					

<sup>(1)</sup> Utilizar el factor de servicio de la planta

En donde los volúmenes de productos y subproductos deben anualizarse y multiplicarse por sus respectivos precios para obtener los ingresos totales anuales. Es importante tener en cuenta que los precios de los productos estén alineados con las unidades en que se reporten los volúmenes de producción. Con respecto al precio de los productos se recomienda que para fines de prefactibilidad se utilicen precios constantes durante todo el horizonte de planeación del proyecto.

II.II) *Presupuesto de egresos:*

*Costos de producción:* Son todas las erogaciones que están directamente relacionadas con la producción y se dividen en costos directos y costos indirectos.

i) *Costos directos:* Son aquellos que están directamente involucrados en la elaboración y venta del producto final, por ello varían en proporción directa al volumen de producción. Son la parte del costo que se aplica directamente a la producción de bienes. Los principales rubros que lo componen son:



- ❖ Materia (s) Prima (s)
- ❖ Mano de obra de operación y supervisión
- ❖ Servicios Auxiliares
- ❖ Sustancias Químicas
- ❖ Catalizadores
- ❖ Mantenimiento Correctivo
- ❖ Suministros de Operación
- ❖ Regalías

Los costos directos se obtienen, para cada periodo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Costos directos} = \text{Costo materia prima} + \text{Costo catalizadores y sustancias químicas} \\ + \text{Costo de servicios auxiliares} \quad (\text{ec. 2})$$

ii) *Costos indirectos*: Son aquellos que se generan como consecuencia de la operación de la empresa, indirectamente del volumen de producción de la planta. Los principales rubros que lo componen son:

- ❖ Materiales indirectos: repuestos de máquinas, útiles de aseo, combustibles y lubricantes, etc.
- ❖ Mano de obra indirecta: técnicos, empleados, supervisores, etc.
- ❖ Gastos indirectos: rentas, mantenimiento preventivo, ventas, etc.

$$\text{Costos indirectos} = \text{Costos de operación} + \text{Gastos Fijos} \quad (\text{ec. 3})$$

$$\text{Costos de producción: Costos directos} + \text{Costos indirectos} \quad (\text{ec. 4})$$

iii) *Depreciación y amortización*: La tasa de depreciación a considerar es la resultante del inverso de número de años de la etapa operativa del proyecto ( $n$ ), la depreciación se realiza sobre los activos fijos con excepción del terreno y la amortización se realiza sobre los activos diferidos

$$\text{Depreciación y amortización} = \text{Monto total de la Procura del contrato de obra} * (1/n) \\ (\text{ec. 5})$$

iv) *Costos financieros*: Tiene relación con la organización de la empresa que habrá de apoyar su materialización, la forma de aportación del capital determinará en parte el financiamiento y también la estructura social de la empresa.

El estudio del financiamiento del proyecto debe incluir:

- ❖ Análisis de las fuentes de recurso económicos
- ❖ Los mecanismos para conseguir dichos recursos
- ❖ Los requisitos que son necesarios para obtener los recursos previstos de las fuentes consideradas y su viabilidad
- ❖ Información proveniente de las instituciones de crédito que señalen la disponibilidad de recursos económicos para el proyecto

$$\text{Utilidad Antes de Impuestos} = \text{Presupuesto de ingresos} - \text{Costos de producción} - \\ \text{Depreciación y amortización} - \text{Costos financieros} \\ (\text{ec. 6})$$

### III Presupuesto de impuestos:

i) *Impuesto Sobre la Renta:* El monto de los impuestos sobre el concepto de Utilidad Antes de Impuestos para cada año se obtiene de la siguiente forma.

$$\text{Impuesto Sobre la Renta} = (\text{Tasa impositiva}/100) * \text{Utilidad Antes de Impuestos} \quad (\text{ec. 7})$$

Se debe aplicar una tasa impositiva del 34% de impuesto sobre la utilidad bruta, cuando esta sea positiva, y del 2% sobre el monto de la procura, cuando no lo sea.

ii) *Reparto de utilidades:* El monto del reparto de utilidades para cada año se obtiene de la siguiente forma.

$$\text{Reparto de utilidades} = (\text{Porcentaje de utilidades}) * \text{Utilidad Antes de Impuestos} \quad (\text{ec. 8})$$

Se debe aplicar un porcentaje de utilidades del 10% sobre la utilidad bruta. No habrá reparto de utilidades cuando la utilidad bruta sea negativa.

IV Estados Financieros Proforma: Son el producto sintético y final del proceso de registrar la forma exacta, sistemática y cronológica de todas las operaciones de una entidad económica. Tienen como objetivo pronosticar un panorama futuro del proyecto y se elaboran a partir de los presupuestos estimados de cada uno de los rubros que intervienen desde la ejecución del proyecto hasta su operación. Los estimados financieros proforma más representativos para el proyecto son:

- ❖ Estado de Resultados
- ❖ Flujos Netos de Efectivo

Las bases para la elaboración de los Estados Financieros Proforma:

1. Elaboración del programa de inversión total, es decir la inversión fija, diferida y capital de trabajo.
2. Determinación de la estructura financiera del proyecto
3. Determinación de las fuentes y condiciones del financiamiento
4. Estimación de los ingresos y egresos del proyecto

i) *Estados de Resultados:* su finalidad es mostrar los resultados económicos de la operación prevista del proyecto para los periodos subsecuentes. Se elaboran efectuando la suma algebraica de los ingresos menos los egresos estimados. Tienen gran importancia para los directores de la empresa, ya que informa sobre las actividades fundamentales de cualquier entidad económica, tales como los ingresos derivados de bienes o servicios, el costo de estos, los gastos necesarios para su distribución y de los servicios generales como personal, contabilidad, etc. durante un periodo específico.

$$\text{Utilidad Después de Impuestos} = \text{Utilidad Antes de Impuestos} - \text{Impuestos Sobre la Renta} - \text{Reparto de Utilidades} \quad (\text{ec. 9})$$

- ii) *Flujo Neto de Efectivo*: Es el flujo de efectivo correcto para medir el valor de un proyecto o una empresa, ya que muestra el flujo generado que se encuentra disponible para todos los proveedores de capital, tanto acreedores como accionistas.

$$\text{Flujo Neto de efectivo} = \text{Utilidad Después de Impuestos} + \text{Depreciación y amortización} - \text{Inversión Inicial} \quad (\text{ec. 10})$$

#### 5.4 Secuencia de cálculo de la evaluación económica

Evaluar o valuar es medir, asignar valor, tasar, comparar, racionalizar. Bajo la serie de sinónimos anotados se enmarca la evaluación de proyectos, que lleva a decisiones, tanto en la política del desarrollo, como en los demás campos de la asignación de los fondos.<sup>[43]</sup>

El responsable de la evaluación o la toma de decisiones, necesita disponer de información sobre el proyecto o asunto a evaluar y los resultados de la medición que se lleva a cabo. Cuando más fidedigna, válida y precisa sea la información disponible, mayor será la probabilidad de obtener los parámetros, los fines y los medios del proyecto en estudio.

La evaluación sobre un sistema de información que permite opinar en relación al rendimiento, la racionalidad y la eficiencia en la asignación de inversiones, así como acerca de los efectos que provocan los factores mencionados.

Con referencia al ciclo de vida del proyecto, la evaluación debe entenderse como la explotación sistemática de la eficiencia de las distintas etapas del proyecto. En general se puede afirmar que el proyecto será evaluado como eficiente si va logrando los fines previstos para los cuales fue creado, en tal forma que optimice la relación entre los medios de que se dispone y sus fines.

La forma de cuantificar todo lo antes expuesto es mediante el cálculo de indicadores económicos, los cuales en su conjunto señalarán en forma práctica si el proyecto obtendrá pérdidas o ganancias, a continuación se describen los indicadores más relevantes para la toma de decisiones:

*V Valor Presente Neto (VPN)*: Es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comprobar si el proyecto representa un incremento en la riqueza de la empresa. Matemáticamente el VPN se puede expresar de la siguiente manera:

$$VPN = -F_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (\text{ec. 11})$$

donde:

- $F_t$  = Flujo de efectivo en el periodo  $t$
- $n$  = Número de periodos de la vida del proyecto
- $i$  = Tasa de descuento
- $t$  = Subíndice de tiempo (periodo evaluado)

**VI Tasa Interna de Retorno (TIR):** Es la tasa de actualización que iguala el valor presente neto de los ingresos totales con el valor presente de los egresos totales de un proyecto en estudio.

$$VPN = 0 = -F_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (\text{ec. 12})$$

Como se aprecia es un proceso iterativo en donde la ecuación debe igualarse con cero, se sugiere que la primera iteración se realice con  $i$  igual a la tasa de descuento.

**VII Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI):** Consiste en establecer un periodo máximo para recuperar las inversiones. El criterio de decisión es aceptar aquellos proyectos cuya recuperación se realiza en un periodo menor al máximo establecido.

**VIII Índice de rentabilidad (IR):** Es la relación entre el VPN y el valor presente de la inversión, y su significado es cuantas unidades monetarias se obtienen por cada unidad monetaria invertida.

**LX Análisis de sensibilidad:** Generalmente existe un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas estudiadas de ahí que los tomadores de decisiones rara vez se conforman con los resultados simples de un análisis. Les interesa un rango completo de posibles resultados que pueden ocurrir como consecuencia de variaciones en las estimaciones de los parámetros del proyecto. Los análisis de sensibilidad más comunes es el verificar la variación que tiene los indicadores económicos al variar: el monto de inversión, el periodo de construcción de la planta, la variación en el precio de las materias primas y productos entre otros.

## 5.5 Evaluación económica del caso de estudio

A continuación se aplica la metodología de evaluación económica al caso de estudio: Planta de Nitrógeno, "Atasta", Cd. del Carmen, Campeche, a fin de obtener los indicadores económicos para verificar el grado de rentabilidad económica de la implementación del proyecto. Cabe aclarar, que las premisas económicas sobre las cuales se realizó el análisis económico, corresponden a las que estuvieron vigentes en el año de 1998 pues la intención es evaluar el proyecto en su etapa de factibilidad.

### I Presupuesto de inversión.

$$\text{Presupuesto de inversión} = \text{Inversión fija} + \text{Inversión diferida} + \text{Capital de trabajo} \quad (\text{ec. 1})$$

- i,ii) *Inversión fija + Inversión diferida*: La inversión estimada para el proyecto fue de 1,000 millones de dólares<sup>[27, 47]</sup> para obtener una capacidad de planta de 33.98 Mm<sup>3</sup>/d (1,200 MMPCSD), en 3 a 6 módulos de operación, el alcance del proyecto fue diseñar, construir, equipar, probar, operar y dar mantenimiento a la planta, así como a sus instalaciones asociadas.

El proyecto se compone de 2 elementos principales:

- La planta de Nitrógeno (PN<sub>2</sub>).
  - El sistema de entrega de Nitrógeno (2 líneas de 36" de diámetro).
    - Un ducto de Nitrógeno de aproximadamente 80 kilómetros el cual conectará la planta con la plataforma de entrega ubicada en el Campo Cantarell.
    - Un ducto lateral de Nitrógeno de aproximadamente 10 kilómetros que correrá de la planta al punto de interconexión del ducto de PEP.
- iii) *Capital de trabajo*: Se estimó como un mes del costo total en efectivo de producción.

- iv) *Programa de erogaciones*:

Fecha	Desembolso USD	Fecha	Desembolso USD	Fecha	Desembolso USD
31-Ene-98	\$25,479,452	31-Ene-99	\$33,698,630	31-Ene-00	\$26,027,397
28-Feb-98	\$23,013,699	28-Feb-99	\$30,684,932	29-Feb-00	\$23,835,616
31-Mar-98	\$25,479,452	31-Mar-99	\$33,972,603	31-Mar-00	\$25,479,452
30-Abr-98	\$24,657,534	30-Abr-99	\$32,876,712	30-Abr-00	\$24,657,534
31-May-98	\$25,479,452	31-May-99	\$33,972,603	31-May-00	\$25,479,452
30-Jun-98	\$24,657,534	30-Jun-99	\$32,876,712	30-Jun-00	\$24,657,534
31-Jul-98	\$25,479,452	31-Jul-99	\$33,972,603	31-Jul-00	\$25,479,452
31-Ago-98	\$25,479,452	31-Ago-99	\$33,972,603	31-Ago-00	\$25,479,452
30-Sep-98	\$24,657,534	30-Sep-99	\$32,876,712	30-Sep-00	\$24,657,534
31-Oct-98	\$25,479,452	31-Oct-99	\$33,972,603	31-Oct-00	\$25,479,452
30-Nov-98	\$24,657,534	30-Nov-99	\$32,876,712	30-Nov-00	\$24,657,534
31-Dic-98	\$25,479,452	31-Dic-99	\$33,972,603	31-Dic-00	\$45,971,050

## II *Presupuesto de operación*:

### II.1) *Presupuesto de ingresos*:

Descripción	Unidad	Unidades Día operación	Unidades Año	USD* Unidad	USD Año
Nitrógeno	Ton	40,000	14,600,000	\$97.20	\$1,064,215,570
					\$1,064,215,570

\*El precio del Nitrógeno se tomó de los "Precios Interorganismos" de PEMEX.

*II.II) Presupuesto de egresos:**Costos de Producción**i) Costos directos*

$$\text{Costos directos} = \text{Costo materia prima} + \text{Costo catalizadores y sustancias químicas} + \text{Costo de servicios auxiliares} \quad (\text{ec. 2})$$

*Materias Primas*

Descripción	Unidad	Unidades Día operación	Unidades Año	USD* Unidad	USD Año
Gas natural	MMBtu	138,300	50,974,500	\$3.50	\$176,678,250
					\$176,678,250

\*El precio del Gas Natural se tomó de los "Precios Interorganismos" de PEMEX.

*Servicios Auxiliares*

Descripción	Unidad	Unidades hr	Unidades Año	USD* Unidad	USD Año
Vapor de baja presión	Ton	-28.9900	-253,952	\$12.3866	(\$3,145,607)
Vapor alta presión	Ton	43.0000	376,680	\$18.4386	\$6,945,452
Condensado media presión	m3	6.4600	56,590	\$2.0000	\$113,179
Agua de caldera	m3	19.0000	166,440	\$0.9867	\$164,226
Agua cruda	m3	11.4205	100,044	\$0.7673	\$76,764
Agua de enfriamiento	m3	227.8068	1,995,588	\$0.0338	\$67,451
Gas combustible	MMBtu	96.0317	841,238	\$3.5000	\$2,944,333
Condensado de b. p.	m3	-43.0000	-376,680	\$1.4000	(\$527,352)
					\$6,638,447

\*\*El precio de los servicios auxiliares se tomó de los "Precios Interorganismos" de PEMEX.

*Sustancias Químicas*

Descripción	Unidad	Unidades Día operación	Unidades Año	USD Unidad	USD Año
Alúmina Activada	Kg	662.73	218,700	\$1.11	\$242,976
					\$242,976

\*El precio de la alúmina activada se tomó de los "Precios interorganismos" de PEMEX.

*ii) Costos indirectos:*

$$\text{Costos indirectos} = \text{Costos de operación} + \text{Gastos Fijos} \quad (\text{ec. 3})$$

*Mano de obra directa:*

Descripción	Cantidad	\$ Año	USD Año
Encargado A de plantas	2	123,153.66	\$246,307
Oper. Espec. de Ptas.	6	\$98,887.11	\$593,323
Operador de 1a. Ptas.	10	\$91,540.46	\$915,405
Operador de 2a. Ptas.	15	\$87,635.38	\$1,314,531
Ayudante especialista op.	10	\$83,234.62	\$832,346
Obrero gral.	15	\$63,814.54	\$957,218
		M.N. \$	\$5,271,845
		U.S. \$	\$615,870

*Supervisión técnica:*

Descripción	Cantidad	\$ Año	USD Año
Ing. de Mtto. Mec.	1.5	\$259,167.95	\$388,752
Ing. de Mtto. Elec.	1.5	\$259,167.95	\$388,752
Ing. de Mtto. Civil	1.5	\$259,167.95	\$388,752
Ing. de Mtto. Inst.	1.5	\$259,167.95	\$388,752
Ing. de Seg. Ind.	1.5	\$259,167.95	\$388,752
Ing. Turno 42 Hrs.	3.0	\$259,167.95	\$777,504
		M.N. \$	\$2,721,263
		U.S. \$	\$317,905

*Administración:*

Descripción	Cantidad	\$ Año	USD Año
Coordinador operación	3	\$383,268.57	\$1,149,806
Coordinador Mtto.	3	\$383,268.57	\$1,149,806
Jefe Sector operación	3	\$315,974.40	\$947,923
Jefe Sector de Mtto.	3	\$315,974.40	\$947,923
		M.N. \$	\$4,195,458
		U.S. \$	\$490,124

Costos de producción : Costos directos + Costos indirectos (ec.4)

DESCRIPCIÓN	Año 1 01-Ene-02	Año 2 01-Ene-03	Año 3 01-Ene-04	Año 4 01-Ene-05	Año 5 01-Ene-06	Año 6 01-Ene-07	Año 7 01-Ene-08	Año 8 01-Ene-09	Año 9 01-Ene-10	Año 10 01-Ene-11
<b>2) Costos Directos</b>	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672
Materias Primas	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250
Catalizadores y Sustancias Químicas	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976
Servicios Auxiliares	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447
<b>3) Costos de Operación</b>	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898
Administración	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124
Operación (Mano de obra directa)	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870
Supervisión Técnica	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905
Mantenimiento (Material y Mano de Obra)	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000
<b>3) Gastos Fijos</b>	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288
Seguros	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534
Fijos directos	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754
Seguro, Impuesto Sobre la Propiedad	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000
<b>4) Costo Total en Efectivo de Producción</b>	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858
<b>5) Depreciación y amortización</b>	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667
<b>iv) Costos financieros*</b>										
<b>Costo Total de Producción</b>	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525

\*No se considera financiamiento para la realización del proyecto

Nota: Valores en USD.



## Costos de Producción (cont)

DESCRIPCIÓN	Año 11 01-Ene-12	Año 12 01-Ene-13	Año 13 01-Ene-14	Año 14 01-Ene-15	Año 15 01-Ene-16
<b>2) Costos Directos</b>	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672	\$183,559,672
Materias Primas	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250	\$176,678,250
Catalizadores y Sustancias Químicas	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976	\$242,976
Servicios Auxiliares	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447	\$6,638,447
<b>3) Costos de Operación</b>	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898	\$31,423,898
Administración	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124	\$490,124
Operación (Mano de obra directa)	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870	\$615,870
Supervisión Técnica	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905	\$317,905
Mantenimiento (Material y Mano de Obra)	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000
<b>3) Gastos Fijos</b>	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288	\$44,066,288
Seguros	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534	\$20,425,534
Fijos directos	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754	\$640,754
Seguro, Impuesto Sobre la Propiedad	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000	\$23,000,000
<b>4) Costo Total en Efectivo de Producción</b>	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858	\$259,049,858
<b>5) Depreciación y amortización</b>	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667	\$66,666,667
<b>iv) Costos financieros*</b>					
<b>Costo Total de Producción</b>	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525	\$325,716,525

\*No se considera financiamiento para la realización del proyecto  
Nota: Valores en USD.

## III y IV Presupuesto de impuestos y Estados Financieros Proforma:

## i) Estados de Resultados

CONCEPTO	Año 1 01-Ene-02	Año 2 01-Ene-03	Año 3 01-Ene-04	Año 4 01-Ene-05	Año 5 01-Ene-06	Año 6 01-Ene-07	Año 7 01-Ene-08	Año 8 01-Ene-09	Año 9 01-Ene-10	Año 10 01-Ene-12
Ingresos	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570
Costo en efectivo de producción	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858
Utilidad de operación	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712	805,165,712
Depreciación y amortización	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667
Costos financieros										
6) Utilidad Antes de Impuestos	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045	738,499,045
7) I. S. R.	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695	236,319,695
8) P. T. U.	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905	73,849,905
9) Utilidad Después de Impuestos	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446	428,329,446

Nota: Valores en USD.

*Estado de resultados (cont)*

CONCEPTO	Año 11 01-Ene-02	Año 12 01-Ene-03	Año 13 01-Ene-04	Año 14 01-Ene-05	Año 15 01-Ene-06
Ingresos	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570	1,064,215,570
Costo en efectivo de producción	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858	259,049,858
<b>Utilidad de operación</b>	<b>805,165,712</b>	<b>805,165,712</b>	<b>805,165,712</b>	<b>805,165,712</b>	<b>805,165,712</b>
Depreciación y amortización	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667	66,666,667
Costos financieros					
<b>6) Utilidad Antes de Impuestos</b>	<b>738,499,045</b>	<b>738,499,045</b>	<b>738,499,045</b>	<b>738,499,045</b>	<b>738,499,045</b>
<b>7) I. S. R.</b>	<b>236,319,695</b>	<b>236,319,695</b>	<b>236,319,695</b>	<b>236,319,695</b>	<b>236,319,695</b>
<b>8) P. T. U.</b>	<b>73,849,905</b>	<b>73,849,905</b>	<b>73,849,905</b>	<b>73,849,905</b>	<b>73,849,905</b>
<b>9) Utilidad Después de Impuestos</b>	<b>428,329,446</b>	<b>428,329,446</b>	<b>428,329,446</b>	<b>428,329,446</b>	<b>428,329,446</b>

Nota: Valores en USD.

*ii) Flujo Neto de Efectivo*

Del Año	Fecha	Ingreso	Costo Total en Efectivo de Producción	Retorno del Capital de Trabajo	I.S.R. / IMP.ACT.	P.T.U.	10) Flujo de Efectivo (después de impuestos)
2002	01-Ene-02	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2003	01-Ene-03	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2004	01-Ene-04	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2005	01-Ene-05	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2006	01-Ene-06	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2007	01-Ene-07	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2008	01-Ene-08	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2009	01-Ene-09	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2010	01-Ene-10	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2011	01-Ene-11	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2012	01-Ene-12	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2013	01-Ene-13	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2014	01-Ene-14	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2015	01-Ene-15	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$0	\$236,319,695	\$73,849,905	\$494,996,113
2016	01-Ene-16	\$1,064,215,570	\$259,049,858	\$21,587,488	\$236,319,695	\$73,849,905	\$516,583,601

Nota: Valores en USD.

Cálculo de Indicadores Económicos

V Valor Presente Neto

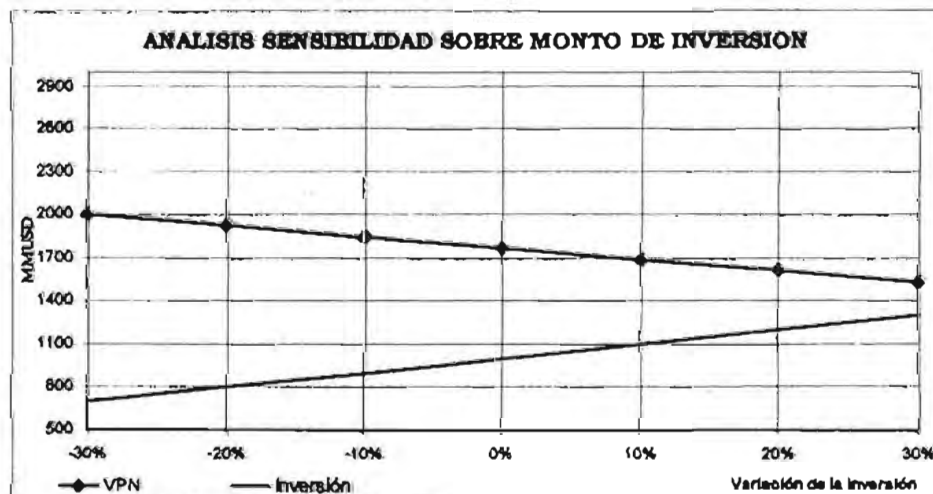
Inicio del Proyecto	01-Ene-98
Periodo de Construcción	36 meses
Inicio de Operaciones	01-Ene-01
Horizonte del Proyecto	15 años
Tasa de Interés Anual	10%

	Después de Impuestos	
Capital de Trabajo	21,587,488	U.S.\$
Inversión Total	1,000,000,000	U.S.\$
Valor Presente Neto	1,771,355,655	U.S.\$
Valor Presente de la Inversión	802,239,554	U.S.\$
Índice de Rentabilidad (VPN/VPI)	2.21	
Tasa Interna de Retorno	31.38%	
Periodo de Recuperación de la Inversión	2 Años, 1 Mes	

IV Análisis de sensibilidad

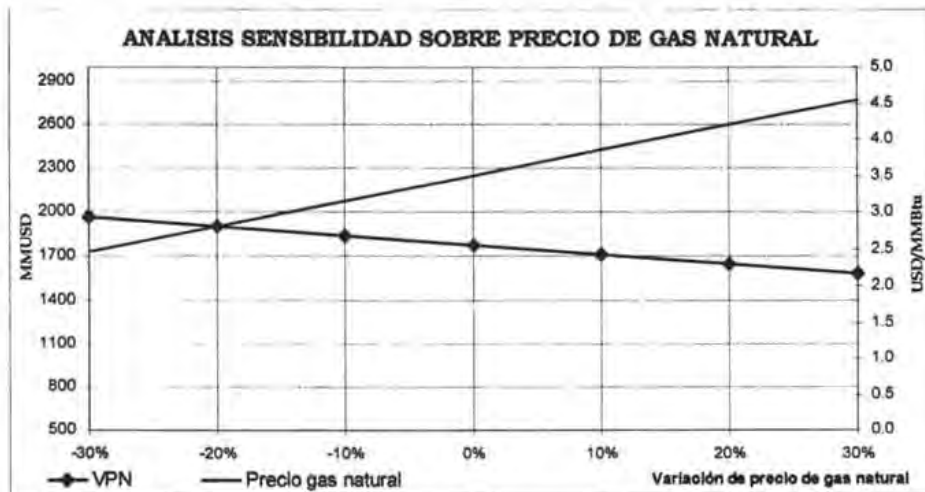
i) Inversión

Variación	Inversión(MM USD)	VPI(MMUSD)	VPN(MMUSD)	TIR (%)	VPN/VPI
-30%	700	566	2,008	40.39	3.55
-20%	800	645	1,929	36.85	2.99
-10%	900	723	1,850	33.89	2.56
0%	1,000	802	1,771	31.38	2.21
10%	1,100	881	1,693	29.21	1.92
20%	1,200	960	1,614	27.30	1.68
30%	1,300	1,038	1,535	25.62	1.48



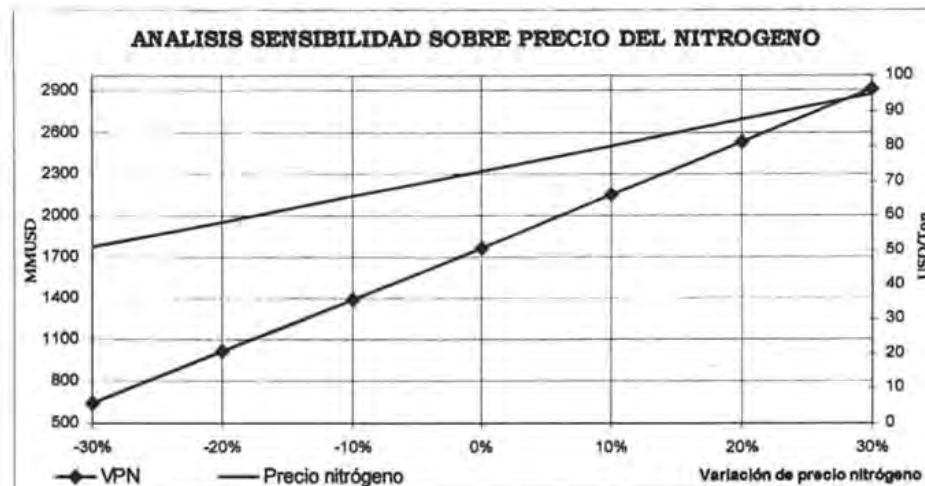
ii) Precio de Gas Natural

Variación	Precio G.N. (USD/MMFC)	VPI(MMUSD)	VPN(MMUSD)	TIR (%)	VPN/VPI
-30%	2.45	799	1,965	33.38	2.46
-20%	2.80	800	1,901	32.72	2.38
-10%	3.15	801	1,836	32.05	2.29
0%	3.50	802	1,771	31.38	2.21
10%	3.85	803	1,707	30.70	2.12
20%	4.20	804	1,642	30.02	2.04
30%	4.55	805	1,577	29.32	1.96



iii) Precio de Nitrógeno

Variación	Precio N <sub>2</sub> (USD/Ton)	VPI(MMUSD)	VPN(MMUSD)	TIR (%)	VPN/VPI
-30%	51.02	802	636	33.38	0.79
-20%	58.31	802	1,015	32.72	1.26
-10%	65.60	802	1,393	32.05	1.74
0%	72.89	802	1,771	31.38	2.21
10%	80.18	802	2,150	30.70	2.68
20%	87.47	802	2,528	30.02	3.15
30%	94.76	802	2,906	29.32	3.62



# CONCLUSIONES

## CÁPITULO 6

El desarrollo del presente trabajo de investigación cumple con el alcance fijado, mediante los objetivos preestablecidos, al desarrollar la Metodología Integral de Sustentabilidad para la Industria Química y de Proceso (MISIQP), la cual, tiene como principal virtud el ser una herramienta para la toma de decisiones, por parte de los inversionistas de un proyecto del sector público en los niveles de gobierno: federal, estatal y municipal.

El fortalecimiento de la toma de decisiones al emplear la MISIQP se debe en gran parte al analizar por separado las dos etapas que la componen (la formulación y/o preparación del proyecto y la evaluación económica que implícitamente involucra un exhaustivo análisis técnico), lo que adicionalmente involucra un análisis integral y multidimensional de un proyecto de inversión, El mecanismo, para formular y medir a la vez el grado de sustentabilidad de un proyecto en particular se realiza a través del Índice de Sustentabilidad de Industrias Químicas y de Proceso (IS<sub>IQP</sub>), conformado a su vez de las dimensiones: Institucional, Social, Recursos Naturales, Ecología, Economía y Energía. La segunda etapa que corresponde a la evaluación económica de proyectos de inversión, se diseñó en función del siguiente criterio general: que tanto o más importante que saber aplicar las herramientas financieras de cálculo de la rentabilidad de un proyecto de inversión, es el saber previamente identificar y cuantificar correctamente todos los costos y beneficios que determinarán en definitiva, su real rentabilidad, situación que se cubre plenamente mediante el cálculo del IS<sub>IQP</sub>.

En función de lo antes expuesto, la toma de decisiones resulta ser más certera y apegada a las tendencias internacionales de desarrollo sustentable, si en vez de realizar una evaluación técnico-económica tradicional, se evaluó integralmente la armonización de la tecnología, la economía y el desarrollo social en el marco institucional de una región, con la preservación de los recursos naturales utilizados como insumos de los procesos productivos, a fin de proporcionar bienes y servicios que demandará la sociedad en las generaciones futuras.

A diferencia de muchos esfuerzos realizados para construir indicadores de "desarrollo sustentable," el presente trabajo se enfocó a medir la sustentabilidad de proyectos de la industria química y de proceso, lo que si bien implica un alcance limitado también es cierto

que esta elección permite establecer una frontera bien definida de los proyectos a estudiar, de esta manera los esfuerzos redundaron en la obtención de mejores resultados y por ende más apegados a la realidad.

La MISIQ tiene la versatilidad de emplearse tanto en la etapa preoperativa como en la operativa de un proyecto de inversión. Al aplicar la MISIQ en la etapa temprana de un proyecto (preoperativa), se promueve una planificación pre y proactiva de desarrollo del proyecto, al detectarse las amenazas y oportunidades que posibilitarían el diseño de estrategias para la implementación de un proyecto sustentable, por otro lado, si se decide aplicar la MISIQ en las etapas de ejecución del proyecto (operativas), ésta se emplea como una herramienta de control, pues más que promover una planificación reactiva, se constituye como un medio para decidir de manera oportuna cuando es más factible cerrar, expandir o diversificar el negocio.

La MISIQP es una herramienta para la toma de decisiones, tanto para los inversionistas de un proyecto como para el diseñador-ejecutor del mismo, de una manera más específica a continuación se enlistan los alcances de la MISIQP:

- Los resultados que arroja la metodología aplicada a un estudio de caso, representan el grado de sustentabilidad del proyecto seleccionado (de la industria de proceso). Dicho grado de sustentabilidad se midió a través de un índice ( $IS_{IQP}$ ), que para proyectos sustentables tiende a la unidad.
- De la metodología multidimensional desarrollada se deriva un “check list” de carácter general, que sirve para alinear la formulación y el diseño de procesos con los acuerdos internacionales, locales y regionales de sustentabilidad en vigor en México.
- El Índice de Sustentabilidad de la Industria Química y de Proceso ( $IS_{IQP}$ ) constituye un elemento de comparación y jerarquización de varios proyectos identificados por una organización, de acuerdo a “Bases de Usuario” predeterminadas, pero que se encuentran sujetos a restricciones de tipo presupuestal, con la finalidad de darles preferencia a los que muestren una mayor sustentabilidad.
- La etapa de evaluación económica del proyecto cuantifica todos los costos y beneficios generados por la implementación del proyecto. El rendimiento del capital se mide con el Índice de Rentabilidad (IR), el cual representa el número de unidades monetarias ganadas por unidad monetaria invertida.
- Normalmente, este tipo de metodologías de sustentabilidad han sido aplicadas para establecer comparaciones del grado de desarrollo sustentable de los países del concierto de naciones. En esta tesis se enfocaron esfuerzos para medir el grado de sustentabilidad de un proyecto industrial, lo cual implicó llevar a cabo un análisis serio y profundo para aplicar conceptos generales en niveles específicos de uso cotidiano. La comparación de indicadores de sustentabilidad a nivel país tiene generalmente la finalidad de establecer políticas de otorgamiento de créditos blandos por parte de instituciones internacionales.

Respecto al valor de los indicadores de sustentabilidad de las seis dimensiones analizadas en forma específica es necesario aclarar lo siguiente:

- Con las 102 variables analizadas fueron calculados los valores de 36 indicadores de sustentabilidad, los cuales en algunos casos debido a la falta de información no pudieron ser calculados. Sin embargo, los indicadores propuestos que no fueron evaluados, son importantes en sí mismos para describir la industria química y de proceso y su área de influencia.
- El análisis en sí, trae como resultado la identificación de los rubros que necesitan mayor atención para que los procesos productivos se alineen con el desarrollo sustentable.
- No se debe de olvidar que los indicadores y por ende el índice (IS<sub>IQP</sub>) representan sólo un aspecto importante a tenerse en cuenta, pero con su sola aplicación no se logrará un mejora desempeño de la sustentabilidad.
- Los resultados obtenidos tienen un valor en sí mismos, ya que a partir del análisis del entorno socioeconómico y natural, es posible elaborar programas y respuestas concretas.

Referente al desarrollo de los indicadores, los cuales fueron conceptualizados como herramientas de fácil aplicación para contar con bases sólidas para la toma de decisiones en todos los niveles de gobierno a fin de contribuir a autorregular la sustentabilidad de los sistemas integrados al ambiente y al desarrollo, que permiten mediante su análisis la formulación de estrategias de políticas de planificación y desarrollo. A continuación se enlistan sus principales características:

- Son de fácil elaboración
- Contribuyen a inculcar y reforzar la conciencia pública sobre los aspectos de sustentabilidad y promueven la acción a nivel local, regional o nacional;
- Son relevantes para la medición y evaluación del progreso de la industria química y de proceso hacia el desarrollo sustentable.
- Son factibles de elaborarse a nivel nacional u otras escalas geográficas, considerando: la disponibilidad de información básica, el tiempo de elaboración y las prioridades del desarrollo nacional.
- Están fundamentados conceptualmente para facilitar comparaciones objetivas en los diferentes niveles o ámbitos de aplicación definidos.
- Son susceptibles de adaptarse a desarrollos metodológicos y conceptuales futuros.
- Ayudan a identificar aspectos prioritarios o de emergencia, orientando nuevas investigaciones de las seis dimensiones estudiadas.



Respecto al caso de estudio: Planta de Nitrógeno de Atasta, Cd. del Carmen, Campeche, resultó interesante el aplicar la MISQP a éste proyecto que ya se encuentra actualmente en operación, dada su importancia como proyecto estratégico y adicionalmente por la magnitud de los recursos necesarios para su implementación, por lo antes expuesto constituye un claro ejemplo del sector industrial abordado en el presente trabajo de investigación. El análisis realizado al caso de estudio fue bajo la premisa de considerarlo un proyecto nuevo, es decir la información estadística que se recopiló corresponde a la etapa preoperativa, adicionalmente, a fin de validar la MISQP también se recopiló información estadística correspondiente a la situación del área de influencia una vez implementado el proyecto.

El análisis de resultados se efectuará en manera inversa a como se registra en la MISQP ya que en este caso particular es importante tener presentes los resultados económicos para detectar con mayor facilidad la utilidad de la metodología. La segunda etapa de la MISQP corresponde a una evaluación técnico-económica tradicional más el valor agregado de identificar y cuantificar correctamente todos los costos y beneficios, en donde la toma de decisiones recae en su mayor parte en los indicadores económicos, los cuales reportan en función de las premisas económicas preestablecidas, que el proyecto de construcción “Planta de Nitrógeno de Atasta, Cd. del Carmen, Campeche, es altamente rentable dado que el índice de rentabilidad es de 2.21, el VPN después de impuestos es  $> 0$  (1.771,355,655 USD), la TIR  $>$  TREMA (31.38%) y el periodo de recuperación de la inversión es de solo dos años, un mes.

La magnitud de los indicadores obtenidos a la vez que facilitan la toma de decisiones se ven fortalecidos con los análisis de sensibilidad efectuados, los cuales corresponden a una variación de  $\pm 30$  % de el monto de inversión, el precio del gas natural y el precio del nitrógeno, en el ejercicio realizado se demuestra que pese a estas fluctuaciones considerables de las tres variables en el modelo económico la rentabilidad del proyecto sigue siendo alta pues los índices de rentabilidad reportados son de 1.48, 1.96 y 1.26 para el monto de inversión, precios del gas natural y del nitrógeno respectivamente.

Al aplicar la MISQP en la primera etapa de formulación y/o preparación del proyecto en forma rigurosa y en sus seis dimensiones, se encontró que el proyecto es moderadamente sustentable, ya que el  $IS_{IQP} = 0.61$ , este resultado se debe a que el proyecto tiene déficit en la dimensión institucional, así como en la conservación de recursos naturales. Específicamente se detectó que hoy en día las instituciones no están alineadas satisfactoriamente con la sustentabilidad, pues la respuesta empresarial a la normatividad local e internacional tiene un gran rezago, de igual manera hay una carencia de incentivos fiscales para el sector industrial analizado pues solo se identificaron dos de ellos, lo que demuestra una falta de apoyo del gobierno para alcanzar la sustentabilidad en las regiones que administra y finalmente se observo una baja participación de los centros de investigación y desarrollo en los proyectos considerados como estratégicos lo que refuerza la posición del país a nivel mundial como compradores de tecnología.

La dimensión de recursos naturales se calificó como deficitaria debido a que la planta productora de nitrógeno fue construida en el Área Natural Protegida “Laguna de Términos”, no obstante que la SEMARNAT había dictaminado (antes de 1998) que el proyecto era *Ambientalmente Factible* según el argumento : “*el área específica donde se realizará el proyecto, y sus micro cuencas de influencia real se encuentran circunscritas en áreas impactadas previamente por actividades agropecuarias y asentamientos humanos, por lo que se definen como áreas de manejo intensivo dentro del Programa de Manejo del APFFLT*”<sup>[50]</sup>.

Respecto a las otras cuatro dimensiones analizadas se observa que su respectivo índice de sustentabilidad es equilibrado, al estarlo también los indicadores que los componen y en donde se detecta que el bienestar social, el cumplimiento de la normatividad ambiental, y la innovación en cuanto al manejo y empleo de fuentes alternas de energía se tienen presentes al implementar un proyecto de la industria química y de proceso.

En el caso particular del proyecto “Planta de Nitrógeno de Atasta, Cd. del Carmen, Campeche”, la toma de decisiones de invertir en el proyecto se fortalece al aplicar la MISIQP pues además de presentar un documento en donde se muestra la factibilidad económica de realizarse, también se deja evidencia de la sustentabilidad del mismo, lo que ayuda a los niveles de gobierno a identificar las brechas que deben cubrirse para alcanzar los niveles de sustentabilidad que las generaciones futuras necesitarán.

Para el análisis de proyectos subsecuentes se recomienda dar seguimiento a esta metodología a fin de incorporar los nuevos conocimientos en el estado del arte, como pueden ser: una nueva normatividad sobre el impacto ambiental, la incorporación de nuevas energías alternativas, el seguimiento de tecnologías y áreas del conocimiento innovadoras que pugnen por la producción limpia, entre otros.

El resultado de la aplicación de esta metodología a los proyectos de la industria química y de proceso, derivará en el descubrimiento de otras variables que podrán ser combinadas para conformar otros indicadores en el aspecto de sustentabilidad, ya que la metodología desarrollada no es limitativa.

Finalmente, se recomienda utilizar una metodología adicional a la propuesta en el desarrollo de la tesis (Teoría de Decisiones de Atributos Múltiples), para el cálculo de la sustentabilidad de proyectos de la industria química y de proceso, la cual es conocida como Multi-Criterios<sup>[51]</sup>, en donde la toma de decisiones se verá aún más fortalecida al representar los diferentes criterios de decisión o atributos del proyecto con una escala de preferencias. Adicionalmente, se asigna un peso relativo para cada criterio o atributo, es decir, se establece un perfil de juicio acerca de ellos. También es calculado un índice de concordancia y otro de discordancia para los juicios preferidos y con esto se cuantifica los umbrales correspondientes para asentarse las órdenes de preferencia.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Porter, M. E. & Van der Linde, C. 1995, "*Green and Competitive: Ending and Stalemate*", Harvard Business Review.
- [2] OECD, 2001, "*Encouraging Environmental Management in Industry*", Paris, Francia.
- [3] Schmandat, J. and Ward, C.H., 2000, "Sustainable Development, The Change of Transition", *Cambridge University Press*, New York
- [4] Sachs, I. & Silk, D. 1990, "Food and Energy- Strategies for Sustainable Development", *United Nations University Press*, Tokyo, Japan
- [5] Samuel-Johnson, K & Esty, D., "2003 Environmental Sustainability Index - An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force", *Annual meeting of World Economic Forum in collaboration with Yale and Columbia Universities*, Davos, Switzerland.
- [6] Hettige, H., Martin, P., Singh, M. And Wheeler, D., 1994, "IPPS - The Industrial Pollution Projection System", *World Bank*, Washington, D.C.
- [7] Stauffer, Nancy W, 2001, "Laboratory for energy and the Environment: Marger Strengthens, Broadens MIT's Sustainability Research", *Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, Massachusetts.
- [8] United Nations, 1996, *Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies*, New York.
- [9] CEPAL, 1958, *Manual para la Evaluación de Proyectos de Desarrollo Económico, Programa de Asistencia Técnica*, United Nations, New York.
- [10] Guman, V.I. and Kulbaka, N.E., 1997, "Modelling of Sustainability for Regional Level: Application for Pereslavl Region", *Proceedings of 7th International Conference on the Management of Technology*, Orlando Fl.
- [11] <http://www.ciat.cgiar.org/indicators/indicadores/camproj.htm>
- [12] Utting, P., 2000, "Business Responsibility for Sustainable Development", *The United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD)*, Geneve.
- [13] <http://indexes.dowjones.com/jsp/index.jsp>
- [14] United Nations, 1997, *Kyoto Protocol*, New York.
- [15] United Nations, 1986, *Montreal Protocol*, New York.

- 
- [16] Landgrave, J. & Del Río, R., 2001, "Methodology for Project Formulation and Its Evaluation to Align Plants of Chemical and Process Industry with Recent Agreements on Sustainable Development", *Proceedings of 6<sup>th</sup> World Congress of Chemical Engineering*, Melbourne, Australia.
- [17] Landgrave, J. & Martínez, E., 2002, "Methodology for Performance Indicators Calculation to Evaluate Plants of Chemical and Process Industry, in Accordance with Sustainability Outlines and Emphasis on Institutional, Social and Exploitation of Natural Resources", *15<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering*, Praha, República Checa.
- [18] World Comisión on Enviroment and Development, 1987, *Our common Future*, Oxford University Press, Nueva York.
- [19] Capacity 21, Building Capacity for Sustainable Future, 1992, *Models for National Strategies: Building Capacity for Sustainable Development*, New York.
- [20] Cumbre de la tierra Río de Janeiro
- [21] Comisión de Desarrollo Sustentable
- [22] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 1994, *Core Set of Enviromental Indicators*, Paris, Francia.
- [23] Wackernagel, M.,A. Linares, 2000, "Ecological footprints and ecological capacities of 152 nations; the 1996 update" *Redefining Progress*. San Francisco, USA.
- [24] Robert Prescott Allen, 2001, "Appendix 2 of The Wellbeing of Nations", *Wellbeing Assessment*, Covelo, USA.
- [25] 2002 "Indicadores de Desarrollo Sustentable en México" *Instituto Nacional de Ecología (INE) e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)*, México.
- [26] Arthur D. 1999, *"Little, Realising the Business Value of Sustainable Development"*, Cambridge.
- [27] PEMEX, "Inicio de Operaciones de la Planta de Nitrógeno", *Boletín No. 127/2000*, 8 de junio del 2000.
- [28] Luna Rojero, Erick, 2003, "Inyección de Nitrógeno en un Yacimiento Petrolífero: Caso Cantarell, *Tesis de Doctorado en Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNAM*. México.
- [29] Kuo J.C. & Luna Melo J. 2001, "Get More Gas into the Pipeline with Nitrogen Rejection", *Oil & Gas Journal*, Mar 12.
- [30] Wilson, Keith, 1992, "Air Products, Nitrogen use in EOR requires attention to potential hazards", *Oil & Gas Journal*, Oct 18.
- [31] Alejandro Escobar Unda, 1999, "Separación criogénica de nitrógeno: análisis de sensibilidad de operación y en consume energético", *Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM*, México.
- [32] Judy L. Baker, 2000, "Evaluación del impacto de los proyectos de desarrollo en la pobreza, manual para profesionales", *Banco Mundial*, Washington, D.C.
- [33] Nacional Financiera, 2003, "*Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*", México.
-

- [34] Julio Melnik, 1958. "Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión"
- [35] ISO – 9000/2000, 1999, Geneva, Switzerland
- [36] ISO 14000, 1994, Geneva, Switzerland
- [37] Segnestam Lisa, 2000 "Desarrollo de Indicadores, Proyecto CIAT-Banco Mundial-PNUMA"
- [38] Espinoza G., Banco Internacional de Desarrollo, 2001, "Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental", Santiago, Chile.
- [39] Lichtinger V., SEMARNAT, 2000, "Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental", México.
- [40] O.P. Goyal, Jacobs., 2001 "Guidelines Help Enrgy Engineers and Managers" *Hydrocarbon Processing*, February
- [41] Barrera, A. & Saldívar, A., 1999, "Propuesta metodológica para la elaboración de un índice de desarrollo sustentable", *Facultad de Economía, UNAM*, México.
- [42] Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey, Campus Estado de México-Instituto Mexicano del Petróleo. 2003, "Apuntes del Diplomado en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión"
- [43] Nacional Financiera, 2003, "Diplomado en el Ciclo de Vida de Proyectos de Inversión", México.
- [44] Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo-beneficio de los programas y proyectos de inversión (SHCP)  
<http://www.shcp.sse.gob.mx/index.html>
- [45] Lechuga Sanillan E, 1998, "Fisco Agenda" *Ediciones fiscales ISEF, S. A.*, México.
- [46] Baca Urbina, Gabriel, 1995, "Evaluación de Proyectos", México.
- [47] Landgrave, J. & Escobar, A., 1999, "Nitrogen Separation Plants, an Example of Applied High Quality Process in the Recovery of Energy Resources", *Proceedings of 22<sup>nd</sup> International Conference of International Association for Energy Economic*, Vol 1, 1999, pp 468-477, Rome.
- [48] United Nations, 1996, "Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies", New York.
- [49] A.E. Kerridge., 1992 "Hard-dollar estimating, part 1" *Hydrocarbon Processing*, February.
- [50] SEMARNAT, 1997, Estudio de Impacto Ambiental, *Proyecto "Planta para la obtención, compresión y suministro de nitrógeno al campo Cantarell", península de Atasta, Campeche.*  
<http://sat.semarnat.gob.mx/dgoeia/impacto/sad/mapas/1997/camp/04CA97E0052.html>
- [51] Escobar, T., Carlos E., 1990 "Modelos para la Jerarquización y Selección Óptima de Proyectos de Investigación y Desarrollo" *Tecnología, Ciencia y Educación. IMIQ. Vol. 5. Núm. 1*, Enero-Junio.