

PROSPECTIVA DINÁMICA DE LA INDUSTRIA PETROLERA

WILMAN RIZO JULIO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2007

PROSPECTIVA DINÁMICA DE LA INDUSTRIA PETROLERA

WILMAN RIZO JULIO

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero de Petróleos.

**Director
ARISTÓBULO BEJARANO W.
Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2007

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, debido a que en sus aulas me formé como profesional.

Al Maestro, ARISTÓBULO BEJARANO W., quien gracias a sus conocimientos, sabiduría y colaboración me ayudó en la dirección de mi proyecto.

Al Ingeniero, OMAR BARRAGÁN, especialista en modelamiento sistémico, por su invaluable asesoría.

Al Ingeniero, RAÚL GARCÍA, de la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

*A Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo
Por darme una nueva oportunidad.
A mis padres CARMEN ELENA y YULIS,
A mi familia.*

Wilman

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 INDUSTRIA PETROLERA	4
1.1.1 Entorno mundial y regional	4
1.2 ENTORNO NACIONAL	12
1.2.1 La economía colombiana: evolución y perspectivas	12
1.2.2 Diagnóstico energético nacional	14
1.3 PERSPECTIVA DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA	19
1.3.1 Energía en Colombia 2006-2025	19
1.4 LOS ESCENARIOS, EL PRONÓSTICO Y LA PROSPECTIVA EN LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS*	22
1.5 LA PROSPECTIVA Y EL PRONÓSTICO EN EL DISEÑO DE POLÍTICAS PÚBLICAS	33
1.6 RETROALIMENTACIÓN: FEEDBACK	38
1.7 DINÁMICA DE SISTEMAS	40
1.7.1 Modelado y Simulación con Dinámica de Sistemas	40
1.7.2 Simbología Utilizada en los Diagramas de Forrester	41
1.7.3 La Dinámica de Sistemas y algo más	42
1.7.4 Construcción de modelos con Dinámica de Sistemas	42
1.7.5 Enfoque de Modelado	42

1.7.6 Elementos de la Dinámica de Sistemas	43
1.7.7 Modelo Conceptual y límites del sistema	44
1.7.8 Diagrama Causal	45
1.7.9 Modelo Matemático	47
1.7.10 Variables Agregadas	47
1.7.11 Simulación y Experimentación	48
1.7.12 Análisis de Sensibilidad	48
1.7.13 Validez y Utilidad de los modelos	48
1.7.14 Ejercicio de Ilustración	49
1.8 EVOLUCIÓN	51
2. MODELO	55
2.1 MODELO EN EL LENGUAJE EN PROSA	55
2.2 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS UTILIZADOS EN EL MODELO	64
2.3 MODELOS EN EL LENGUAJE DE INFLUENCIAS	64
2.4 MODELO EN EL LENGUAJE DE FLUJO NIVEL	71
2.5 MODELO EN EL LENGUAJE DE LAS ECUACIONES	72
2.5.1 Elementos del modelo	72
2.6 MODELO EN EL LENGUAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS SIMULADOS	75
2.7 EVALUACIÓN	75
2.8 UTILIDAD	75
2.9 COMPORTAMIENTO GLOBAL	76

2.10 VALIDACIÓN	76
2.10.1 Estructura	76
2.10.2 Consistencia dimensional	77
2.10.3 Coherencia con los datos	77
2.10.4 Opinión de los expertos	77
2.10.5 Descripción de escenarios	77
2.10.6 Pruebas del modelo	78
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Distribución mundial de reservas de petróleo	6
Gráfica 2. Evolución del consumo de energía primaria en Latinoamérica	10
Gráfica 3. Evolución del consumo de energía en Latinoamérica	11
Gráfica 4. Evolución del PIB colombiano	13
Gráfica 5. Comportamiento de la producción de petróleo	18
Gráfica 6. Técnicas de pronóstico	24
Gráfico 7. Futuro deseado y futuro factible	35
Gráfica 8. El proceso de la planificación	37
Gráfica 9. Concepto estratégico	39
Gráfica 10. Modelo Conceptual y límites del sistema	44
Gráfica 11. Diagrama de Forrester	46
Gráfica 12. Diagrama Causal	49
Gráfica 13. Diagrama Forrester	50
Gráfica 14. Simulación	50
Gráfica 15. Diagrama de influencias escenario positivo (sector social y macroeconómico del país, sector 1)	65
Gráfica 16. Diagrama de influencias sector 2 (Esc. Positivo)	66
Gráfica 17. Diagrama de influencias escenario neutro (sector social y macroeconómico del país, sector 1)	67
Gráfica 18. Diagrama de influencias sector 2 (Esc. Negativo)	68

Gráfica 19. Diagrama de influencias escenario negativo (sector social y macroeconómico del país, sector 1)	69
Gráfica 20. Diagrama de influencias sector 2 (Esc. Neutro).	70
Gráfica 21. Diagrama de flujo – nivel (Sector 1)	71
Gráfica 22. Diagrama de flujo – nivel (Sector 2)	72
Gráfica 23. Comportamiento PIB versus aporte PIB PETROL	80
Gráfica 24. ESC. POS. Terrorismo	81
Gráfica 25. Presupuesto inversión en exploración de hidrocarburos	83
Gráfica 26. Tendencia confianza inversionista (IED-Exploración)	84
Gráfica 27. Inversiones por sectores GDS vs. Inversión exploración	85
Gráfica 28. Incorporación de reservas.	86
Gráfica 29. Comportamiento PIB y aportes PIB petroleros	87
Gráfica 30. Confianza inversionista	88
Gráfica 31. Comportamiento reservas	89
Gráfica 32. Comportamiento terrorismo	90
Gráfica 33. Confianza inversionista	91
Gráfica 34. Reservas	92
Gráfica 35. Comportamiento PIB vs. Aporte PIB petrolero	93
Gráfica 36. Tendencia de gastos por sectores	94

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Comportamiento de indicadores económicos	13
Cuadro 2. Éxito de las políticas y estrategias públicas	35
Cuadro 3. Simbología Utilizada en los Diagramas de Forrester	42
Cuadro 4. Explicación diagrama de Forrester	46

RESUMEN

TÍTULO:

PROSPECTIVA DINÁMICA DE LA INDUSTRIA PETROLERA.*

AUTOR:

WILMAN RIZO JULIO.*

PALABRAS CLAVES:

Prospectiva, modelamiento, simulación, aprendizaje, estado del arte, dinámica de sistemas, política petrolera, producto interno bruto (PIB), escenarios, evolución.

DESCRIPCIÓN:

Debido a la importancia de la Industria Petrolera en el mundo, y más específicamente en Colombia, los estudiantes de Ingeniería de petróleos de la Universidad Industrial de Santander, debemos estar en capacidad de formular, analizar y/o revisar la política petrolera del país, a partir de herramientas que nos permitan modelar el complejo entorno que lo rodea y poder ver su influencia no sólo en el aspecto de desarrollo técnico y tecnológico, sino también administrativo, logístico y por supuesto, en la economía nacional.

El modelo permite ver algunas de las influencias notables a nivel macroeconómico mediante el modelamiento de factores claves de la política petrolera nacional junto con los resultados, tendencias y proyecciones sobre la economía y la política de seguridad democrática principalmente.

Además, el presente trabajo introduce la Prospectiva “Ciencia que tiene por objeto el estudio de las causas técnicas, científicas, económicas y sociales que aceleran la evolución del mundo y la previsión de las situaciones que de ella se derivan; lo que la convierte en una herramienta fundamental de gerencia para realizar una adecuada planeación estratégica en las empresas, instituciones, y entidades de cualquier ámbito laboral, y la dinámica de sistemas en la escuela de ingeniería de petróleos, utilizando el software EVOLUCIÓN, desarrollo por el grupo SIMÓN, de investigación en modelamiento y simulación de la UIS, para que aprovechando su carácter de herramienta para la investigación y el aprendizaje, el estudiante logre a través de la metodología que usa la dinámica de sistemas y la retroalimentación con el objeto de estudio, cambiar su forma de pensamiento (paradigma), desarrollar un entendimiento que le permita una acertada toma de decisiones en la formulación de estrategias, políticas y proyectos.

* Proyecto de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Petróleos.

** Director Aristóbulo Bejarano W.

ABSTRACT

TITLE: DINAMIC OUTLOOK OF PETROLEUM INDUSTRY*

AUTHOR: WILMAN RIZO JULIO**

KEYWORDS: Outlook, modeling, simulation, learning, state of art, dynamic of the systems, petroleum policy, scenarios, evolution.

DESCRIPTION

Due to the fact of the importance of petroleum industry across the world, and more specifically in Colombia, the students of petroleum engineering at Industrial University of Santander must be able of stating, analyzing and / or review oil policy of the country by using tools that allow us modeling the complex environment that entails it and consider its influence not only about the technical and technological development but also the administrative and logistic aspect, and of course within the national economy.

The model lets see some of the remarkable influences at a macroeconomical level by means of the modeling of the key factors on national petroleum policy together with the results, trends and projections on the economy and mainly on the democratic security policy.

Moreover, the present work introduces the outlook “ a science whose object is the study of the technical ,scientific, economical and social causes that speed up the evolution of the world and the forecasting of situations stemmed from it”, as a result, it becomes a fundamental managerial tool to perform a proper strategic planning within enterprises, institutions and entities whatever is the labor surrounding, and the dynamic of the systems in the petroleum engineering school by using the EVOLUTION software developed by modeling and simulation group of investigation at UIS named SIMON so that the student takes profit of the instrument for investigation and learning and so that student changes his or her mind (paradigm) and develops his-her understanding through the methodology that uses the dynamic of the systems and the feedback to the object of study, allowing a proper making of decisions in the stating of strategies, policies and projects.

* Work Degree. Industrial University of Santander, Petroleum Engineering School

** Director Aristóbulo Bejarano W.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó con el objetivo principal de construir un modelo a partir de variables críticas de la Industria Petrolera e indicadores de la economía nacional para ver su relación y grado de dependencia, a partir de la Dinámica de Sistemas que es una ciencia que permite abordar fenómenos de diversa índole, a través del estudio, análisis de las estructuras y las relaciones que componen el modelo y de esta manera simular bajo ciertas condiciones (estado), los escenarios planteados; y con base en esta interacción construir conocimiento mediante la posibilidad de intervención para cambiar el paradigma o forma de ver y entender los comportamientos de cualquier sistema en el tiempo.

En términos generales, un sistema está definido por tres características fundamentales: 1) el conjunto de componentes, cada uno con propiedades específicas y analizables; 2) el conjunto de relaciones que especifican la estructura de conexiones; 3) los modos de interacción entre los componentes, el ambiente conformado por otros elementos y sistemas que se relacionan con el sistema en cuestión mediante interacciones con sus componentes.

Las dos primeras características definen los límites del sistema y la tercera define las condiciones (recursos e información) que inciden en su estructura y en sus funciones (componentes tecnológicos, tipo de productos, eficiencia física y económica). En este sentido se presenta

una breve descripción del entorno petrolero nacional e internacional, la metodología utilizada en la elaboración del modelo y los escenarios para que los lectores sitúen el presente trabajo e identifiquen las variables críticas utilizadas, al mismo tiempo que plantean sus propias inquietudes y pensamientos al respecto como consecuencia de la influencia en los principales sectores del país. Posteriormente, se brinda una descripción precisa del lenguaje utilizado para construir el modelo de prospectiva a partir del software “EVOLUCIÓN DEL GRUPO SIMÓN” de investigaciones de la Escuela de Ingeniería de Sistemas, basados en los cinco lenguajes de la Dinámica de Sistemas, los criterios de evaluación y validación del modelo, y la metodología para la obtención de los datos estándar que lo alimentan.

Es importante mencionar que para la elaboración del modelo del presente trabajo, se realizó un análisis bastante detallado sobre la literatura existente respecto al tema de la industria petrolera, las perspectivas de la economía colombiana, y muchos otros temas afines y complementarios con la situación que se pretendía mostrar. El modelo es alimentado por una serie de datos objetivos, coherentes y reales al igual que muchos de los que se encuentran en los estudios de entidades como la UPME, la Agencia Nacional de Hidrocarburos y ECOPETROL, etc. Se destaca igualmente la recolección de los valores de las variables identificadas, las cuales fueron evaluadas y verificadas a través de su consistencia dimensional, la opinión de expertos y confrontación con las múltiples fuentes consultadas. En los siguientes capítulos se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del presente trabajo sobre el complejo mundo de la industria petrolera y su influencia en otros entornos.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta una descripción de cada uno de los temas fundamentales para la realización del proyecto como lo son el entorno petrolero nacional e internacional, la prospectiva, los escenarios, sus elementos y la dinámica de sistemas.

En un mundo globalizado donde los cambios son cada vez mayores, donde la incertidumbre y la dinámica se conjugan para crear escenarios de mayor complejidad, es necesario que utilicemos herramientas que nos permitan revisar e interpretar el entorno y así formular las políticas y estrategias en busca de un desarrollo sostenible, que nos posibilite alcanzar un adecuado crecimiento económico, una mejor calidad de vida, una plataforma productiva que favorezca la inclusión de los sectores menos favorecidos, una mayor competitividad del país en armonía con la protección y preservación del medio ambiente, dándole un manejo adecuado a los recursos no renovables que además garantice el uso a las generaciones futuras.

Es por esto que el aporte que se haga desde la academia es fundamental, porque para cumplir con estas metas se debe lograr un alto grado de sinergia entre todos los actores e instituciones como son el Estado, la academia, la sociedad y el sector privado.

Ante la gran incertidumbre que presenta el sector petrolero en Colombia y su aporte fundamental a la estabilidad fiscal y económica del país es necesario adelantar un análisis sobre la política petrolera, el manejo de

los recursos, la inversión de los mismos y/o su influencia o dependencia con las variables más críticas de la economía nacional. La Universidad Industrial de Santander como actor de primer orden debe liderar un proceso de estudio al interior, entre sus escuelas, que le permita interactuar y formular políticas, estrategias y análisis sobre la forma de manejar la política del sector petrolero y energético en general.

1.1 INDUSTRIA PETROLERA

En el desarrollo del presente trabajo se consideran de manera fundamental los análisis y lineamientos enmarcados dentro del Plan Energético Nacional 2006-2025, ya que son el resultado de varios años de estudio en el intento de formular una política interdisciplinaria sobre el sector energético nacional que nos permita adoptar los objetivos y estrategias convenientes para garantizar un crecimiento sostenible fiscal, económico y político del país, y una mejor calidad de vida para cada uno de los habitantes sin agotar la base de recursos no renovables principalmente.

1.1.1 Entorno mundial y regional. La globalización ha hecho que la dependencia entre las economías de los países sea cada vez mayor, sostenidas éstas mismas en los grandes procesos de desarrollo como el de las economías emergentes, que crecen a un ritmo muy acelerado requiriendo grandes cantidades de materia prima, y sobre todo de recursos energéticos como el petróleo y el gas, determinando de esta manera el comportamiento del consumo energético mundial. Además de lo anterior existen factores como el medio ambiente, el agotamiento de los recursos, el cambio climático, la urbanización de los pueblos, el alto

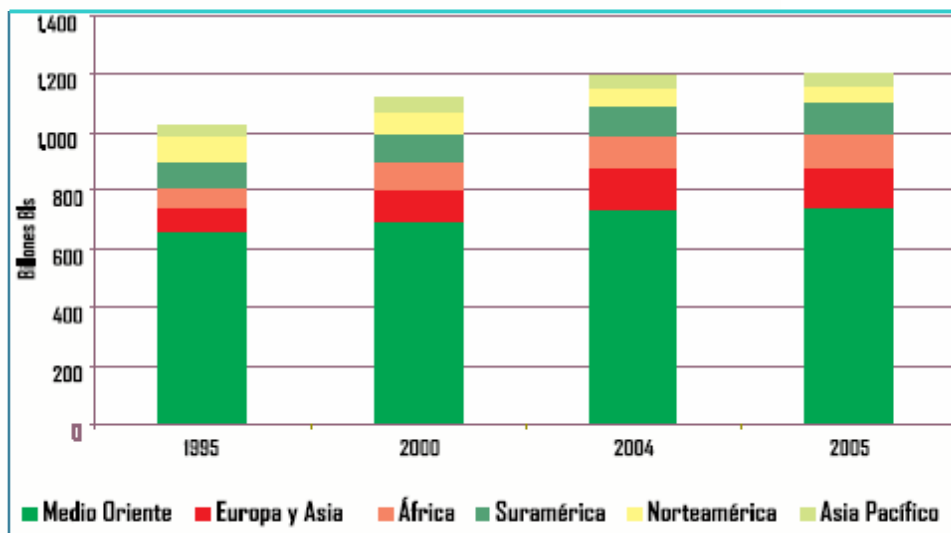
nivel de los precios de los energéticos y las políticas públicas que afectan de manera directa el comportamiento de las tendencias de la oferta y la demanda.

El origen de la relación tan estrecha entre geopolítica y petróleo se encuentra en la manera como están repartidas las reservas de petróleo y gas en el mundo. Se observa que gran parte de las reservas, el 62%, están concentradas en el Medio Oriente, en particular en Arabia Saudita. De acuerdo a la gráfica 1, el mundo ha venido recuperando en cierta forma las reservas utilizadas en la atención de la demanda y regiones como Europa, Asia, África y Latinoamérica han incrementado su reservas a tasas mayores que las de extracción, mientras que Norte América disminuyó sus reservas recuperables en un 32% en el periodo 1995-2005, en tanto que Europa y Asia aumentaron 72.3%, África 52.7%, Suramérica 23.5% y Medio Oriente un 12.8%.

Acerca del agotamiento de las reservas de petróleo que permiten un desarrollo sostenido de la oferta a nivel mundial, DOE-EIA¹ supone, partiendo del hecho de que todas o casi todas las reservas de petróleo en las cuencas sedimentarias más promisorias han sido descubiertas o están cerca de serlo, que la producción continuaría creciendo a una tasa del 2% hasta llegar a un valor de la producción máxima para posteriormente declinar a una tasa permanente de R/P igual a 10. En esas circunstancias, y según el modelo de la EIA, el pico de producción se esperaría que ocurra hacia el año 2037.

¹ EIA "Long term world oil supply scenarios"- August 2004. DOE-EIA: Departamento de energía de los Estados Unidos.

Gráfica 1. Distribución mundial de reservas de petróleo



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2006

El factor individualmente considerado que más ha cambiado la estructura de la industria petrolera mundial durante los últimos años ha sido la tendencia a un crecimiento sostenido de los precios del petróleo en el mercado internacional. Se considera la evolución de los precios del WTI, crudo marcador para los mercados de América, y una estimación de los precios de los distintos energéticos hasta el 2025. En lo que respecta a las proyecciones de precios del petróleo para los próximos años, las percepciones del DOE sobre su evolución hasta el año 2025² indican que en el escenario de referencia éstos se mantendrán en rangos altos que varían entre US\$40 por barril y mayores a US\$80 por barril.

El pronóstico de precios, evidencia que la tendencia alcista del petróleo se mantendrá durante los próximos lustros. Sin embargo, la gran incógnita es si la demanda a mediano y largo plazo es sostenible con

² EIA Presentación "Long Term Outlook For Energy Markets" March 2006.

precios promedio de US\$60 por barril, o bien, si una vez desarrolladas nuevas capacidades de oferta los precios se mantendrán en un nivel muy alto, frente a una previsible declinación de la demanda, una vez completadas las fases más dinámicas del actual crecimiento de Asia. En lo que respecta al gas natural, la curva de precios de los últimos 10 años muestra que hasta el 2000 los precios se mantuvieron entre 2.5 y 3.2 US\$/MBTU y a partir de ese año se inicia una escalada de precios llegando a niveles del orden de 8 US\$/MBTU en el 2005. Esto evidencia la correlación que existe entre los precios del petróleo y los del gas natural.

Las proyecciones del precio de gas en boca de pozo tienen tendencia a disminuir hasta el 2015 cuando entren nuevos competidores al mercado. Sin embargo, estos no alcanzarán los niveles de la década de los noventa; después de estos años se prevé que el precio se aproximará a 6 US\$/MBTU en dólares del 2005. Lo anterior indica que el mundo en general se encamina hacia periodos de precios de la energía que se sostendrán en niveles altos, lo que significaría que la era de los precios bajos de la energía es cosa del pasado.

Para Colombia este tema tiene una particular importancia en el desempeño de la economía a mediano y largo plazo: en la medida en que se tengan exportaciones de petróleo y gas en un entorno de altos precios, esto contribuirá a un buen desempeño económico; por el contrario, si la pérdida del autoabastecimiento se materializa, podría ocurrir que la economía colombiana tenga que desempeñarse en los próximos años en circunstancias adversas. En cuanto a la evolución de los precios del carbón, las previsiones no muestran cambios importantes

y se estima que los precios disminuyan hasta el 2019 de 1.15 US\$/MBTU a 1.08 US\$/MBTU. A partir del 2019 se proyecta un incremento en las plantas de generación que utilizan carbón como combustible y esto podrá impactar sobre los precios. En el largo plazo no se evidencian variaciones significativas en el precio de este energético.

Es un hecho reconocido en la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas que el clima y el medioambiente son recursos de todos y que su equilibrio puede verse afectado por las emisiones de gases de efecto invernadero, producidos especialmente en actividades industriales y de otro tipo, en particular por el sector transporte en las grandes ciudades del mundo. Un efecto colateral relacionado con el consumo poco racional de energía lo constituye la creciente concentración de población en ambientes urbanos, llegando a la conformación de grandes conglomerados que a su vez son grandes consumidores de energía, haciendo cada vez más complejo y difícil de tratar el problema de la contaminación ambiental urbana. El crecimiento de los índices de mortalidad y morbilidad y los correspondientes costos asociados a efectos de exposición a diferentes formas de contaminación del aire urbano, se convierten en motivo de preocupación para los planificadores³.

Se proyecta un incremento en el consumo de biocombustibles (como etanol y biodiesel) y aumento en la capacidad de producción de nuevas tecnologías como CTL. Adicionalmente a los combustibles más limpios, se tiene el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector transporte como los vehículos híbridos, flexfuel. También se ha venido mencionando la

³ Larsen 2004.

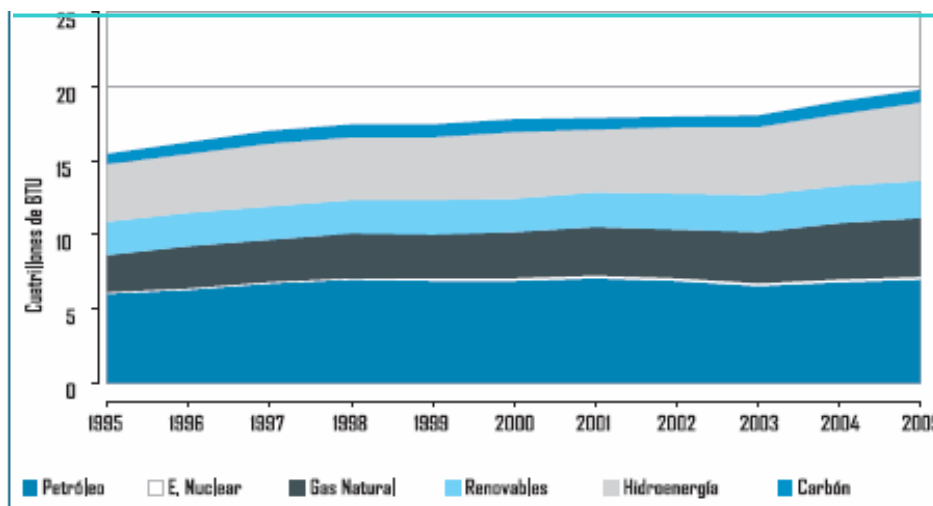
popularización del uso de vehículos impulsados por “celdas de combustible” que podrían aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna entre 2 y 3 veces.

Los costos de producción siguen siendo la principal barrera para su popularización y no existe una predicción confiable acerca del horizonte temporal en el cual nuevas tecnologías puedan estar entrando al mercado en condiciones competitivas.

En América Latina la producción de energía primaria viene aumentando en forma sostenida en las últimas décadas. La región cuenta con amplia disponibilidad de recursos distribuidos de forma heterogénea, la mayoría de los países depende de importaciones para cubrir su consumo. A pesar de la reestructuración del sector energético, no se ha alcanzado todavía un pleno suministro ni la armonización de los mercados energéticos.

La gráfica 2 muestra que esta región consumió durante el 2005 el 4.2% del total mundial, en tanto que 10 años atrás representaba el 4%. La principal fuente de energía primaria en América Latina es el petróleo; sin embargo, mientras que a mediados de los noventa el 40% del consumo energético era de origen petrolero, este porcentaje bajó en el 2005 al 35%. El resto de fuentes energéticas primarias, por el contrario, han aumentado su participación en la estructura de consumo energético. La hidroenergía, la segunda fuente en importancia y principal fuente de generación eléctrica en América Latina, cubrió el 25% del consumo energético durante el año 2005, mientras que en 1995 participaba con el 27%.

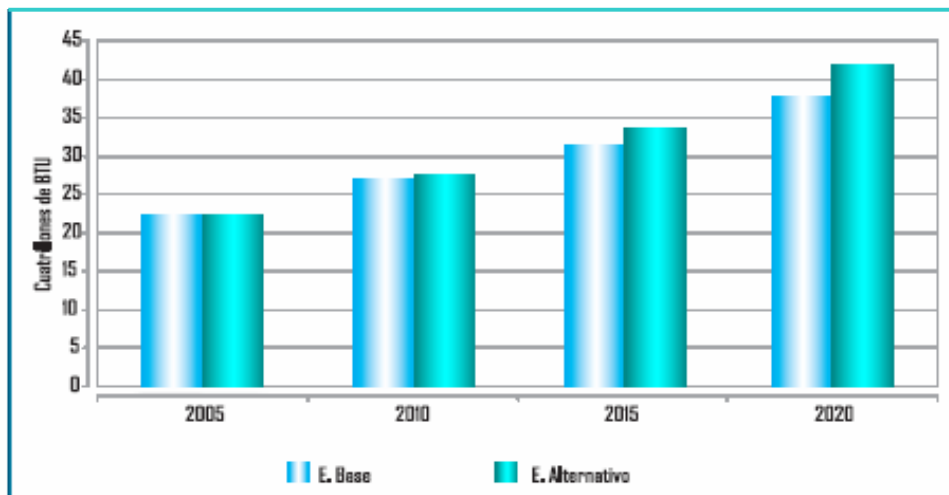
Gráfica 2. Evolución del consumo de energía primaria en Latinoamérica



Fuente: EIA-DOE Annual Energy Review

La industria del gas natural, la de mayor crecimiento en los últimos diez años, ha pasado de cubrir en 1995 cerca del 16% de las necesidades energéticas, a suplir el 21% en el 2005. Los últimos lugares lo ocupan el carbón mineral y la energía nuclear que en 2005 cubrieron alrededor del 5% y 1% del consumo respectivamente. Según el estudio “Prospectiva Energética de América Latina y el Caribe 2005”, realizado por la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) y considerando las interrelaciones de la energía no solo a nivel de fuentes, sectores y países, sino además considerando las relaciones tanto intra como extra-regionales, se espera que la demanda total de energía en Latinoamérica y el Caribe se incremente en los siguientes 15 años de 22 a 37 cuatrillones de BTU, en un escenario base con baja integración entre los países, mientras que en el escenario alternativo o de alta integración energética se incrementaría a 41 cuatrillones de BTU, lo que supone un incremento de 68% y 85% respectivamente en los próximos 15 años como lo muestra la gráfica 3.

Gráfica 3. Evolución del consumo de energía en Latinoamérica



Fuente OLADE

Se estima que el consumo per cápita de electricidad en la región crecerá en 68% en el escenario base y en 107% en el alternativo. Por su parte, el gas natural será el energético con mayor tasa de crecimiento especialmente en los sectores transporte e industrial. En cuanto a la participación del petróleo se estima una reducción del 5% en la matriz energética de los países de la región, por la sustitución especialmente del Gas natural y otros energéticos.

Se espera que en la Región Andina se incremente de manera importante la demanda de gas natural, así como la generación de electricidad. El gas natural será la fuente de energía dominante, de acuerdo con el estudio antes mencionado, y su participación en la canasta de la energía primaria alcanzará alrededor del 27% frente al 21% del 2005.

El mercado energético andino no presenta asimetrías tan elevadas, lo que impulsaría la articulación de un proceso de integración cuyo eje

central sería el comercio de productos energéticos. Las exportaciones de electricidad desde Colombia y Perú a Ecuador son ahora marginales y se espera que además sean temporales en tanto este País logre encontrar soluciones a su crisis energética. Se prevé también que los intercambios en gas natural no sean de gran magnitud en los siguientes años.

Es importante destacar que dada la estructura globalizada de los mercados, los fenómenos que se presentan en China también repercuten en otras regiones del planeta. Por ejemplo, el crecimiento sostenido de América Latina de los últimos años se debe en una parte a la demanda de materias primas y productos por parte de China e India.

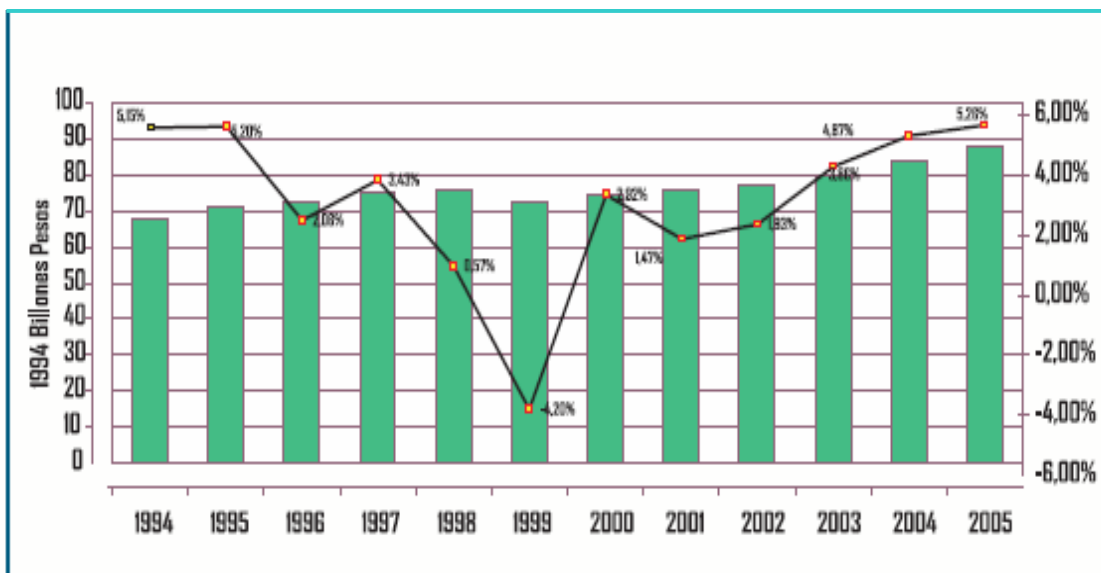
Ante este escenario, sin duda la tecnología tendrá que avanzar muy rápidamente hacia otras fuentes energéticas, para así poder responder al dinamismo y nueva realidad energética mundial.

1.2 ENTORNO NACIONAL

1.2.1 La economía colombiana: evolución y perspectivas. La evolución económica del País en los últimos años ha venido mejorando sustancialmente, superando las condiciones de fragilidad presentadas en el periodo 1998-1999.

El Producto Interno Bruto continúa en la senda de crecimiento iniciada en el 2001. Al finalizar el año 2005 ascendió a \$88 billones en pesos constantes de 1994, lo que representa un crecimiento anual en términos reales de 5,26% frente al 2004. La gráfica 4, presenta la evolución de la variación anual del PIB.

Gráfica 4. Evolución del PIB colombiano



Fuente: DANE

En la tabla 1 se presenta el comportamiento de los principales indicadores de la economía en el periodo comprendido entre el 2000 y el 2005.

Cuadro 1. Comportamiento de indicadores económicos

INDICADORES	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Crecimiento PIB (%)	2,92	1,47	1,93	3,86	4,87	5,26
Inflación Doméstica (%)	8,75	7,65	6,99	6,49	5,50	4,85
Tasa de desempleo (%)	18,50	14,94	15,32	14,30	13,43	11,80
Crecimiento Exportaciones (%)	13,27	-6,19	-3,26	10,20	27,43	26,65
Crecimiento Importaciones (%)	8,26	11,23	-1,05	9,38	20,58	26,61
TRM promedio (\$/dólar)	2,088	2,300	2,506	2,876	2,628	2,321
Devaluación Promedio (%)	18,70	10,20	9,10	14,70	-8,70	-11,60
Saldo Reserva Internacional Neta (Billones\$)	19,68	23,39	30,73	30,45	32,35	34,14

Como elemento integral de la estrategia gubernamental que ha permitido alcanzar mayores tasas de crecimiento económico, se encuentra la canalización de recursos de inversión hacia sectores considerados clave en las estrategias de desarrollo, como son los hidrocarburos e infraestructura en transporte. En el primero de ellos se canalizó aproximadamente el 63% del total de gasto público, principalmente a través de ECOPETROL en exploración y producción de hidrocarburos, mientras que el 28.5% del gasto público se dedicó a inversión, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura de transporte.

Las políticas económicas para control de la inflación han tenido éxito, lo que se refleja en su reducción, alcanzando un valor de 4.9% en el 2005, inferior al alcanzado en el 2004. Igualmente, la tasa de desempleo presenta una leve tendencia a la baja y por su parte la tasa de subempleo se ha mantenido en niveles relativamente constantes.⁴

1.2.2 Diagnóstico energético nacional. En materia de política energética, Colombia se ha caracterizado por mantener una constante revisión de las estrategias para asegurar y mejorar las condiciones de abastecimiento y disponibilidad de energéticos, dentro de las cuales se destacan: apertura de los mercados de los distintos energéticos, promoviendo esquemas de participación privada y reducción de la participación gubernamental directa, reforzando el papel del Estado en los aspectos de regulación y planificación. Adopción de sistemas de precios tendientes a reflejar la realidad de los mercados internacionales, incluyendo el desmonte progresivo de los subsidios y una indexación a los precios de mercado.

⁴ DNP - Banco de la República - DANE - 2006

Atención a las necesidades de los consumidores y usuarios, promoviendo alternativas de uso eficiente de los energéticos: desarrollo de alternativas de transporte masivo, promoción del gas natural vehicular, entre otras. Impulso a la diversificación de la oferta de energéticos a través de planes sectoriales específicos, tales como masificación del gas natural, uso de fuentes no convencionales y creación del mercado de biocombustibles. Aumento en las inversiones y en la promoción de la inversión, en los eslabones de la cadena de los hidrocarburos, como por ejemplo la refinación de crudos.

Reformas institucionales para ordenar el funcionamiento del sector energético, como la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Atención a los aspectos ambientales y definición de mecanismos para el desarrollo del sector energético, en armonía con la preservación y mejoramiento del medio ambiente. Revisión y mantenimiento de políticas tendientes a una mayor equidad social a través de la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios.

El Petróleo: el Decreto 1760 de junio de 2003, reformó el sector de hidrocarburos en Colombia. Mediante este Decreto se escinde la Empresa Colombiana de Petróleos, se modifica su estructura orgánica y se crean la Agencia Nacional de Hidrocarburos y la Sociedad Promotora de Energía de Colombia S.A., reestructurándose el manejo de los hidrocarburos en el País. A partir de la entrada en vigencia del Decreto, la ANH se encarga de la administración integral de las reservas de hidrocarburos de propiedad de la Nación, mediante la fijación de políticas y le entrega a particulares o a ECOPETROL S.A., en igualdad de condiciones, la exploración y explotación de las áreas petroleras. Por su

parte ECOPETROL S.A., se responsabiliza de la exploración, producción, refinación, transporte y comercialización de hidrocarburos.

La reforma pretende otorgar a ECOPETROL mayor autonomía para el fortalecimiento de su visión empresarial y comercial, consolidándola como una empresa petrolera sólida y rentable en la búsqueda de decisiones que respondan a criterios de rentabilidad y capacidad para generar recursos propios. Mediante la creación de la ANH se reformó el sistema de contratación petrolera; hoy el País cuenta con dos nuevas modalidades de contrato: el Contrato de Evaluación Técnica –TEA`S- y el de Exploración y Producción - E&P. Con la modalidad de contratación de Evaluación Técnica, se busca evaluar el potencial de un área grande, con la finalidad de celebrar posteriormente un contrato E&P sobre una porción específica del área. El contratista se compromete a generar información técnica para la ANH. Los contratos tienen una duración de hasta 18 meses On-Shore y de 24 meses Off - Shore.

Según el gobierno nacional en los próximos años se verán los resultados de un sistema de contratación petrolera completamente diferente al anterior, con unas reglas de juego nuevas caracterizadas por:

- Modernización de los contratos de concesión.
- ECOPETROL puede ser o no socio.
- Mayor calentamiento de áreas.
- Regalías variables.

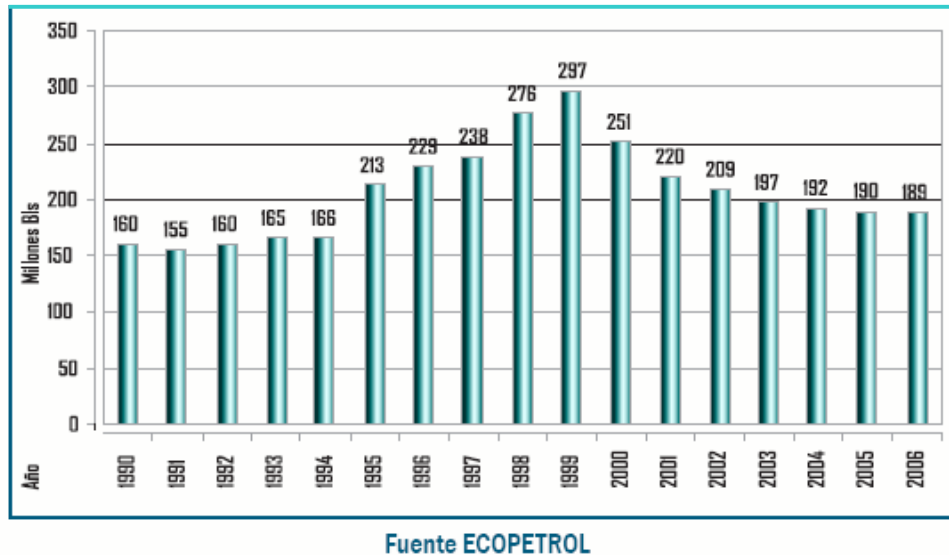
Durante los últimos años las reservas de petróleo han presentado disminución progresiva, debido a la ausencia de nuevos hallazgos y la

falta de reposición de las reservas consumidas. Al finalizar el 2005 las reservas de petróleo ascendían a 1,453 millones de barriles y a diciembre 31 de 2006, como dato preliminar, la ANH reportó 1,263 millones de barriles, sin considerar reevaluaciones, lo cual señala una disminución del 13%. Sin embargo, estos resultados son también debidos a los escasos esfuerzos exploratorios. En tal sentido podría ser necesario dotar a la ANH de una mayor capacidad operativa y de recursos para incrementar la probabilidad de nuevos hallazgos, los que no son independientes de la magnitud del esfuerzo exploratorio.

Los niveles de producción de los últimos años han venido declinando, aunque en 2006 y gracias a los programas en la operación directa se logró contener la disminución acelerada que se venía presentando desde comienzos del milenio. La gráfica 5 presenta la evolución de la producción de petróleo. Se puede observar que la tendencia es de disminución sostenida desde 1999, cuando se alcanzó el nivel máximo de producción en el País. El sistema de transporte de petróleo es excedentario debido a la continua disminución de la producción.

La capacidad total de refinación nacional asciende a 312,000 BPD, de la cual el 73% se procesa en la refinería de Barrancabermeja, el 23% corresponde a Cartagena y el restante 4% se procesa en pequeñas refinerías ubicadas en el interior del País. La capacidad nacional excede en volumen a la demanda de gasolina y algunos destilados medios, salvo el caso de ACPM donde la oferta es superada por la demanda. El transporte de derivados cuenta con la capacidad suficiente para atender la demanda actual; no obstante, en el mediano plazo se requiere de su ampliación en forma particular hacia el occidente del País.

Gráfica 5. Comportamiento de la producción de petróleo en Colombia



- **Gas Natural:** las actividades de exploración y explotación de gas son simultáneas con las del petróleo y en consecuencia sólo la perforación de los pozos confirma qué tipo de hidrocarburo se encuentra. Sin embargo, en cierto modo, la probabilidad de hallazgo de uno u otro hidrocarburo también depende de las características de las cuencas sedimentarias y por consiguiente del esfuerzo exploratorio en cada una de ellas.

Actualmente se realizan intensos programas de exploración de hidrocarburos, tendientes a incorporar nuevas reservas de gas natural y ampliar la capacidad de producción para proporcionar una mayor confiabilidad al sistema y asegurar el abastecimiento interno y las exportaciones de gas natural. Según estudios realizados, son grandes las perspectivas de encontrar nuevas reservas de gas natural en la Costa Atlántica, región que en la actualidad es objeto de gran actividad exploratoria. De acuerdo con la información suministrada por la ANH, las reservas remanentes de gas natural a diciembre 31 de 2005 ascendían a

6,711 GPC, de las cuales 1,710 GPC corresponden a la categoría de reservas no probadas.

1.3 PERSPECTIVA DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA

1.3.1 Energía en Colombia 2006-2025. El presente trabajo considera las estimaciones de la demanda de energía en el mediano y largo plazo que han sido realizados teniendo en cuenta los pronósticos de crecimiento económico, de la población, así como la política de precios y el uso de nuevas tecnologías. Los resultados de este análisis constituyen el escenario base de la prospectiva del Plan Energético Nacional 2006-2025, sobre el que se ha realizado un análisis de sensibilidad a ligeras variaciones de la economía y algunas medidas de política energética.

Las proyecciones de demanda se estiman empleando dos tipos de modelos: econométricos y analíticos. Estos últimos miran las condiciones del mercado y “deciden” cómo satisfacer la demanda bajo restricciones o preferencias (condiciones de frontera), teniendo en cuenta variables tecnológicas de los equipos de uso final que transforman los energéticos disponibles en energía útil. Los principales supuestos que determinaron el escenario base de proyección de energía en Colombia son los siguientes:

- **Producto Interno Bruto:** esta variable tomó en cuenta los escenarios de proyección de supuestos macroeconómicos disponibles a octubre de 2006, realizada por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el DNP. El escenario base prevé un crecimiento del 4% en el horizonte de pronóstico, salvo el 2006 que contempla un 4.8% y el 2007 un 4.5%.

- **Población:** se emplearon las expectativas de crecimiento de la población elaboradas por el DANE para el periodo 2003 - 2015 y para el periodo faltante se asumió que se comportaba de acuerdo con el promedio del periodo. Al cierre de supuestos de este ejercicio no se disponía de los resultados del censo de población realizado en 2005, en consecuencia se utilizó la proyección de la población con el anterior censo.

- **Precios:** para la proyección de los precios de los diferentes energéticos se empleó la regulación definida para cada uno de ellos. En específico, para estimar los precios de la gasolina y el ACPM se tomó como base el precio del petróleo empleando el escenario medio de precios del DOE-EIA Energy Outlook 2006, ajustado con precios de NYMEX a febrero de 2006.

Las demás variables componentes del precio, transporte por poliductos, el impuesto global y la tarifa de marcación, se proyectan con la TRM y con el IPC, y lo relativo al alcohol carburante con la devaluación y el IPP, indicadores cuya proyección se toma del DNP. En el caso del gas natural para uso en el sector transporte o GNV se estimó a partir del precio de la gasolina y se supuso que correspondería al 60% del precio de esta, en términos energéticos. Para la estimación del precio en boca de pozo del gas natural del campo Guajira, Opón y Payoa, se utilizaron los procedimientos establecidos en la resolución CREG 119/2005, mientras que el precio del Gas de Cusiana se estimó en 1.50 U\$/MBTU constantes de 2005 para el horizonte de proyección. Manejo de los hidrocarburos en el País. A partir de la entrada en vigencia del Decreto, la ANH se encarga de la administración integral de las reservas de hidrocarburos de

propiedad de la Nación, mediante la fijación de políticas y le entrega a particulares o a ECOPETROL S.A., en igualdad de condiciones, la exploración y explotación de las áreas petroleras. Por su parte ECOPETROL S.A., se responsabiliza de la exploración, producción, refinación, transporte y comercialización de hidrocarburos. La reforma pretende otorgar a ECOPETROL mayor autonomía para el fortalecimiento de su visión empresarial y comercial, consolidándola como una empresa petrolera sólida y rentable en la búsqueda de decisiones que respondan a criterios de rentabilidad y capacidad para generar recursos propios.

Mediante la creación de la ANH se reformó el sistema de contratación petrolera; hoy el País cuenta con dos nuevas modalidades de contrato: el Contrato de Evaluación Técnica –TEA`S- y el de Exploración y Producción - E&P. Con la modalidad de contratación de Evaluación Técnica, se busca evaluar el potencial de un área grande, con la finalidad de celebrar posteriormente un contrato E&P sobre una porción específica del área. El contratista se compromete a generar información técnica para la ANH. Los contratos tienen una duración de hasta 18 meses On-Shore y de 24 meses Off - Shore.

El contrato de Exploración y Producción, reemplaza el modelo de contrato de asociación que desde hacía 30 años que ECOPETROL suscribía cuando administraba los recursos del País. Con el actual modelo se pagan regalías variables, derechos a precios altos y uso del subsuelo; tiene una etapa de exploración de 6 años, extendidos a 4 años más; se otorga un periodo de evaluación de 1 a 2 años extensibles a 5 y el tiempo de explotación de 24 años es prorrogable hasta el agotamiento del

campo. Por otra parte se ha ido modificando, la reglamentación sobre regalías, introduciéndose el sistema escalonado que otorga un mayor atractivo a la explotación de campos medianos y pequeños. En los próximos años se verán los resultados de un sistema de contratación petrolera completamente diferente al anterior, con unas reglas de juego nuevas caracterizadas por:

- Modernización de los contratos de concesión.
- ECOPETROL puede ser o no socio.
- Mayor calentamiento de áreas
- Regalías variables

1.4 LOS ESCENARIOS, EL PRONÓSTICO Y LA PROSPECTIVA EN LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS*

Entre las herramientas que se plantean en el estudio del entorno que nos rodea para realizar una formulación acertada de estrategias y políticas en busca de un mejor **futuro**, se encuentra la **prospectiva***; ciencia ésta que tiene por objeto el estudio de las causas técnicas, científicas, económicas y sociales que aceleran la evolución del mundo, y la previsión de las situaciones que de ellas se derivan.

Es en esencia VISUALIZAR EL FUTURO, cuando éste no puede ser visto como una simple prolongación del pasado; tal visualización consiste en tener un panorama de los futuros posibles (llamados futuribles, representados cada uno de ellos en un escenario determinado. La prospectiva parte del concepto que el futuro aún no existe y *“se puede concebir como una realizar múltiple”* (Jouvenel, 1968) y que *“depende*

solamente de la acción del hombre” (Godet, 1987). Por esa razón, el hombre puede construir el mejor futuro posible, para lo cual debe tomar las decisiones correctas en el momento apropiado.

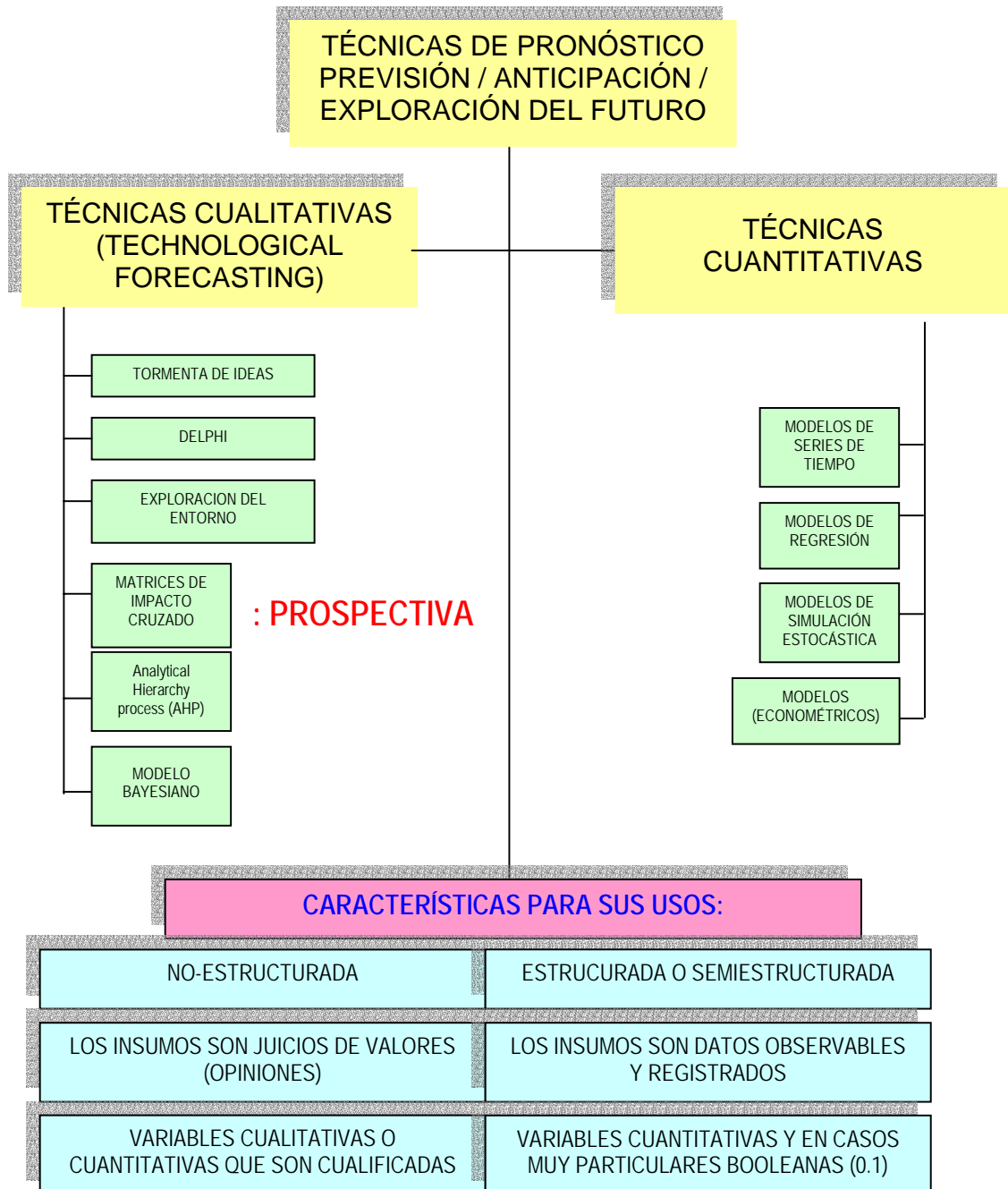
Existen muchos futuros posibles, pero de ellos sólo algunos tienen en este momento la mayor probabilidad de ocurrencia. En los próximos minutos puede ocurrir algo lo suficientemente importante, como para cambiar esa asignación de probabilidades. Por esa razón, la prospectiva debe ser capaz de identificar aquellos escenarios futuros que en el período que va del presente al horizonte del estudio, puedan presentarse. Mediante el uso de metodologías que son empleadas ampliamente en distintas disciplinas científicas, la prospectiva busca identificar los escenarios futuros más probables y deseables hacia los cuales debe enrumbarse una organización, una región o un país. Existen más de 120 metodologías distintas, aunque las más usadas son las mostradas en la gráfica 6:

- **Método Delphi:** que consiste en preguntarle a un grupo de personas (expertos y no expertos en el tema bajo análisis) sus opiniones (juicios de valor basados en conocimiento, experiencia, imaginación, sentido común o intuición), acerca del comportamiento a futuro de un grupo dado de variables (factores de cambio o “drivers”), con la finalidad de tener una idea lo más clara posible de la situación futura que esas variables producirán.

- **Método de Probabilidades de Bayes:** es la aplicación de las fórmulas derivadas del Teorema de Bayes a la determinación de las llamadas probabilidades revisadas; y que están asociadas a un conjunto dado de

hipótesis (escenarios posibles) mutuamente excluyentes, como consecuencia de la interacción de variables generadoras de futuros (“drivers”).

Gráfica 6. Técnicas de pronóstico



- **Método de la Matriz de Impacto cruzado:** su lógica básica subyacente consiste en hacer una exploración del futuro (prospectiva) sobre la base de las interacciones de una serie de variables (“drivers”) que pueden o no tener influencia sobre el tema bajo análisis dentro del horizonte temporal considerado.

- **Exploración del Entorno:** es una técnica muy simple de aprender pero muy poderosa por el nivel de análisis que permite, y que se basa en la identificación de variables de cambio (“drivers”) mediante el empleo de diferentes enfoques temáticos.

- **Método de Análisis Morfológico:** esta técnica persigue explorar todas las posibilidades en las que pueda evolucionar un sistema determinado. Para ello, es preciso identificar con gran precisión lo que se denominan los parámetros caracterizadores del tema bajo estudio.

Un adecuado balance en el uso de las distintas metodologías impide que se caiga en sesgos y enfoques unilaterales. La principal barrera a eliminar es tratar de “desaprender” y no extrapolar necesariamente el pasado. Eso permite tener la suficiente creatividad para vislumbrar las oportunidades que el futuro puede crear para nuestra organización. Sin embargo, no es recomendable desprenderse totalmente del pasado, pues se puede aprender mucho de él. Por eso la *prospectiva* “*debe usar el poder de la retrospectiva para transportarnos a futuros mejores*” (Johnston, 2002). *Extracto documento prospectiva 2.

Tal como lo define Michel Godet (1987), la prospectiva es “*la anticipación al servicio de la acción*”. Los estudios de prospectiva, aunados a una

labor de seguimiento permanente del desarrollo tecnológico, mediante la llamada “vigilancia o inteligencia tecnológica”, permiten racionalizar los esfuerzos de I + D, orientándolos hacia aquellos campos donde se podrán obtener los mayores impactos sociales y económicos, sin descuidar lo que en otras partes del mundo se viene investigando, desarrollando y patentando. La Prospectiva permite identificar:

- a) Las necesidades de la población y de las empresas en la sociedad futura.
- b) Las tecnologías emergentes que permitirán satisfacer dichas necesidades.
- c) Los programas de investigación y desarrollo (I + D) de nuevas tecnologías, en los casos que no exista una tecnología emergente en este momento.

La Prospectiva se fundamenta a su vez en la construcción de **escenarios** y en el proceso de **pronóstico** basado en técnicas cuantitativas y cualitativas. **El escenario** es la descripción de una **situación** que pueda o pudiese presentarse como resultado de una acción o por una dinámica evolutiva en el tiempo. En tal sentido, se refiere a algo que puede pasar; bien sea como consecuencia de una decisión o acción que tomemos, o como consecuencia de una tendencia en el TIEMPO. De igual forma, **el pronóstico** es el proceso relativo a “precisar” lo que va a PASAR, como consecuencia de una acción determinada, o como consecuencia de la dinámica evolutiva de un proceso de naturaleza esencialmente INCIERTA. Pronosticar es esencia sinónimo de PREDECIR.

De esta reflexión, concluimos que los ejercicios de prospectiva, son en realidad una plataforma fundamental para el diseño y formulación, tanto de políticas como de estrategias en cualquier institución u organización de las sociedades contemporáneas. Todo ejercicio de prospectiva llevará implícitos el uso de los ESCENARIOS, como medio descriptivo de sus resultados; así como el uso del PRONÓSTICO como finalidad propiamente dicha de lo que se quiere visualizar: LA CARACTERIZACIÓN DEL FUTURO.

Si entendemos que el **futuro** comienza hoy y que somos **actores claves** en la construcción del FUTURO DESEADO; ese tal FUTURO DESEADO puede ser visto como un ESCENARIO; escenario éste, donde se describe la caracterización de lo que se desea ó se quiere llegar a ser. Dentro de este orden de ideas, es necesario hacer una clasificación de los llamados ESCENARIOS, en las siguientes categorías:

- **ESCENARIOS EXPLORATORIOS O DESCRIPTIVOS:** los cuales son aquellos donde se describen las posibles situaciones que pudiesen presentarse. (A juicio del equipo de expertos) a través de una matriz de impactos.

- **ESCENARIOS NORMATIVOS O PRESCRIPTIVOS:** los cuales se usan para describir un DEBER SER o situación que se DESEA ALCANZAR.

Aunque de acuerdo a la manera de describir un escenario pueden ser:

- **Escenarios no-formales:** es una simple descripción verbal, donde se hace prácticamente una narración de la situación que se pretende caracterizar.

- **Escenarios formales:** se hace mediante la definición de un CONJUNTO DE VARIABLES DESCRIPTORAS de la situación que se pretende caracterizar, entendiéndose por definición de tales variables, su descripción clara y precisa en términos de sus significados y escalas de medición respectiva.

Igualmente la tarea de PRONOSTICAR puede ser sencilla o difícil dependiendo, en principio, del GRADO DE COMPLEJIDAD del problema que estamos tratando. En el ÁREA DE POLÍTICAS PUBLICAS, lo usual es tratar problemas con alto grado de dificultad para su solución, en particular DIFÍCIL DE MODELAR EN FORMA APROPIADA.

La tarea de hacer PRONÓSTICO en el área ECONÓMICA no es nada fácil; menos fácil en lo social, y quizás mucho menos fácil en lo político. De ello, se deriva la lógica conclusión, de que es realmente difícil HACER PRONÓSTICOS CONFIABLES en el área de los problemas relativos a un país; y por ende en lo concerniente a POLÍTICAS PUBLICAS. Son muchos los ANÁLISIS EXCELENTES que se hacen; pero siempre después DE QUE TODO HA OCURRIDO. ¿Es esto útil para una TOMA DE DECISIONES EFICAZ, EFICIENTE Y OPORTUNA? Definitivamente, no lo es. Por ello, el intentar tener una idea lo más clara posible o al menos, lo más APROXIMADA POSIBLE de lo que puede pasar, con relación a alguna situación de nuestro interés, es realmente algo CRITICO EN EL DISEÑO DE LAS POLÍTICAS PUBLICAS de cualquier sector. Ahora bien, ¿porqué se hace difícil pronosticar en éstas áreas?.

La razón de ello, se basa en los siguientes aspectos "claves" para entender el problema que estamos manejando:

1. La naturaleza NO-ESTRUCTURADA, COMPLEJA, DINÁMICA, AMBIGUA E INCIERTA, usuales en los problemas relativos a las realidades políticas, sociales o económicas de los países.

2. La falta de DATA, que haga posible la construcción de modelos matemáticos ó estadísticos, es decir, no se tiene información que haga posible el establecimiento de PATRONES HISTÓRICOS DE COMPORTAMIENTO; ó simplemente la no existencia de tales patrones de comportamiento.

3. Fragilidad metodológica y conceptual; además de la poca validez de las teorías utilizadas para explicar confiablemente, el comportamiento de los sistemas económicos, políticos y sociales; y por ende los problemas relativos al área de Políticas Publicas. Quizás, la razón de ello estriba en que EL HOMBRE ACTÚA COMO CENTRO DE LOS PROCESOS; y ello hace POCO PREDECIBLE, LOS MISMOS; dada la irracionalidad de muchas de sus actuaciones es importante hacer notar que en la práctica pueden ser utilizados ambos ENFOQUES, conduciendo así a los PROCESOS DE PLANIFICACIÓN HÍBRIDOS.

El pronosticar está altamente vinculado a la tarea de MODELAR la realidad bajo estudio. El uso de MODELOS MATEMÁTICOS Y ESTADÍSTICOS (en especial los modelos basados en la lógica dicotómica ó bivaluada), producto del avance de las CIENCIAS DURAS (HARDSCIENCES), ha sido exitoso, cuando el mundo en que vivimos es “susceptible” de ser descrito en términos de LO EXACTO o de LO PRECISO; pero es bastante LIMITADO a la hora de solucionar problemas relativos al área de políticas públicas; a lo sumo, pueden ser

usados como INSUMOS DE INFORMACIÓN en la visualización global del problema.

Para solucionar este problema concerniente a lo ambiguo, incierto, impreciso la evolución de las CIENCIAS BLANDAS O HUMANÍSTICAS ha permitido la aparición de una teoría de conjuntos y LÓGICA DIFUSA, QUE ES UNA LÓGICA no bivaluada sino infinito-valuada, es decir, una lógica con INFINITOS grados de verdad llamada.

Dentro de éste contexto, es necesario entender las características típicas ó fundamentales de éste tipo de problemas PARA OPTIMIZAR y RACIONALIZAR el esfuerzo de pronosticar en ellos. A continuación se señalan las características típicas de los problemas a que usualmente hay que enfrentarse en estas áreas; aplicables análogamente en la gerencia de organizaciones tanto públicas como privadas:

- La naturaleza NO-ESTRUCTURADA, COMPLEJA, DINÁMICA, AMBIGUA E INCIERTA, usuales en los problemas relativos a las realidades políticas, sociales o económicas de los países.
- La falta de DATA, que haga posible la construcción de modelos matemáticos o estadísticos, es decir, no se tiene información que haga posible el establecimiento de PATRONES HISTÓRICOS DE COMPORTAMIENTO; o simplemente la no existencia de tales patrones de comportamiento.
- Fragilidad metodológica y conceptual; además de la poca validez de las teorías utilizadas para explicar confiablemente, el comportamiento de los

sistemas económicos, políticos y sociales; y por ende los problemas relativos al área de Políticas Públicas. Quizás, la razón de ello estriba en que EL HOMBRE ACTÚA COMO CENTRO DE LOS PROCESOS; y ello hace POCO PREDECIBLE, LOS MISMOS; dada la irracionalidad de muchas de sus actuaciones.

Vivimos ante UNA COMPLEJA REALIDAD política, económica y social, inundada de miles de problemas en distintos ámbitos y niveles. Esa compleja realidad, signada de “problemas tales como: inflación, desempleo, recesión económica, sobrevaluación de la moneda, desnutrición, hambre, pobreza, analfabetismo, inseguridad jurídica, corrupción, pérdidas de valores, conflictos laborales, incertidumbre política, ausencia de estrategias adecuadas, etc.”

También amerita de una evaluación de la SITUACIÓN (HOY), así como también de una visualización de cómo será esa SITUACIÓN (MAÑANA)-EL FUTURO, de seguir las TENDENCIAS DOMINANTES en las mismas. Para esto, se hace “indispensable” hacer UNA PROSPECTIVA de nuestra realidad en los distintos ámbitos de los problemas, para con ello poder CONTRASTAR una “realidad” futura PREDECIBLE con una “realidad” futura DESEABLE.

Los ejercicios tanto de “pronóstico” como de ANÁLISIS DE PROSPECTIVA nos darán la posibilidad de:

- Visualizar “las tendencias dominantes” que nos describen el futuro, a través.

- Ayudar a visualizar EL FUTURO DESEADO Y FACTIBLE que queremos alcanzar.

- Visualizar “LAS BRECHAS”, a juicio de los expertos, entre “EL FUTURO DESEADO” y “EL FUTURO PREVISIBLE”, como consecuencia de LAS DECISIONES que en materia de POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS se vienen adoptando.

En este orden de ideas, LA PROSPECTIVA como proceso, se apoya en el SUBPROCESO denominado CONCEPTO o PENSAMIENTO ESTRATÉGICO, el cual es la fase inicial del PROCESO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA. En tal sentido LA PROSPECTIVA como proceso:

1- VISUALIZA FUTURO: abanico o panorama de escenarios probables (futuribles).

2- UTILIZA EL PRONOSTICO: predecir lo futuro, conocer de antemano lo que puede pasar.

3- CONLLEVA A LA PREVISIÓN: tomar las decisiones con la ANTICIPACIÓN requerida para evitar lo no-deseado, o por el contrario, aprovechar una oportunidad previsible.

Es importante que se tengan claros los vínculos entre PRONÓSTICO, PROSPECTIVA Y PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA; ya que todo ello forma parte del PENSAMIENTO ESTRATÉGICO. EL PROCESO DE

PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA se lleva a cabo a través de cuatro fases fundamentales:

- El Concepto estratégico.
- Formulación de la estrategia: El Plan Estratégico.
- Planes Tácticos y Operacionales.
- Ejecución de la Estrategia (planes tácticos y operacionales).

1.5 LA PROSPECTIVA Y EL PRONÓSTICO EN EL DISEÑO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

La importancia, de lo que son las características fundamentales de los problemas de pronóstico relativos a Políticas Públicas y de LA GERENCIA PÚBLICA en general; es tener en claro, la necesidad del uso de LAS TÉCNICAS BASADAS EN ESCENARIOS, como instrumentos de PRONÓSTICOS indispensables en el DISEÑO Y FORMULACIÓN DE TALES POLÍTICAS. Analicemos este punto con mayor profundidad, ya que ello es fundamental, para comprender a cabalidad el rol del PRONÓSTICO en la gerencia gubernamental.

Vivimos ante UNA COMPLEJA REALIDAD política, económica y social, inundada de miles de problemas en distintos ámbitos y niveles.

Esa compleja realidad, signada de "problemas tales como: inflación, desempleo, recesión económica, sobrevaluación de la moneda, desnutrición, hambre, pobreza, analfabetismo, inseguridad personal, abusos de poder, violación de los derechos humanos, inseguridad jurídica, corrupción, pérdida de valores, conflictos laborales,

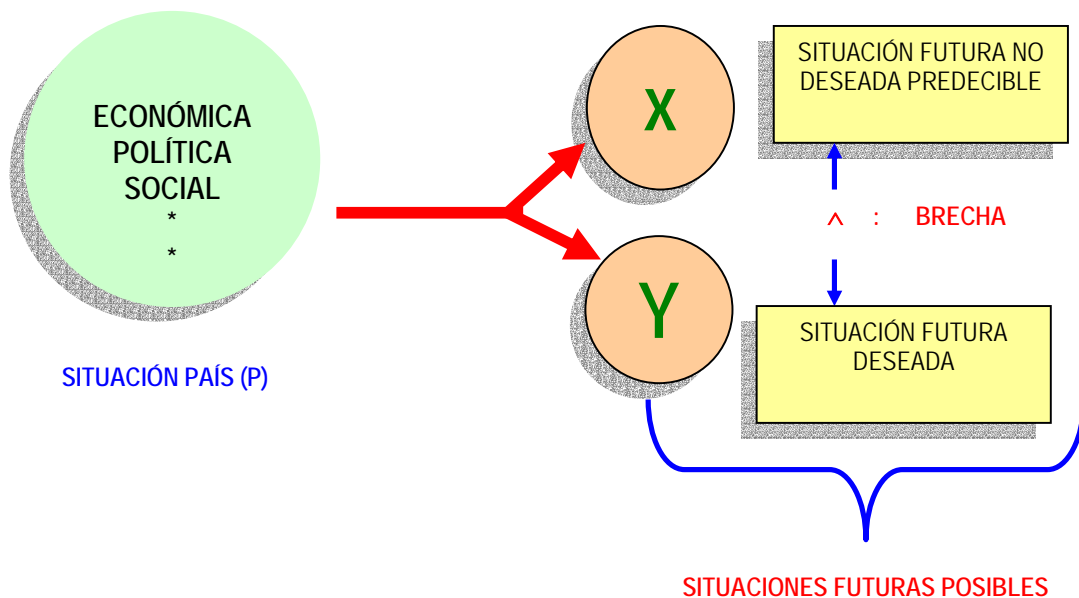
incertidumbre política, ausencia de estrategias adecuadas, etc."; amerita de una "evaluación" de la SITUACIÓN (HOY), así como también de una "visualización" de cómo será esa SITUACIÓN (MAÑANA)- EL FUTURO, de seguir las TENDENCIAS DOMINANTES en las mismas.

Para esto, se hace "indispensable" hacer UNA PROSPECTIVA de nuestra realidad en los distintos ámbitos de los problemas, para con ello poder CONTRASTAR una "realidad" futura PREDECIBLE con una "realidad" futura DESEABLE. Los ejercicios tanto de "PRONOSTICO" como de ANÁLISIS PROSPECTIVA nos darán la posibilidad de:

- Visualizar "las tendencias dominantes", que nos describen el FUTURO, de permanecer con los brazos cruzados; o no tomar LAS DECISIONES PUBLICAS que deben ser tomadas para enfrentar los graves problemas que se pueden estar viviendo.
- Ayudar a Visualizar EL FUTURO DESEADO Y FACTIBLE que debemos alcanzar.
- Visualizar "LAS BRECHAS", a juicio de los expertos, entre "EL FUTURO DESEADO" Y "EL FUTURO PREVISIBLE", como consecuencia de LAS DECISIONES que en materia de POLÍTICAS y ESTRATEGIAS se vienen adoptando.

El gráfico 7 facilita la comprensión de lo que se quiere recalcar:

Gráfico 7. Futuro deseado y futuro factible



El cuadro 2 expresa con claridad la idea central en cuanto a lo “incierto” en el éxito de cualquier POLÍTICA o ESTRATEGIA de carácter público.

Cuadro 2. Éxito de las políticas y estrategias públicas

ÉXITO DE LAS POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS PÚBLICAS						
FACTORES CONTROLABLES		FACTORES NO CONTROLABLES				
Decisiones de políticas y estrategias	Ejecuciones de planes, programas y estrategias.	Conflictos de intereses	Juegos de poderes	Situación internacional	Desastres naturales	Otras variables exógenas
LA PROBABILIDAD DE ÉXITO						

En adición, a estos ejercicios de exploración de futuro, que nos dan LUZ sobre tendencias dominantes, y así tener una idea aproximada, pero con suficiente información, de lo que en líneas generales, puede pasar; de igual manera es también importante estar en CAPACIDAD DE HACER

SEGUIMIENTO; para en base a las evidencias observables y constatables, poder hacer los correctivos que fuesen necesarios realizar. ¿Qué importancia tiene el poder tener, esta CAPACIDAD DE HACER SEGUIMIENTO? Sin ella, se estará conduciendo un aeroplano de noche, en plena tormenta y SIN EQUIPO INSTRUMENTAL, es decir, A CIEGAS. ¿Es esto correcto o inteligente para la conducción de una organización o más grave, de UN PAÍS? Definitivamente ¡no!; ello es, real y auténticamente una locura. El fundamento tanto LÓGICO como CONCEPTUAL de lo aquí expuesto, radica en comprender a cabalidad LO QUE ES UNA POLÍTICA PUBLICA Y SU ESTRATEGIA DE INSTRUMENTACIÓN.

Lo que si podemos "diferenciar" es EL CONCEPTO DE "PROSPECTIVA" COMO PROCESO, de los conceptos de "FORECASTING Y PREVISIÓN" como procesos. De hecho, recordemos el significado de la palabra prospectiva en el diccionario de la lengua castellana: "adj.

Relativo a la prospección. Ciencia que tiene por objeto el estudio de las causas técnicas, científicas, económicas y sociales que aceleran la evolución del mundo; y la previsión de las situaciones que de ella se derivan".

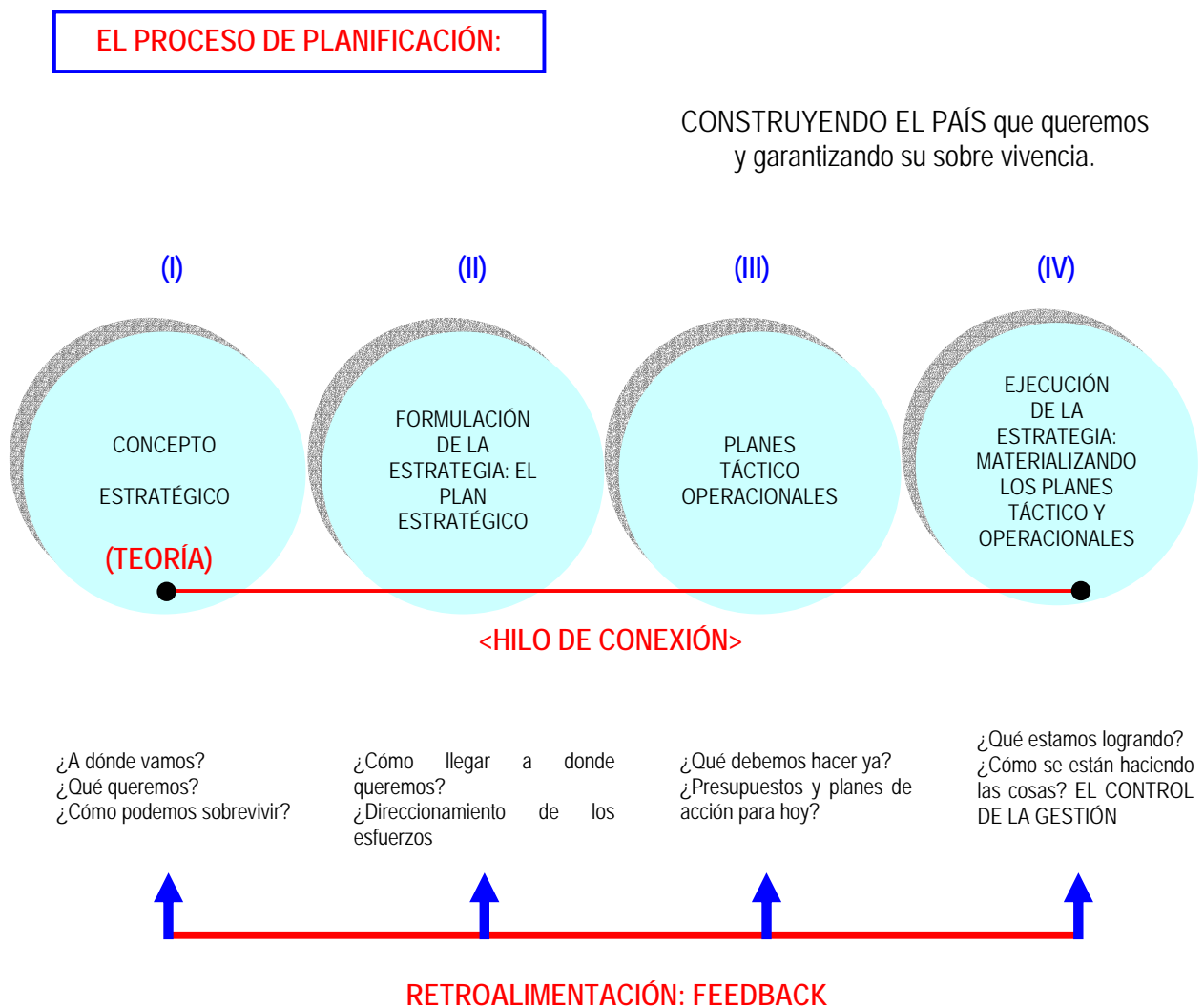
En tal sentido LA PROSPECTIVA como proceso:

- 1. VISUALIZA FUTURO:** abanico o panorama de escenarios probables (futuribles).
- 2. UTILIZA EL PRONÓSTICO:** predecir lo futuro, conocer de antemano lo que puede pasar.

3. CONLLEVA A LA PREVISIÓN: tomar las decisiones con la ANTICIPACIÓN requerida para evitar lo no-deseado, o por el contrario, aprovechar una oportunidad previsible.

En el gráfico 8 se ilustra el proceso de Planificación Estratégica en el que juega un papel fundamental la Prospectiva.

Gráfica 8. El proceso de la planificación



1.6 RETROALIMENTACIÓN: FEEDBACK

Para que las políticas y estrategias nos conduzcan a obtener el futuro deseado, debemos estar en CAPACIDAD DE HACER SEGUIMIENTO; para en base a las evidencias observables y constatables, poder hacer los correctivos que fuesen necesarios realizar. Ahora bien: ¿Dónde se enlazan LA PROSPECTIVA y EL PRONOSTICO, como procesos, con LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA? Los resultados obtenidos de LA PROSPECTIVA y de los ejercicios particulares de pronóstico que ameriten llevarse a cabo, serán <INSUMOS>, es decir, alimentarán la FASE (I) del proceso; o sea, la formulación del llamado CONCEPTO ESTRATÉGICO.

A través de LA PROSPECTIVA se deberán visualizar aquellos cambios TECNOLÓGICOS, ECONÓMICOS, CIENTÍFICOS, POLÍTICOS, SOCIALES que marcarán las pautas del desarrollo global de las sociedades; y con ello LOS ESCENARIOS FUTUROS donde un país estará, inevitablemente insertado. Este futuro previsible nos dará LUZ PARA ACTUAR ANTICIPADAMENTE y con ello TOMAR LAS PREVISIONES que sean necesarias tomar.

Tales previsiones, no son otra cosa que POLÍTICAS y ESTRATEGIAS que: (a) garanticen un posicionamiento o sobre vivencia; (b) permitan aprovechar las oportunidades que se presenten. Esto constituye el ámbito de "LA IMPORTANCIA" en las DECISIONES ESTRATÉGICAS de las organizaciones (Gobiernos, corporaciones, empresas, instituciones, etc.). En otro orden de ideas, el uso del PRONOSTICO permite ver hacia donde pueden EVOLUCIONAR LAS SITUACIONES QUE HOY NOS

AFECTAN; para con ello prever y anticiparse a los ESCENARIOS NO-DESEADOS, como consecuencia de no tomar las decisiones que sean requeridas, o de tomar las decisiones que no sean las mas correctas y/o apropiadas. Como se trata de cómo puede evolucionar ese problema o situación que <HOY> nos afecta; ello implica actuar en el ámbito de "LA URGENCIA" de las DECISIONES ESTRATÉGICAS. Desgraciadamente en el marco de los países que estamos en vías de desarrollo, lo usual es que "LA URGENCIA" prevalece casi total y absolutamente sobre "LA IMPORTANCIA": se toman decisiones para hoy; pero no para el mañana. El gráfico 9 representa gráficamente lo que aquí se ha expuesto:

Gráfica 9. Concepto estratégico

¿QUE AUMENTA LA FORMULACIÓN DEL CONCEPTO ESTRATÉGICO?:

(I) Entorno (Cambiante)

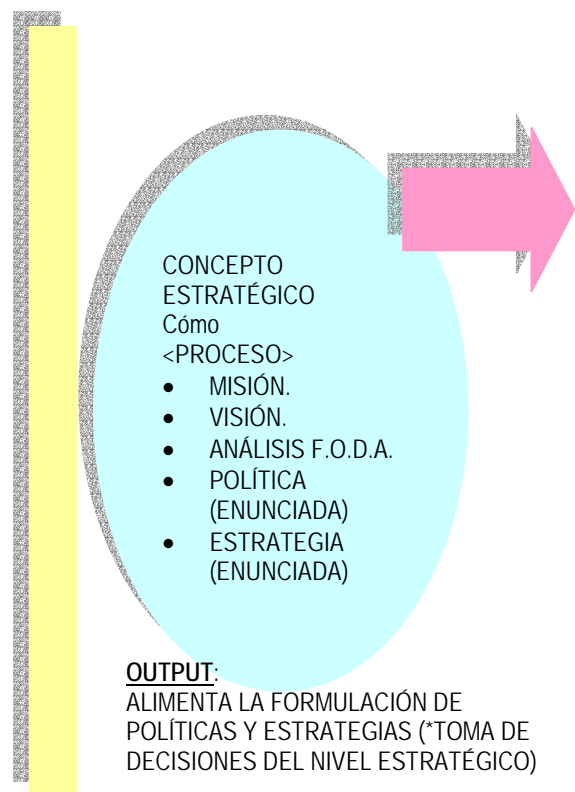
- **LA PROSPECTIVA:** ¿(95 CAMBIOS TECNOLÓGICOS, POLÍTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES que se avecinan y que inevitablemente impactarán nuestras realidades, nuestro futuro.

• **(LA IMPORTANCIA)
VISIÓN DE LARGO PLAZO:**

- **EL PRONOSTICO:** visualización de las tendencias dominantes en nuestras realidades: Económicas, Sociales, Políticas, Tecnológicas. ¿Como van a evolucionar las situaciones y problemas de hoy para el mañana?

- Realidad de la pequeña y mediana Industria y su FUTURO.
- Realidad del Sistema Judicial y su futuro.

• **(LA URGENCIA)
VISIÓN DE CORTO PLAZO**



1.7 DINÁMICA DE SISTEMAS

- Dinámica de Sistemas:
 - Modelado y Simulación con Dinámica de Sistemas.
 - Simbología Utilizada en Diagramas de Forrester.
 - La Dinámica de Sistemas y algo más.
- Construcción de Modelos con Dinámica de Sistemas
 - Enfoque de Modelado.
 - Elementos de la Dinámica de Sistemas.

“La Dinámica de Sistemas suministra un método para el modelado de sistemas... Su principal aportación reside en suministrar útiles para pasar de la estructura del sistema a un sistema de ecuaciones diferenciales”.

Javier Aracil

1.7.1 Modelado y Simulación con Dinámica de Sistemas

- ◆ El proceso de simulación proporciona el conjunto de valores de las variables en cada instante.
- ◆ La Dinámica de Sistemas orienta el proceso de construcción de un modelo matemático estructural de un fenómeno y posibilita simular su comportamiento dinámico en el transcurrir del tiempo, o de otra variable independiente.
- ◆ La Dinámica de Sistemas es una metodología que guía mediante un conjunto de pasos bien definidos el proceso de construcción formal de modelos matemáticos.











Pasos:

1. Observar los modos de comportamiento del sistema real para tratar de identificar los elementos fundamentales del mismo.
2. Buscar las estructuras de realimentación que puedan producir el comportamiento observado.
3. A partir de la estructura identificada, construir el modelo matemático de comportamiento del sistema en forma idónea para ser tratado sobre un computador.
4. Simular el modelo.
5. La estructura se modifica hasta que sus componentes y el comportamiento resultante coincidan con el comportamiento observado en el sistema real.
6. Se modifican las decisiones que pueden ser introducidas en el modelo de simulación hasta encontrar decisiones aceptables.

1.7.2 Simbología Utilizada en los Diagramas de Forrester

- ◆ El diagrama de Forrester facilita el planteamiento del conjunto de ecuaciones diferenciales que constituyen el modelo matemático.
- ◆ El diagrama de Forrester se construye a partir del diagrama causal, añadiendo elementos que indican el como del funcionamiento del sistema, tal como lo muestra el cuadro 3:

Cuadro 3. Simbología Utilizada en los Diagramas de Forrester

	Nube: representa una fuente o pozo. Se interpreta como un nivel inagotable y que no tiene interés
	Nivel: es la variable de estado; representa una acumulación de flujos
	Flujo: es la variación de un nivel; representa un cambio en el estado del sistema
	Canal de Material: es la transmisión de una magnitud física que se conserva
	Canal de Información: es la transmisión de información que no se necesita conservar
	Variable Auxiliar: cantidad con cierto significado para el modelador (que no siempre tiene un significado físico en el mundo real) y con un tiempo de respuesta instantáneo
	Parámetro: es un elemento del modelo independiente del sistema o una constante propia del sistema que no varía durante una corrida de simulación
	Variable Exógena: variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema
	Retardo: es un elemento que simula retrasos en la transmisión de información o de material entre los elementos del sistema
	No-Linealidad: representa una relación de no linealidad entre dos variables ¹

1.7.3 La Dinámica de Sistemas y algo más. La Dinámica de Sistemas al conjugarse con los conceptos y herramientas desarrolladas por la teoría de análisis de Sistemas Dinámicos Lineales y no Lineales, y los aportes de la simulación; puede afrontar aspectos tan importantes como el análisis de sensibilidad, de estabilidad y en general aspectos del análisis cualitativo del comportamiento del sistema dinámico en estudio.

1.7.4 Construcción de modelos con Dinámica de Sistemas. "Un modelo es simplemente, un cuerpo ordenado de hipótesis acerca de un sistema complejo, es un intento por entender algún aspecto de la infinita variedad de ellos que presenta el mundo, seleccionando a partir de percepciones y de experiencias pasadas, un cuerpo de observaciones generales aplicables a un problema". **Donella H. Meadows**

1.7.5 Enfoque de Modelado. Para la elaboración de los modelos formales, se pueden seguir 2 enfoques:

1. Enfoque conductista: Orienta el estudio de los fenómenos a través del análisis de sus elementos o partes componentes por separado.
2. Enfoque estructuralista: Guía la construcción de un modelo tras un análisis de los distintos elementos que intervienen en el sistema.

- ◆ Una metodología de modelado estructural con enfoque sistémico es la Dinámica de Sistemas.
- ◆ Se puede realizar un modelo que represente el comportamiento dinámico.

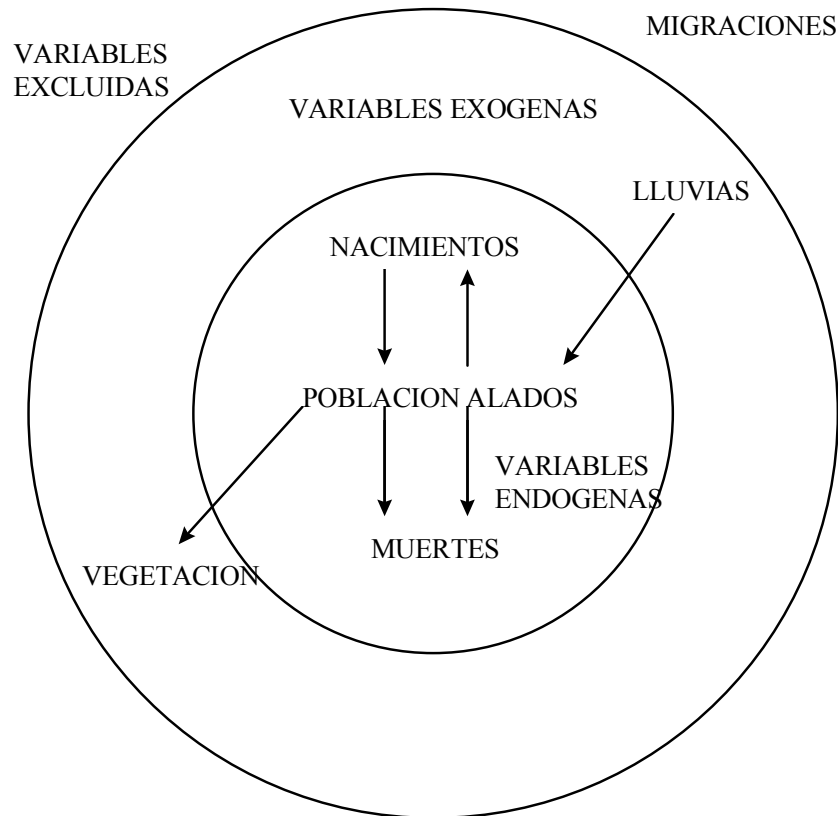
1.7.6 Elementos de la Dinámica de Sistemas. “La Dinámica de Sistemas integra el conocimiento acerca del mundo real, con los conceptos de cómo la estructura de realimentación determina los cambios a través del tiempo”.

Forrester

- ◆ Modelo Conceptual y límites del Sistema.
- ◆ Diagrama Causal.
- ◆ Diagrama de Forrester.
- ◆ Modelo Matemático.
- ◆ Variables Agregadas.
- ◆ Simulación y Experimentación.
- ◆ Análisis de Sensibilidad.
- ◆ Validez y Utilidad de los modelos.

1.7.7 Modelo Conceptual y límites del sistema

Gráfica 10. Modelo Conceptual y límites del sistema



En el modelo conceptual se integran los aspectos o elementos fundamentales que caracterizan el fenómeno en estudio. A su vez, estos elementos y las relaciones entre ellos determinan los límites del sistema y la estructura básica del comportamiento dinámico del fenómeno. Los elementos señalados se denominan endógenos por estar al interior del sistema y afectar y ser afectados por este. A su vez, existen otros elementos denominados exógenos que se deben considerar en el modelo si afectan su comportamiento o son afectados por éste y dicho efecto es de interés para los objetivos del estudio.

1.7.8 Diagrama Causal

- ♦ El diagrama causal permite conocer la estructura del Sistema Dinámico.
- ♦ Hay 2 clases de relación:
 - Causal: Aquella en la cual el elemento A determina el comportamiento al elemento B (causa-efecto).
 - Relación correlativa: Aquella en donde existe una correlación entre 2 elementos del sistema.

Población de Insectos $\xrightarrow{+}$ **Nacimiento de Insectos**

Relación Causal

Enfermedades $\xrightarrow{+}$ **Drogas**

Relación Correlativa

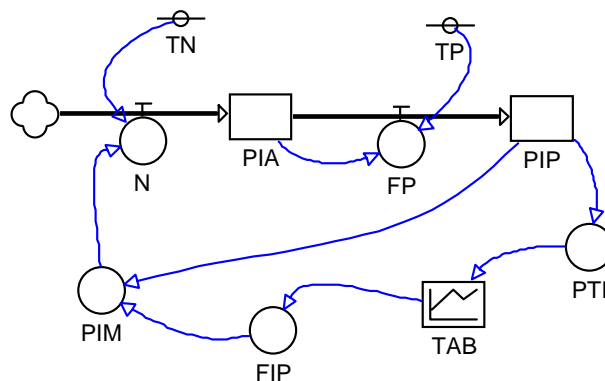
- ♦ En un diagrama causal complejo, se presenta las diferentes relaciones causales que generan a su vez diversos bucles de realimentación que se afectan mutuamente.
- ♦ Se pueden identificar estructuras básicas que ayudan a explicar el comportamiento del sistema, como son:
 - Bucles de realimentación positiva y negativa.
 - Sistemas de 2° orden.
 - Acoplamiento de bucles de realimentación.

◆ **Orientación:**

- Evitar bucles ficticios.
- Emplear elementos que son fácilmente caracterizables por números.
- No emplear dos veces la misma relación en un mismo modelo.
- Evitar bucles redundantes.
- No emplear el tiempo como un factor causal.

La gráfica 11 muestra un modelo en términos del Diagrama de Forrester:

Gráfica 11. Diagrama de Forrester



El cuadro 4 da una explicación del diagrama anterior:

Cuadro 4. Explicación diagrama de Forrester

No.	C	Símbolo	Descripción
1	N	PIA	Población de insectos alados
2	N	PIP	Población de insectos que pican
3	F	N	Nacimientos
4	F	FP	Flujo de picada
5	C	TP	Tasa de picada
6	C	TN	Tasa de natalidad
7	A	PIM	Población de insectos madres
8	A	PTI	Población total de insectos
9	A	FIP	Factor índice de paridad
10	A	IP	Índice de paridad

Notación y clasificación de los elementos del diagrama de Forrester

1.7.9 Modelo Matemático

- ◆ Corresponden al conjunto de ecuaciones lineales o no lineales que permiten simular el comportamiento dinámico del fenómeno en estudio, al describir las trayectorias temporales de las variables consideradas.
- ◆ Un modelo matemático constituido con la metodología de la Dinámica de Sistemas, se representa con ecuaciones de nivel, ecuaciones de flujo, y ecuaciones de variables auxiliares.
- ◆ **Ecuaciones:**
 - De nivel: $PIA(t+t) = PIA(t) + (N(t) - FP(t)) * t$
 - De flujo: $F(t) = f(N(t), A(t), P, C)$
 - De variables auxiliares: $PTIM(t) = PTI(t) x FIP(t)$
 - De retardos: $IPH(t+t) = IPH(t) + (FP(t) - FO(t)) * t$

1.7.10 Variables Agregadas

- ◆ Se define un modelo agregado, cuando se presentan grandes generalidades y poco detalle. El nivel de agregación se define de acuerdo con las siguientes consideraciones:
 1. Empezar con un elevado nivel de agregación y posteriormente entrar en más detalle.

2. Cuanto más amplia sea la realidad a modelar, tanto en el espacio como en el tiempo, mayor nivel de agregación se requiere.
3. El grado de agregación escogido depende fundamentalmente de la experiencia del modelador.

1.7.11 Simulación y Experimentación

- ♦ La Simulación requiere una plena definición matemática del modelo, la especificación de la simulación, las condiciones de la simulación, y un soporte computacional apropiado.

1.7.12 Análisis de Sensibilidad. Consiste en evaluar la estabilidad del modelo al estudiar la respuesta del mismo frente a variaciones de sus parámetros y de las condiciones iniciales más importantes.

1.7.13 Validez y Utilidad de los modelos. La validez del modelo se puede evaluar por:

- La consistencia en la definición de los elementos y las relaciones que conforman el modelo, aportada por el conocimiento acumulado por las diversas investigaciones sobre el fenómeno y el conocimiento directo aportado por los expertos, esto aplicado paso a paso en el proceso de modelado.

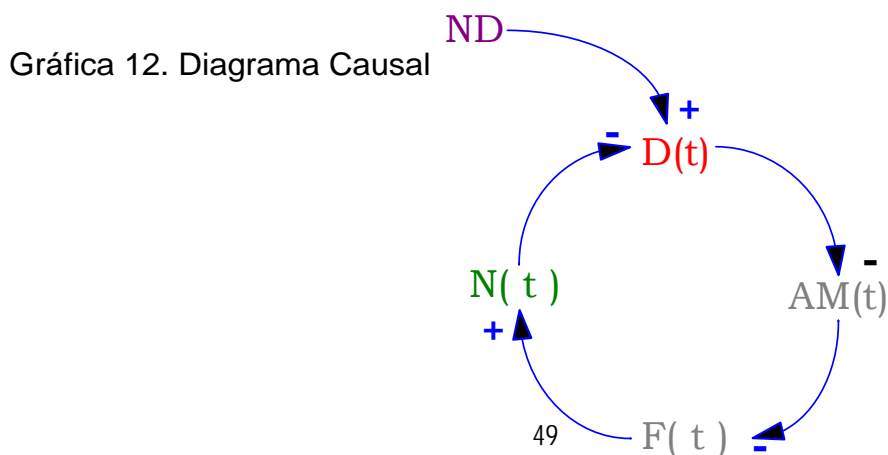
- La consistencia y la validez de la estructura del modelo frente a variaciones dentro de rangos posibles de sus parámetros y sus condiciones iniciales de acuerdo con la realidad.

- El grado satisfactorio de correlación entre el comportamiento esperado, en la definición del modelo conceptual, y el observado en la simulación.

1.7.14 Ejercicio de Ilustración. "Cuando se llena un vaso de agua lo inmediato es pensar en una relación de causa efecto en virtud de la cual la abertura del grifo determina el nivel del agua en el vaso, olvidando que, a su vez, la abertura del grifo viene determinada por el nivel del agua en el vaso, a través de la vista y de las actuaciones del que lo esta llenando"

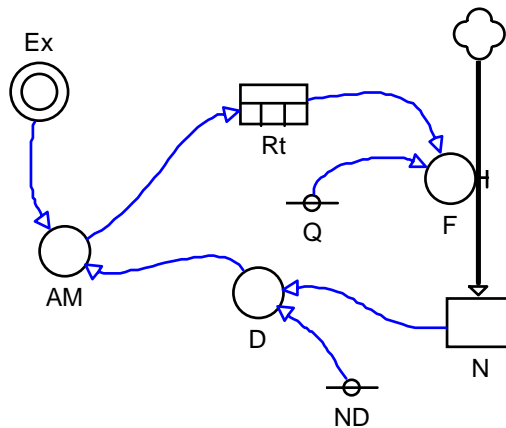
- ◆ Los elementos fundamentales del fenómeno ejemplo son:
 - Nivel deseado (ND) → parámetro.
 - Nivel del agua en cada instante $N(t)$ → variable de nivel (define el estado del sistema, acumula la acción del flujo en el tiempo).
 - Diferencia entre el nivel actual $N(t)$, y el nivel deseado ND $D(t)$ → Variable auxiliar.
 - Efecto de la acción de la mano al regular el flujo (según la orden del cerebro) $AM(t)$ → variable auxiliar (En el diagrama Causal se asume acción de cerrar la llave).
 - Medida de agua a través del grifo $F(t)$ → variable de flujo.

A continuación el diagrama 12 nos muestra las relaciones de influencia.



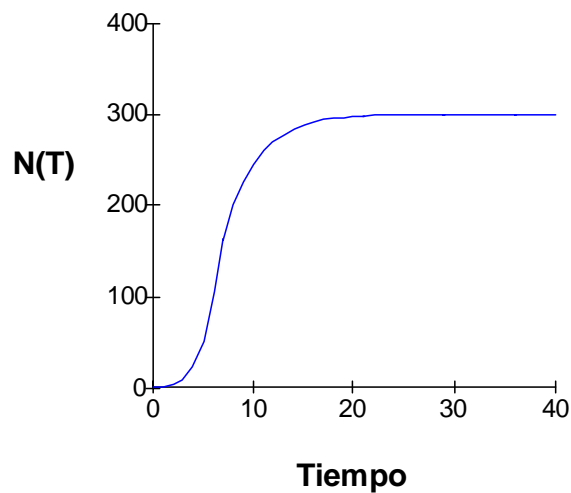
A partir del diagrama de influencias se crea el diagrama de Forrester como lo muestra el diagrama 13:

Gráfica 13. Diagrama Forrester



Las gráficas son el resultado de la simulación de anterior modelo y que nos permite observar el comportamiento de las variables seleccionadas como lo muestra la gráfica 14:

Gráfica 14. Simulación



1.8 EVOLUCIÓN

Este software ha sido desarrollado por el grupo SIMÓN, de investigaciones en modelos y simulación, como una herramienta con el propósito de aportar que la dinámica de sistemas llegue a estudiantes, docentes, investigadores, responsables de planeación y toma de decisiones; en general a los constructores de imágenes del mundo de hoy y del que deseamos.

* **Requisitos Software:**

- Sistema Operativo Windows 95, 98, Millennium Edition, 2000, NT, XP ó superior.
- Pentium I 200 Mhz.
- 64 MB Memoria RAM.
- 8 MB Memoria de disco.
- Teclado, Ratón.

Requisitos Conocimientos:

- Dinámica de sistemas.
- Diagramas de Flujo-Nivel (ó de Forrester).

Requisitos Recomendados:

- Sistema Operativo Windows 95 ó superior. (*)
- Pentium II 300 Mhz.
- 128 MB Memoria RAM.
- 50 MB Memoria de disco.
- Teclado, Ratón.⁵

⁵ Evolución 3.5. Grupo SIMON de investigación.

La Licencia de este producto se limita al uso meramente Académico, los derechos de uso comercial e industrial son exclusivos de la Universidad Industrial de Santander. Evolución 3.5 es propiedad intelectual de la Universidad Industrial de Santander, del Grupo SIMON de Investigación, adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UIS, del director y codirector del proyecto, profesores Hugo Hernando Andrade Sosa y Luis Carlos Gómez Florez; y de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, Mario Cuellar Yeneris y Emiliano Lince Mercado, por tanto cualquier cambio en cualquiera de sus partes debe hacerse con el debido consentimiento de los propietarios. El usuario se compromete a no exportar ni reexportar los Componentes de Evolución o ninguna parte del mismo, o ningún proceso o servicio que sea el producto directo de los Componentes de Evolución (los anteriores se denominan conjuntamente "Componentes Restringidos"), a ningún país, persona física o jurídica o usuario final sujeto a las restricciones de exportación de Colombia.

El desarrollo de esta cuarta versión del software "Evolución" es el resultado del trabajo de un proyecto de pregrado y está enmarcado dentro de los lineamientos de investigación en modelamiento y simulación del Grupo SIMON de investigación. En el futuro el grupo SIMON pretende continuar con ésta línea de trabajo en el desarrollo de software de apoyo en el modelamiento y simulación, de manera que cada nueva versión aproveche la experiencia de las versiones anteriores y extienda los alcances de la herramienta.

Si desea mayor información puede comunicarse con:

- Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.

- Universidad Industrial de Santander.
- Carrera 27 Calle 9 - Ciudad Universitaria.
- Bucaramanga, Colombia.
- Teléfono (7) 6344000 - 2681
- Correos electrónicos: simon@uis.edu.co handrade@uis.edu.co, mariocuellar1@hotmail.com y emilianolince@hotmail.com.

También diríjase a la página principal de Grupo SIMON de Investigaciones en modelamiento y simulación.⁶ Evolución inició con una propuesta del ingeniero Hugo Hernando Andrade Sosa profesor de la Universidad Industrial de Santander, fundador del grupo SIMON de investigaciones en modelamiento y simulación adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática; El profesor es reconocido en muchas partes del mundo por sus aportes realizados en Dinámica de sistemas y el pensamiento sistémico, y otras áreas, entre sus principales aportes se encuentra Evolución, software producido en la UIS, y que ha sido de gran utilidad en diferentes instituciones educativas, para la enseñanza y la investigación en dinámica de sistemas. Este proyecto agradece a él la idea inicial de Evolución y el incansable esfuerzo e interés por mejorarlo. A continuación se mencionará a todos los desarrolladores que han aportado en lo que hoy es Evolución, a través de las versiones anteriores del software.

Los desarrolladores han sido:

Para Evolución 2.0:

- Carlos Humberto Ardila.
- Pedro Enrique Duran.

⁶ Ibid.

- Para Evolución 2.0a.
- Carlos Eduardo Angarita.
- Milena Rocío Gonzáles.

Para Evolución 32 (Diseño):

- Gerardo Solórzano.
- Dilia Torres.

Para Evolución 3.0:

- William Moreno.
- Maria Isabel Ardila.

Y los Desarrolladores de esta versión, Evolución 3.5:

- Mario Cuellar Generis.
- Emiliano Lince Mercado.

Análisis de Sensibilidad y Diagramas de Influencias para la Herramienta de Modelado y Simulación Evolución.

- Angélica María Alfonso Higuera.
- Jacqueline Calderón Ramírez.⁷

⁷ Ibid.

2. MODELO

El modelo se construyó en dos sectores para permitir al lector observar y distinguir los aspectos objetos de estudio como lo son el componente político, económico y social del país a través de sus principales variables, y el sector de la industria petrolera nacional.

El modelo es a su vez la parte más importante del trabajo, ya que es la representación de lo mencionado anteriormente en la dinámica de sistemas. En él se encuentra plasmado sus variables, relaciones y ecuaciones que lo determinan, además permite la creación de cualquier cantidad de escenarios mediante el cambio de sus parámetros de entrada.

2.1 MODELO EN EL LENGUAJE EN PROSA

El lenguaje en prosa permite comunicar al lector de manera fácil los supuestos del modelo dinámico-sistemático y así empezar a interactuar con el mismo. Como se mencionara anteriormente el modelo está dividido en dos sectores que muestran claramente los distintos temas que son objetos de estudio y análisis.

A continuación se listan los indicadores y las variables del modelo:

APORTE_PIB: este elemento muestra el aporte en puntos del Producto Interno Bruto de la Industria Petrolera, durante un año dependiendo de

los resultados del escenario de exploración o incorporación de reservas y del consecuente escenario de producción nacional.⁸

APORTE_ESC_ABUND: es el aporte en porcentaje del producto interno bruto de la industria petrolera calculado sobre los resultados del escenario de exploración abundancia indicativa arroja la mayor incorporación de reservas y conservantes, hay una mayor producción petrolera de acuerdo con las metas del gobierno nacional a través de la agencia nacional de hidrocarburos y Plan Energético 2007-2005.

APORTES_ESC_ESCAS: es el aporte en porcentaje del Producto Interno Bruto de la Industria Petrolera cuando los resultados del escenario de exploración, escasez arroja la menor incorporación de reservas y en consecuencia hay un menor escenario de producción de petróleo de acuerdo con las metas del gobierno nacional a través de la agencia nacional de hidrocarburos y el Plan Estratégico Nacional 2007-2025.

APORT_ESC_ESCAS: es el aporte en porcentaje del productor interno bruto de la Industria petrolera cuando los resultados del escenario de exploración petróleo (crudo) arroja una mediana incorporación de reservas, y en consecuencia hay un escenario de producción intermedio y sostenido que le permite ala país mantener la autosuficiencia y seguir contando con excedentes para exportación de acuerdo con las metas del gobierno nacional a través de la agencia nacional de hidrocarburos y el plan estratégico nacional 2007-2025.

⁸ Estudio: el futuro de la autosuficiencia petrolera en Colombia. Intervención del Dr. Luis Bernardo Flórez Enciso, Vicecontralor General de la República, en la Conferencia ENERCOL, Bogotá, agosto 26 de 2005.

AUM_RESERVA: este término nos muestra la incorporación, aumento de reservas cualquiera son el escenario.

CONF_INV: este elemento nos muestra el aporte que hace la inversión extranjera directa a la actividad exploratoria del país partiendo un promedio histórico que se afecta entre otros factores por la estabilidad y competitividad de la política petrolera del país, y por la situación de conflicto en el mismo.

DISM_RESERVA: este término nos muestra la disminución anual debido a determinado escenario de producción.

ESCEN_EXPL_PRO: este término nos permite seleccionar el escenario de incorporación de reservas (EXP_ESC_ABUND; EXP_ESC_PETROL; EXP_ESC_ESCASEZ) y el escenario de producción nacional consecuente (PROD_ESC_ABUND), PROD_ESC_PETROL; PROD_ESC_ESCASEZ) de acuerdo a unos rangos establecidos de inversión en exploración (renulhidro), producto del análisis de los proyectos establecidos por la agencia nacional de hidrocarburos.

ESC_NEGATIVO: está definido bajo los supuestos que el gobierno no logra contener las presiones de costo y tampoco logra reestructurar sus fuentes de ingresos. Por ellos, el déficit fiscal alcanza nuevamente niveles preocupantes. No se firma el tratado de libre comercio con Estados Unidos, y se pierden las actuales preferencias arancelarias ATPA-ATDEA, el conflicto interno persiste y se agudiza. Estos escenarios son producto de una serie de estudios coincidentes entre sí, realizados por FEDESARROLLO, Departamento Nacional de Planeación, Dirección

de Estudios Económicos, y la UNME, y el gobierno Nacional basado en política de seguridad democrática por lo que aquí se representa por el gasto en billones anuales para defensa y seguridad.

ESC_NEUTRO: está definido bajo los supuestos que la seguridad interna del país se recupera lentamente, aunque persiste el conflicto interno. Entra en vigencia un trato de libre comercio con Estados Unidos, bajo condiciones arancelarias normales. La política fiscal logra contener parcialmente el desequilibrio macroeconómico pero persisten las principales fuentes de presión del gasto (pensiones, transferencias territoriales).

ESC_POSITIVO: está definido bajo los supuestos que al cabo de una década finaliza el conflicto interno del país. La productividad y la inversión toman un gran impulso. Se cumplen las metas de reducción del déficit público que el gobierno se ha trazado. El TLC con Estados Unidos, se firma bajo unas condiciones muy favorables para Colombia y se desarrolla la agenda interna de productividad que amplifica los efectos económicos del tratado.

EXP_ESC_ABUND: este elemento nos muestra la proyección de incorporación de reservas anual más alto producto de una inversión alta adecuada en exploración y el cumplimiento en términos de contratación, nuevos descubrimientos, nuevos desarrollos y recuperación mejorada de acuerdo con lo energético, planteado en el Plan Energético Nacional 2006-2025, y los estudios de abastecimientos energético y de la agencia nacional de hidrocarburos y la UPME, aceptando una relación directa entre probabilidad de hallazgos y las inversiones realizadas.

EXP_ESC_ESCASEZ: este elemento nos muestra la proyección de incorporación de reservas anual más bajo producto de una inversión pequeña inversión en exploración y el no cumplimiento en términos de contratación, nuevos descubrimientos, nuevos desarrollos y recuperación mejorada de acuerdo con lo energético, planteado en el Plan Energético Nacional 2006-2025, y los estudios de abastecimientos energético y de la agencia nacional de hidrocarburos y la UPME, aceptando una relación directa entre probabilidad de hallazgos y las inversiones realizadas.

EXP_ESC_PETROL: este elemento nos muestra la proyección de incorporación de reservas anual intermedio producto de una inversión moderada en exploración y el cumplimiento parcial en términos de contratación, nuevos descubrimientos, nuevos desarrollos y recuperación mejorada de acuerdo con lo energético, planteado en el Plan Energético Nacional 2006-2025, y los estudios de abastecimientos energético y de la agencia nacional de hidrocarburos y la UPME, además de una buena proporción de éxito en el hallazgo de reservas, aceptando nuevamente una relación directa entre probabilidad de hallazgos y las inversiones realizadas.

ESCENARIO: este elemento nos permite seleccionar el tipo de escenario (positivo, negativo o neutro) bajo el cual queremos trabajar.

GAST_ANUAL_GDS: este elemento muestra los valores en billones de pesos corrientes de la inversión en la política de defensa y seguridad democrática producto del escenario (positivo, negativo, o neutro) seleccionado.

CRE_PIB: es un elemento que nos permite darle continuidad al modelo partiendo de un valor inicial que en este caso está representado por el valor del PIB del año de inicio de la simulación, o sea, 2007.

PIB: corresponde a los valores anuales del producto interno bruto, dado por las proyecciones del aporte del resto de sectores de acuerdo al escenario (positivo, negativo, o neutro), seleccionado y el aporte del PIB del sector de la industria petrolera de acuerdo a los escenarios de incorporación de reservas que se presenta. Representa el crecimiento porcentual del producto interno bruto correspondiente.

PIB SECTORES: es el aporte del resto de los sectores productivos del país que contribuyen al crecimiento del PIB.

PIB_SECT_ALTO: es la proyección de los altos aportes al PIB, de los otros sectores productivos del país de acuerdo con el escenario (positivo), seleccionado.

PIB_SECT_BAJO: es la proyección de los aportes más bajos al PIB de los otros sectores productivos del país de acuerdo con el escenario (negativo) seleccionado.

PIB_SECT_MED: es la proyección de los aportes de los otros sectores productivos del país de acuerdo con el escenario (neutro) seleccionado.

POR_PIB_HID: es el porcentaje en puntos del PIB que corresponde a la estrategia de inversión en exploración proyectada por la agencia nacional de hidrocarburos de acuerdo con los estudios realizados para la empresa

IHS ENERGY y ARTHUR D`LITTLE, IHS (205B), “Estrategies of investment planning and implementation for the upstream hydrocarbon industry in Colombia”, para veinte años (MEGA DE LA ANH).

PRE_INV_NAC_HID: es el porcentaje en puntos del PIB destinado a la inversión en exploración de acuerdo con la estrategia de la ANH.

PROD_ESC_ABUND: es la proyección de la producción anual nacional de petróleo de acuerdo con el escenario de mayor incorporación de reservas en el país y los supuestos técnicos y económicos de la estrategia nacional de abastecimiento de la ANH.

PROD_ESC_PETROL: es la proyección de la producción anual nacional de petróleo de acuerdo con el escenario EXP_ESC_PETROL, que plantea a la incorporación media de reservas petroleras.

PROD_ESC_ESCASEZ: es la proyección de la producción anual nacional de petróleo de acuerdo con el escenario EXP_ESC_PETROL, que plantea la incorporación de reservas de acuerdo a los estudios realizados por la ANH.

PREINVHIDRO: este elemento muestra los recursos destinados a la inversión en exploración en millones de dólares para que el interesado atenga una idea clara de los montos apropiados par la actividad.

PRODUCCIÓN: este elemento nos muestra la proyección de la producción nacional dependiendo del escenario (PROD_ESC_ABUND; PROD_ESC_PETROL; PROD_ESC_ESCASE) seleccionado.

RANG_MAX_INV_EXP: este parámetro establece junto con rang_min_inv_exp, unos rangos de inversión que determinan en proporción los escenarios (EXP_ESC_ABUND; EXP_ESC_PETROL; EXP_ESC_ESCASEZ), ya que la sísmica y los pozos A-3 son las acciones reales para encontrar hidrocarburos. No existe una cifra ideal porque el éxito y el fracaso están dados por las condiciones del subsuelo, sin embargo, entre más pozos se perforen y se corran más kilómetros de sísmica, existe más probabilidad de encontrar reservas de hidrocarburos.

RANG_MIN_INV_EXP: como lo mencionamos en el concepto de rang_max_inv_exp; este parámetro contribuye a establecer los rangos mencionados.

RESERVA: este elemento permite acumular la incorporación de reservas anuales cualquiera sea el escenario presentado.

RETARDO: este elemento permite guardar los datos de CONF_INV (millones de dólares de IED en exploración) y presentarlos en el año siguiente.

TERRORISMO: este elemento nos muestra el comportamiento esperado de los actos terroristas contra la industria petrolera de acuerdo con los análisis a la información y metas que maneja el ministerio de defensa nacional como producto de las inversiones en defensa y seguridad dentro del marco de la política de seguridad democrática.

VARIACIÓN_TER: este elemento nos indica el aumento o disminución de los actos terroristas anualmente como consecuencia de los resultados

esperados en defensa y seguridad de acuerdo con el escenario (positivo, negativo, o neutro) seleccionado.

AAR_CON_INV: este elemento nos indica el comportamiento de la inversión extranjera directa en exploración como consecuencia de los resultados esperados, la política de seguridad democrática de acuerdo con el escenario (positivo, negativo, neutro) seleccionado.

VAR_TER_BUE: este parámetro nos indica una tasa de disminución de actos terroristas producto de los resultados obtenidos en el escenario positivo.

VAR_TER_MAL: este parámetro nos indica una tasa de incremento de actos terroristas producto de los resultados obtenidos en el escenario negativo.

VAR_TER_NEUT: este parámetro nos indica una tasa de disminución de actos terroristas producto de los resultados obtenidos en el escenario neutro.

VAR_INV_EXT_POS: corresponde a un término de variación del aumento de la inversión extranjera debido al aumento de la confianza inversionista en el país.

VAR_INV_EXT_NEG: corresponde a un término de variación de la disminución de la inversión extranjera debido a la disminución de la confianza inversionista en el país.

VAR_INV_EXT_NOR: corresponde a un término de variación del pequeño aumento de la inversión extranjera debido a la continuidad histórica de la confianza inversionista en el país.

2.2 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS UTILIZADOS EN EL MODELO

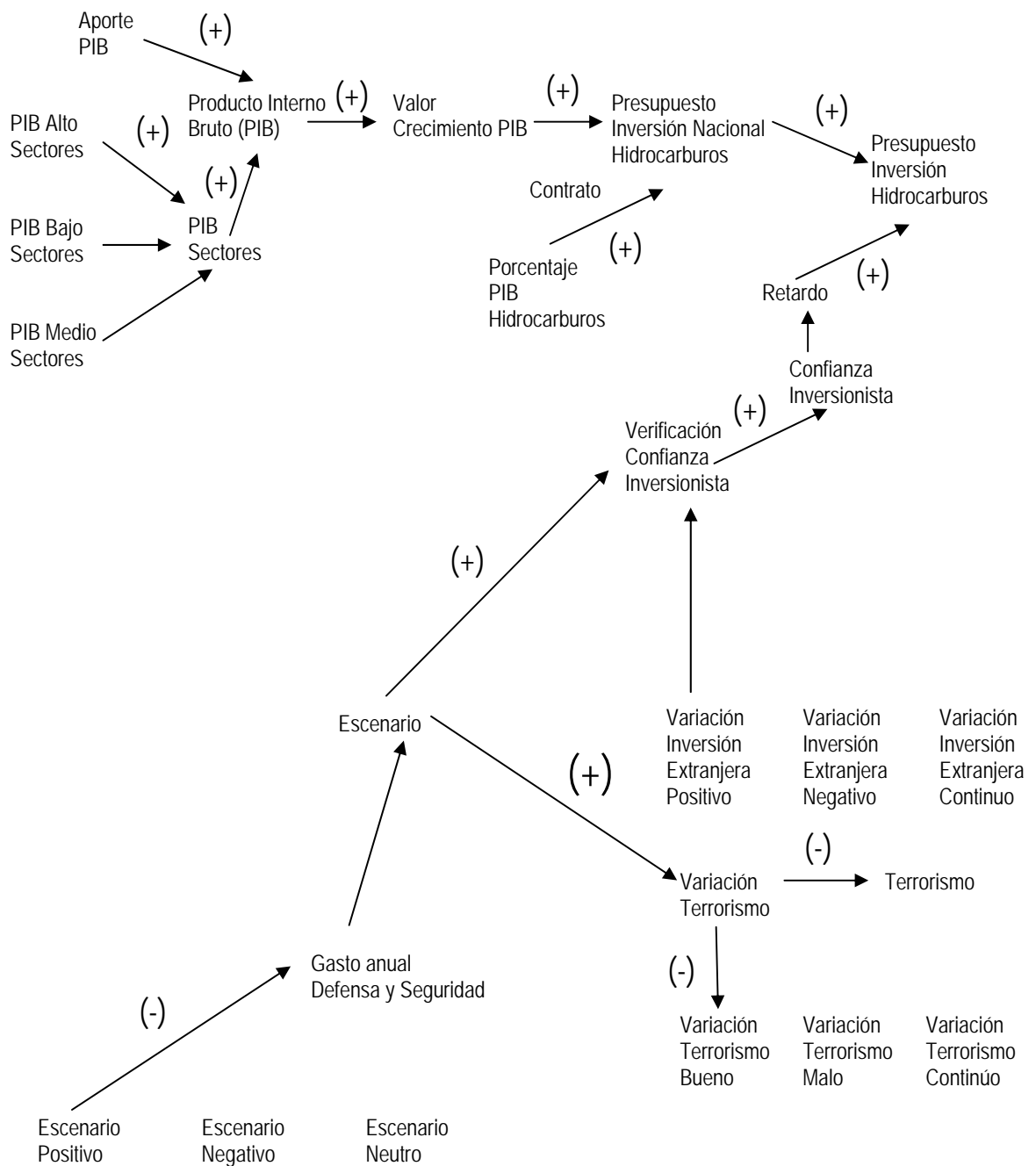
Los datos utilizados en el modelo fueron obtenidos en su mayoría de los estudios de documentos como el Plan Energético Nacional 2006-2025, Colombia visión 2019, Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, la mega de la Agencia nacional de hidrocarburos, las publicaciones de FEDESARROLLO, estudios de ECOPETROL, el Ministerio de Hacienda, el futuro de la autosuficiencia petrolera de Colombia de la intervención del doctor Luis Bernardo Flórez Encizo, Vicecontralor General de la República, en la conferencia ENERCOL, Bogotá, 2005, y de las consultas a la ANH, la UPME, el DNP, ECOPETROL, DANE, entre otros, al igual que del análisis de la información disponible.

2.3 MODELOS EN EL LENGUAJE DE INFLUENCIAS

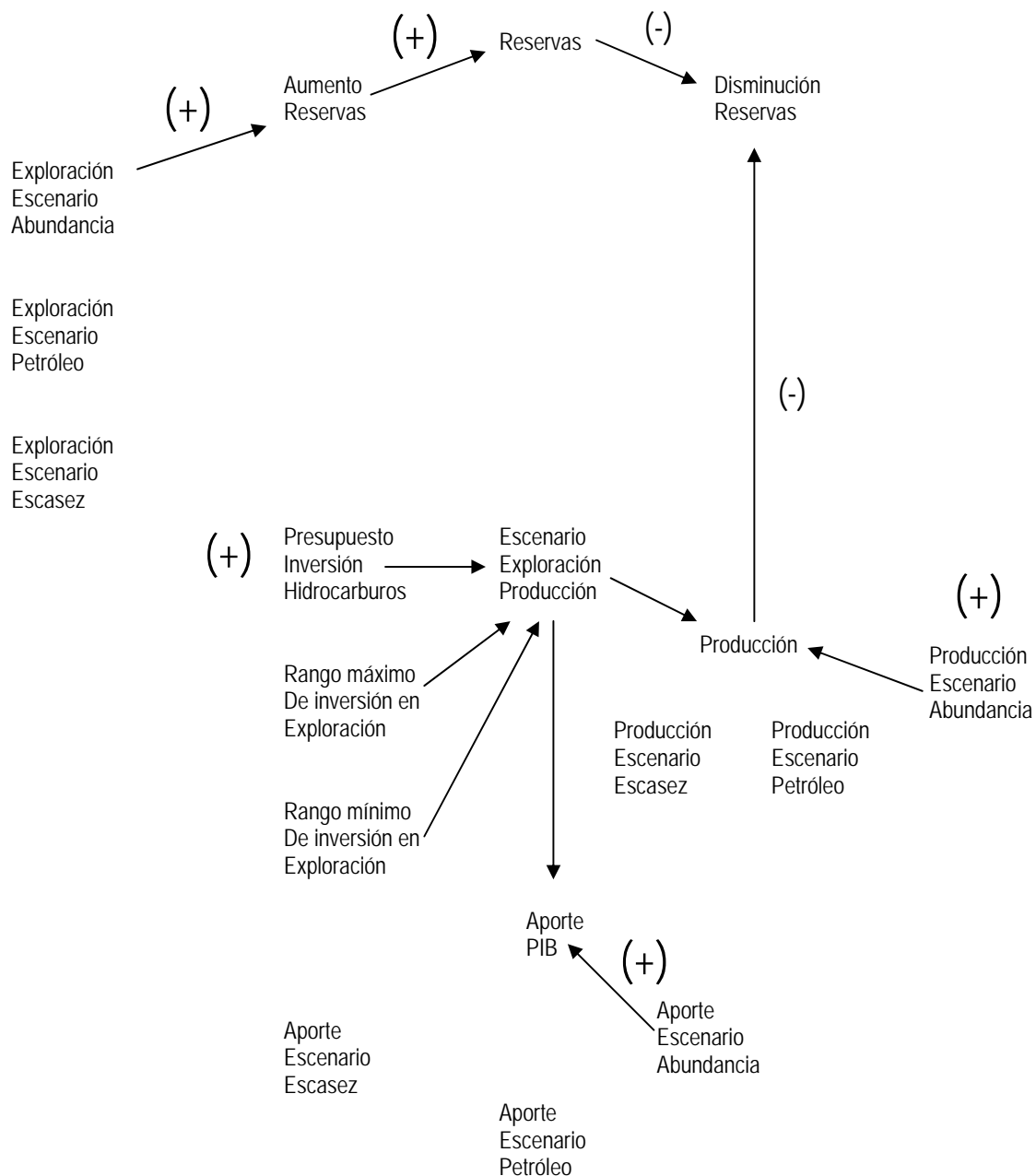
El lenguaje de los diagramas causales, como lo indica su denominación, permiten observar la estructura causal del sistema a modular. Estos diagramas se presentan por sectores para facilitar la visualización de la causalidad entre los componentes del sistema.

Las gráficas 15, 16, 17, 18, 19 y 20 presentan los diagramas causales para cada uno de los escenarios positivos, negativos y neutros.

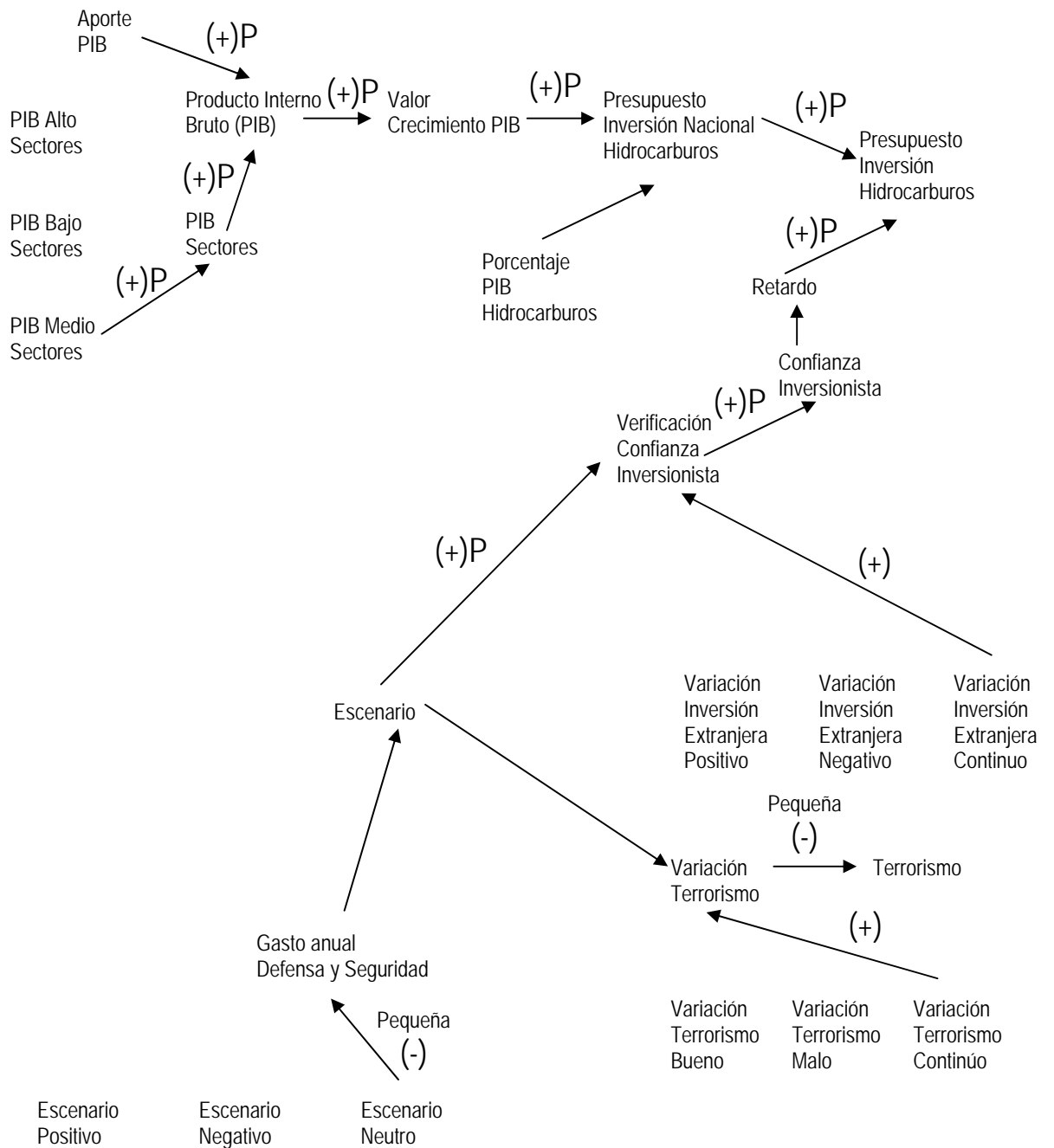
Gráfica 15. Diagrama de influencias. Escenario positivo (sector social y macroeconómico del país, sector 1)



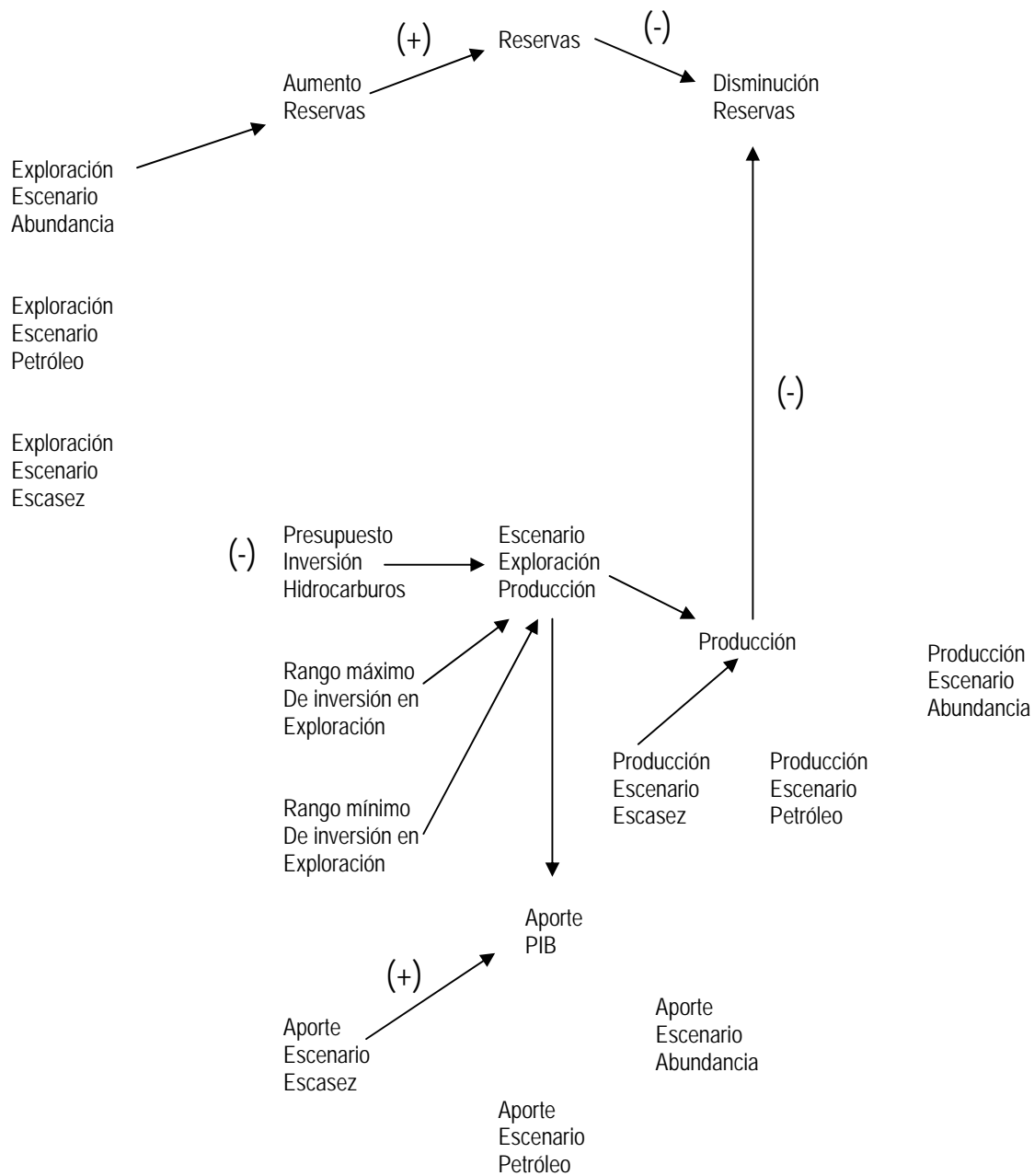
Gráfica 16. Diagrama de influencias. Escenario positivo sector 2 (Esc. Positivo).



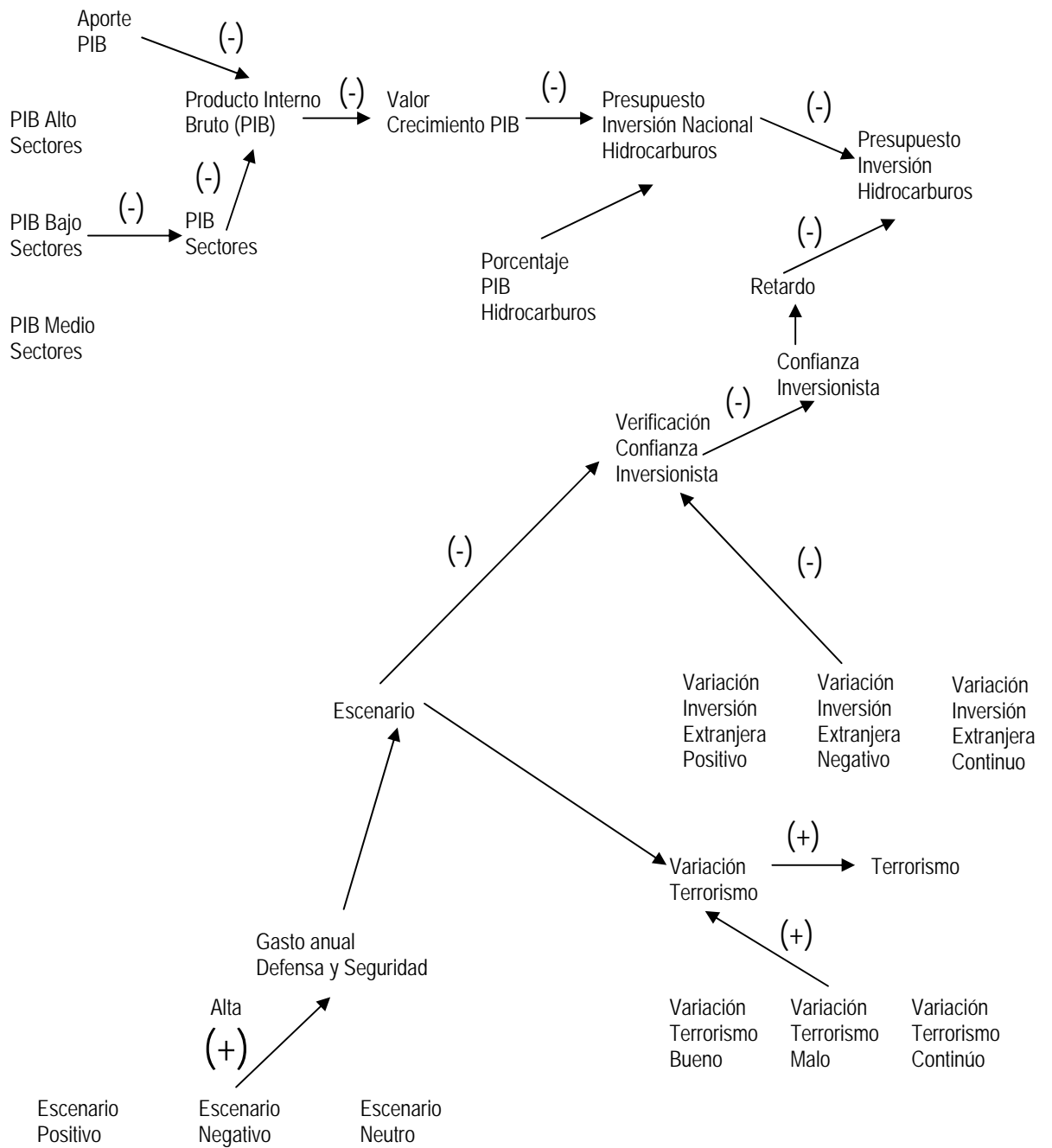
Gráfica 17. Diagrama de influencias escenario neutro (sector social y macroeconómico del país, sector 1)



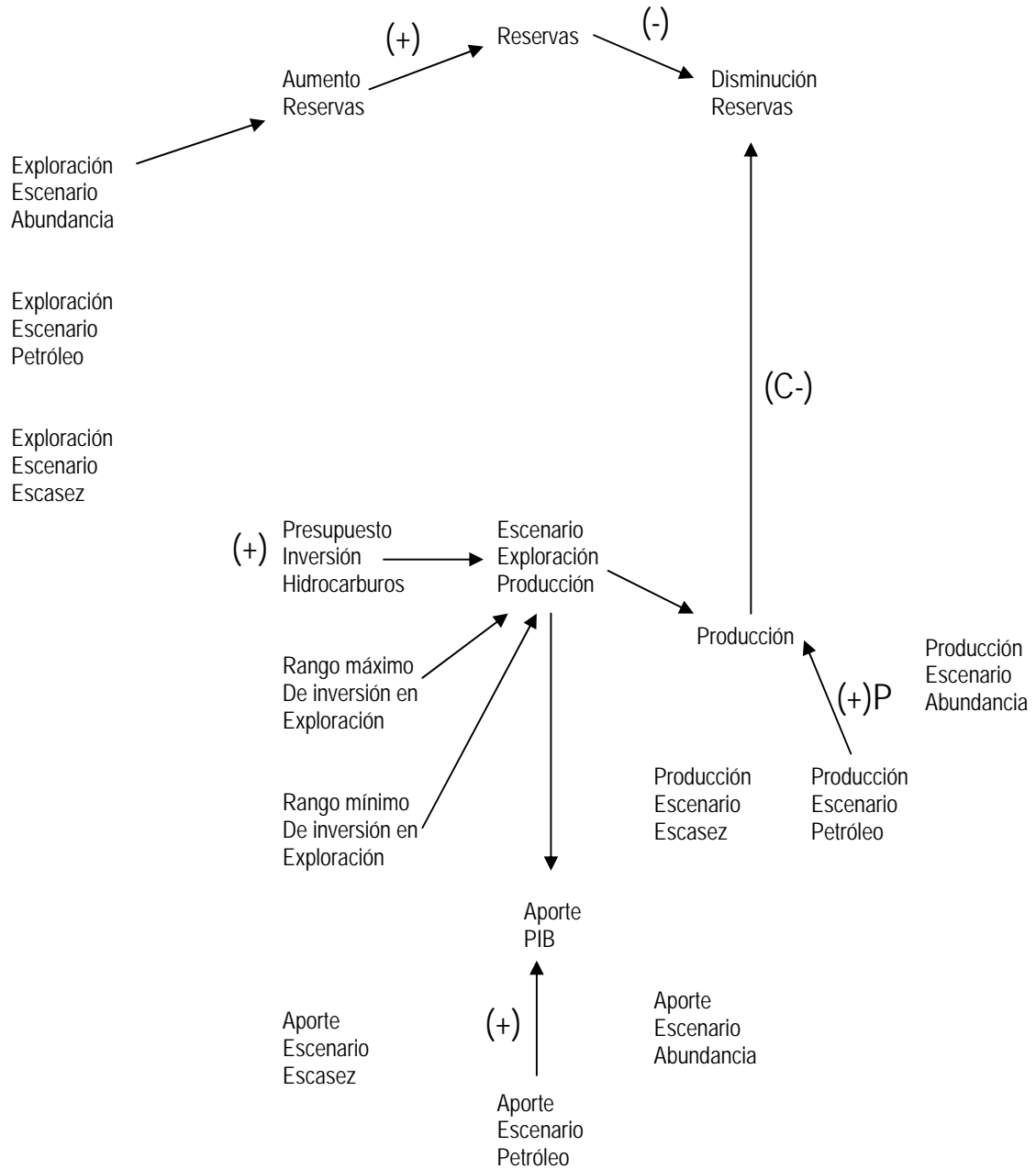
Gráfica 18. Diagrama de influencias sector 2 (Esc. Negativo).



Gráfica 19. Diagrama de influencias escenario negativo (sector social y macroeconómico del país, sector 1)



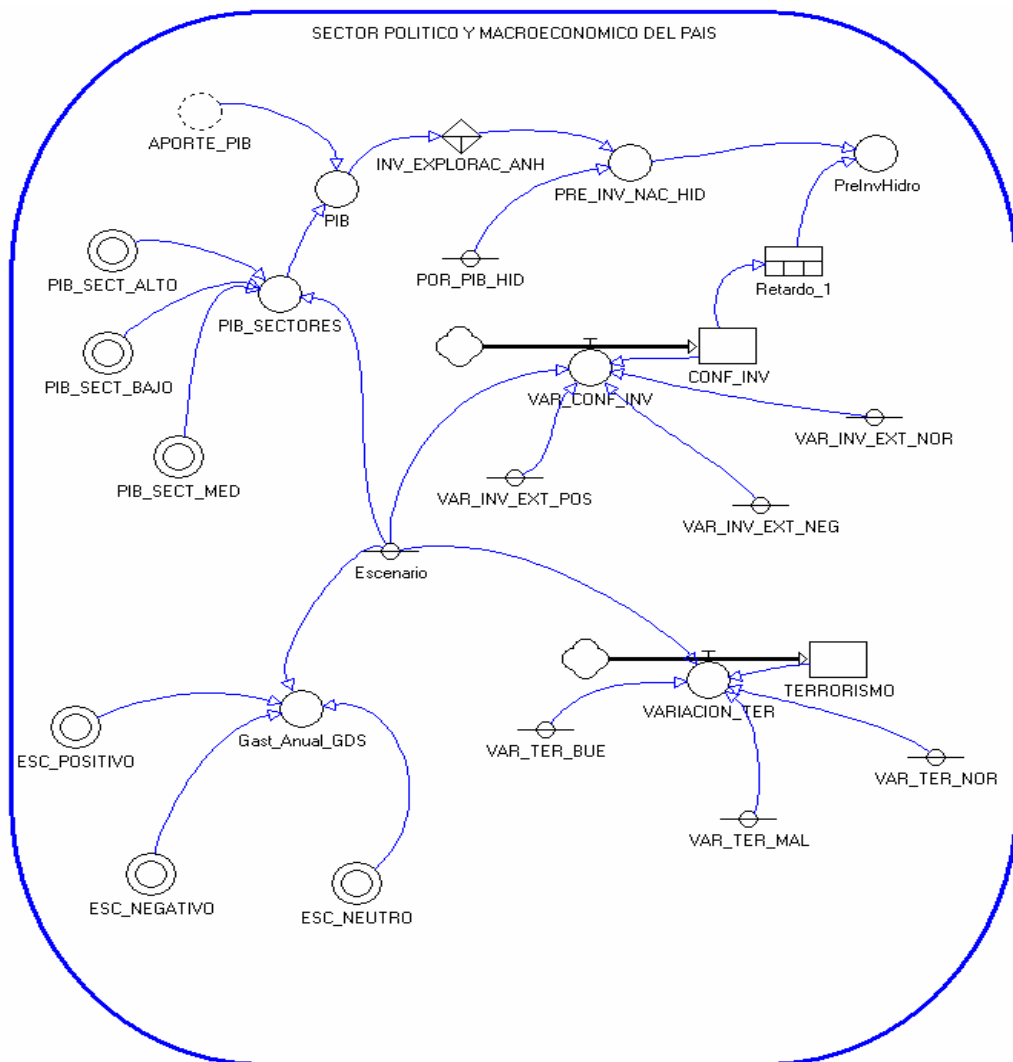
Gráfica 20. Diagrama de influencias sector 2 (Esc. Neutro).



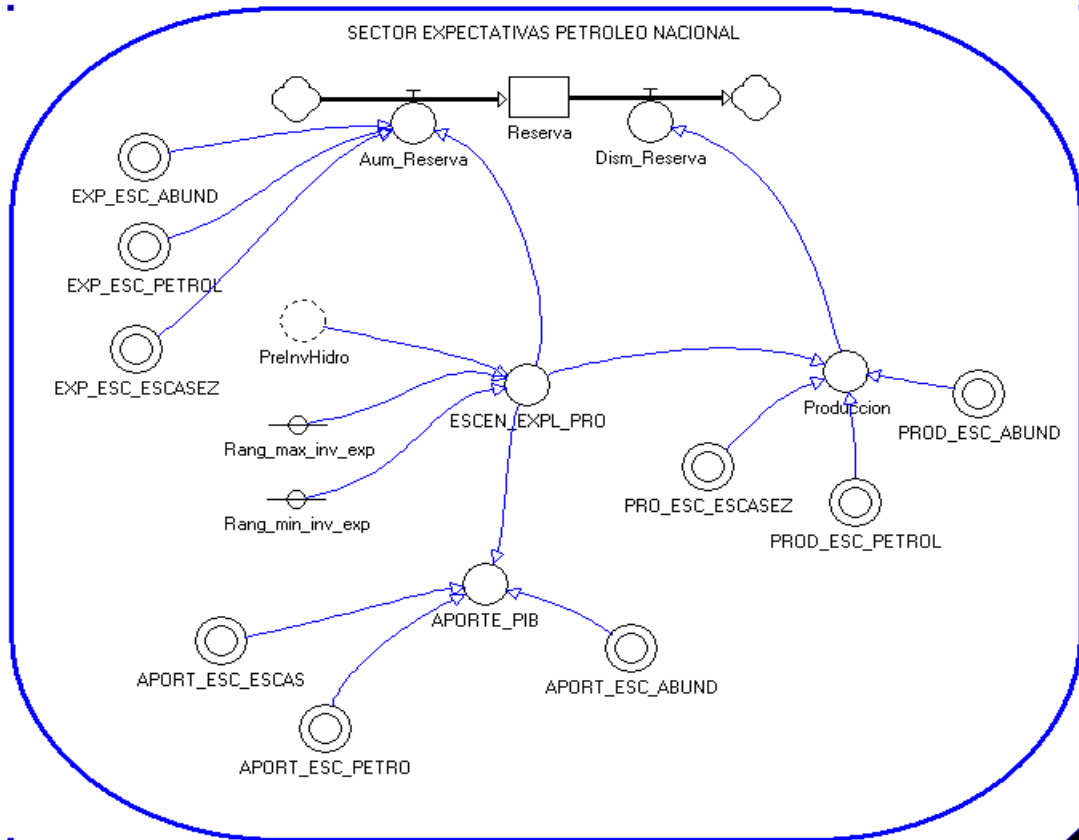
2.4 MODELO EN EL LENGUAJE DE FLUJO NIVEL

El diagrama de flujos y niveles permite asociar el diagrama causal a la estructura funcional en el cual se clasifican las variables y se formalizan las relaciones y ecuaciones de acuerdo con los elementos de la dinámica de sistemas, como son sectores, relaciones, submodelos, iniciales, exógenas, auxiliares, tablas, retardos, niveles, flujos, etc. Las gráficas 21 y 22 muestran los diagramas de flujo-nivel o Forrester.

Gráfica 21. Diagrama de flujo – nivel (Sector 1)



Gráfica 22. Diagrama de flujo – nivel (Sector 2)



El modelo cuenta en total con 42 variables distribuidas en niveles, un retardo, auxiliares, parámetros, tablas, flujos, un clon y 42 relaciones.

2.5 MODELO EN EL LENGUAJE DE LAS ECUACIONES

El lenguaje de las ecuaciones o modelo matemático, son las ecuaciones del modelo.

2.5.1 Elementos del modelo

○	Nombre:	APORTE_PIB
	Definición:	IF(ESCCN_EXPL_PRO=1,APORTE_PIB,IF(ESCCN_EXPL_PRO=2,APORTE_PIB,APORTE_PIB))
⊙	Nombre:	APORTE_PIB

⊙	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,2.3,2.3,2.3,2.3,2.5,2.5,2.5,2.5,2.5,1.7,1.7,1.7,1.7,1.7)
	Nombre:	APORT_ESC_ESCAS
⊙	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,1.6,1.6,1.6,1.6,1.3,1.3,1.3,1.3,1.3,0.6,0.6,0.6,0.6,0.6)
	Nombre:	APORT_ESC_PETRO
☞	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,2.1,2.1,2.1,2.1,2.2,2.2,2.1,2.1,2.1,2.1,2.1,2.1,2.1)
	Nombre:	Aum_Reserva
	Definición:	IF(ESCEN_EXPL_PRO=1,EXP_ESC_ABUND,IF(ESCEN_EXPL_PRO=2,EXP_ESC_PETROL,EXP_ESC_ESCASEZ))
▢	Nombre:	CONF_INV
	Definición:	144000000
☞	Nombre:	Dism_Reserva
	Definición:	Produccion
○	Nombre:	ESCEN_EXPL_PRO
	Definición:	IF(PreInvHidro<Rang_min_inv_exp,3,IF(PreInvHidro>Rang_max_inv_exp,1,2))
⊙	Nombre:	ESC_NEGATIVO
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,1480000000000,1560000000000,1640000000000,1720000000000,1770000000000,1830000000000,1880000000000,1940000000000,1990000000000,2050000000000,2120000000000,2180000000000,2240000000000,2310000000000)
⊙	Nombre:	ESC_NEUTRO
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,1300000000000,1340000000000,1380000000000,1430000000000,1470000000000,1530000000000,1580000000000,1630000000000,1680000000000,1730000000000,1780000000000,1830000000000,1890000000000,1940000000000)
⊙	Nombre:	ESC_POSITIVO
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,1300000000000,1340000000000,1380000000000,1430000000000,1470000000000,1530000000000,1580000000000,1630000000000,1650000000000,1660000000000,1680000000000,1700000000000,1710000000000,1730000000000)
⊙	Nombre:	EXP_ESC_ABUND
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,339370000,557280000,179520000,302880000,309540000,342600000,409760000,618370000,140630000,125470000,615320000,473390000,413790000,611910000)
⊙	Nombre:	EXP_ESC_ESCASEZ
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,281100000,415550000,174760000,123870000,107560000,205710000,99960000,36810000,46840000,86000000,66000000,56000000,51000000)
⊙	Nombre:	EXP_ESC_PETROL
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,339370000,457280000,179520000,202880000,189540000,262600000,309760000,418370000,140630000,125470000,415320000,323390000,263790000,372080000)
☞	Nombre:	Escenario
	Definición:	2
○	Nombre:	Gast_Anual_GDS
	Definición:	IF(Escenario=1,ESC_POSITIVO,IF(Escenario=2,ESC_NEGATIVO,ESC_NEUTRO))
⚡	Nombre:	INV_EXPLORAC_ANH
	Definición:	0.0815
○	Nombre:	PIB
	Definición:	APORTE_PIB+PIB_SECTORES
○	Nombre:	PIB_SECTORES
	Definición:	IF(Escenario=1,PIB_SECT_ALTO,IF(Escenario=2,PIB_SECT_BAJO,PIB_SECT_MED))

⊙	Nombre:	PIB_SECT_ALTO
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,5.6,4.5,4.6,4.8,5.3,5.3,5.3,5.3,5.3,5.7,5.7,5.7,5.7,5.7)
⊙	Nombre:	PIB_SECT_BAJO
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,3.6,3.3,1.3,3.3,3.3,3.3,3.3,3.3,3.3,3.7,3.7,3.7,3.7,3.7)
⊙	Nombre:	PIB_SECT_MED
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,3.8,4.4,1.4,3.4,3.4,3.4,3.4,3.4,3.4,3.4,4.7,4.7,4.7,4.7,4.2)
⊖	Nombre:	POR_PIB_HID
	Definición:	0.0012
○	Nombre:	PRE_INV_NAC_HID
	Definición:	INV_EXPLORAC_ANH*POR_PIB_HID
⊙	Nombre:	PROD_ESC_ABUND
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,550000,620000,682000,725000,765000,758000,707000,707000,715000,748000,792000,809000,837000,886000)
⊙	Nombre:	PROD_ESC_PETROL
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,520000,570000,605000,612000,629000,624000,600000,587000,580000,587000,594000,602000,618000,624000)
⊙	Nombre:	PRO_ESC_ESCASEZ
	Definición:	INTSPLINE(2,2007,1,450000,460000,470000,470000,464000,436000,380000,339000,312000,302000,301000,298000,283000,274000)
○	Nombre:	PreInvHidro
	Definición:	((PRE_INV_NAC_HID*2.7*1000000000000)/2400)+(Retardo_1)
○	Nombre:	Produccion
	Definición:	IF(ESCEN_EXPL_PRO=1,PROD_ESC_ABUND,IF(ESCEN_EXPL_PRO=2,PROD_ESC_PETROL,PRO_ESC_ESCASEZ))
⊖	Nombre:	Rang_max_inv_exp
	Definición:	244000000
⊖	Nombre:	Rang_min_inv_exp
	Definición:	200000000
▢	Nombre:	Reserva
	Definición:	1473000000
▢	Nombre:	Retardo_1
	Definición:	RETARDO(CONF_INV, 1, 0, 144000000)
▢	Nombre:	TERRORISMO
	Definición:	98
↔	Nombre:	VARIACION_TER
	Definición:	IF(Escenario=1,(TERRORISMO*VAR_TER_BUE),IF(Escenario=2,(TERRORISMO*VAR_TER_MAL),(TERRORISMO*VAR_TER_NOR)))
↔	Nombre:	VAR_CONF_INV
	Definición:	IF(Escenario=1,(CONF_INV*VAR_INV_EXT_POS),IF(Escenario=2,(CONF_INV*VAR_INV_EXT_NEG),(CONF_INV*VAR_INV_EXT_NOR)))
⊖	Nombre:	VAR_INV_EXT_NEG
	Definición:	-0.2
⊖	Nombre:	VAR_INV_EXT_NOR
	Definición:	0.05
⊖	Nombre:	VAR_INV_EXT_POS
	Definición:	0.2
⊖	Nombre:	VAR_TER_BUE
	Definición:	-0.17
⊖	Nombre:	VAR_TER_MAL
	Definición:	0.13
⊖	Nombre:	VAR_TER_NOR
	Definición:	-005

2.6 MODELO EN EL LENGUAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS SIMULADOS

En la dinámica de sistemas, el comportamiento nos deja ver los resultados que se obtienen de la simulación del modelo desarrollado, ésta es la finalidad para lo cual fue hecho el modelo y con base en estos resultados se realizan los análisis y se determinan las conclusiones.

2.7 EVALUACIÓN

Para hacer una evaluación del modelo de un fenómeno tan complejo se debe considerar la utilidad que presta en el proceso de aprendizaje e investigación ya el comportamiento que se obtiene de la simulación del mismo modelo.

2.8 UTILIDAD

El modelo simula el comportamiento de la influencia que ejerce la industria petrolera en el crecimiento y sostenimiento de la economía nacional, la situación que ejerce las políticas de estado sobre la industria. A la vez sirve como herramienta para impulsar el aprendizaje y la investigación por medio de la dinámica de sistemas en la escuela, ingeniería de petróleos, y por supuesto como un punto de partida para crear un grupo interdisciplinario sobre el estudio de la política petrolera, nacional y regional.

Es una aproximación a la realidad del fenómeno y está limitado por las siguientes restricciones:

Las proyecciones realizadas de variables tan sensibles y complejas como el producto interno bruto, el hallazgo de reservas, la solidez de las políticas contractuales en el país, la incertidumbre de las economías globalizadas, los procesos de paz y humanización del conflicto, la variable medio-ambiental, el desarrollo del talento humano, la alta volatilidad de los precios de petróleos, el contexto geopolítico, el comportamiento de la sociedad, la transferencia de tecnología, los tratados de libre comercio, entre otras muchas.

2.9 COMPORTAMIENTO GLOBAL

El modelo nos muestra el comportamiento de las unidades socioeconómicas del país y de la industria petrolera nacional en los tres escenarios determinados. Nos brinda información sobre las expectativas de hallazgo de reservas, las estimaciones de producción consecuentes con las incorporaciones hechas, los aportes al crecimiento del producto interno bruto, el comportamiento de las inversiones en exploración requeridas, los resultados esperados de la inversión en defensa y seguridad, etc., se destaca la importancia del poder contar con datos consistentes con el fenómeno en estudio.

2.10 VALIDACIÓN

2.10.1 Estructura. En esta parte de la validación se hizo un análisis de la estructura del modelo con respecto al fenómeno y se encontró que cumple con las expectativas y se asemeja a estructuras utilizadas por expertos para la exploración de la situación.

2.10.2 Consistencia dimensional. El modelo requiere de un análisis detallado de cada uno de los elementos y sus respectivas relaciones, que le garanticen al lector la seguridad que los lenguajes y ecuaciones del modelo nos presentan inconsistencias en cuanto a unidades, relaciones, así como evitar posibles errores.

2.10.3 Coherencia con los datos. Los datos utilizados en el modelo y los datos obtenidos por éste deben ser coherentes con la realidad. Es importante resaltar que los datos que alimentan el modelo son el resultado de estudios altamente calificados. Son muchas las pruebas que se pueden realizar en este ítem, y no tiene sentido mencionarlas todas, con la asesoría del especialista se le dieron valores extremos para verificar las variables.

2.10.4 Opinión de los expertos. En la consecución de los datos se contó con la colaboración de personal calificado de la ANH, ECOPETROL, la UPME, el Ministerio de Hacienda, el DANE y la asistencia de un especialista en enfoque sistémico profesional de la Universidad Industrial de Santander.

2.10.5 Descripción de escenarios. Las pruebas que se realizan al modelo consisten en la creación de escenarios extremos de tal manera que con ellos y acompañados de un experto validar los datos en el modelo. Estos escenarios se crean a través de la modificación de variables que se introdujo al modelo para incorporarle la flexibilidad necesaria de acuerdo a sus objetivos.

El modelo permite así la introducción de nuevos valores o su modificación, por lo general estas variables son parámetros. A

continuación se describen los tres escenarios desarrollados con algunas gráficas que muestran el comportamiento de algunas variables ante la cantidad de opciones posibles se recomienda tomar el modelo y realizar las pruebas que se quieren estudiar.

2.10.6 Pruebas del modelo. Las pruebas realizadas en el modelo fueron estructurales a cada sector y también sobre los resultados para comprobar su correcto desempeño para que no se presenten problemas más adelante. Algunas de las pruebas realizadas se presentan a continuación con sus respectivas gráficas. El modelo construido está dividido en dos sectores: en el primer escenario se encuentran las variables, relaciones, parámetros y demás concerniente al entorno socioeconómico del país. El modelo considera la existencia de tres escenarios: positivo, negativo y neutro.

Como está reseñado en la definición de cada uno de los componentes del modelo, éstos tres (3) escenarios han sido desarrollados basados principalmente en la investigación de los estudios que sobre economía, política y energía hacen las más prestigiosas Entidades del país como la Unidad Planeación Minero-Energética, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el Departamento Nacional de Planeación, FEDESARROLLO, el Banco de la República, el DANE, ECOPETROL, entre otros, y algunas instituciones extranjeras como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y la Energy Information Administration from the U.S. Government.

A continuación se presentan las gráficas producto y las simulaciones de algunas variables que han sido seleccionadas para mostrar su

comportamiento y a la vez permitir su análisis, la toma de conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los objetivos fijados en la elaboración de este trabajo. De acuerdo a la investigación realizada el aporte de la actividad petrolera en al estabilidad económica y social del país, es fundamental, por lo tanto ante la amenaza de perder la autosuficiencia petrolera en un corto plazo se deberían realizar un gran número de estudios e investigaciones que permita contribuir efectivamente en la formulación de una política clara y exitosa, que conlleve a la incorporación posible de reservas de petróleo en corto, mediano y largo aplazo.

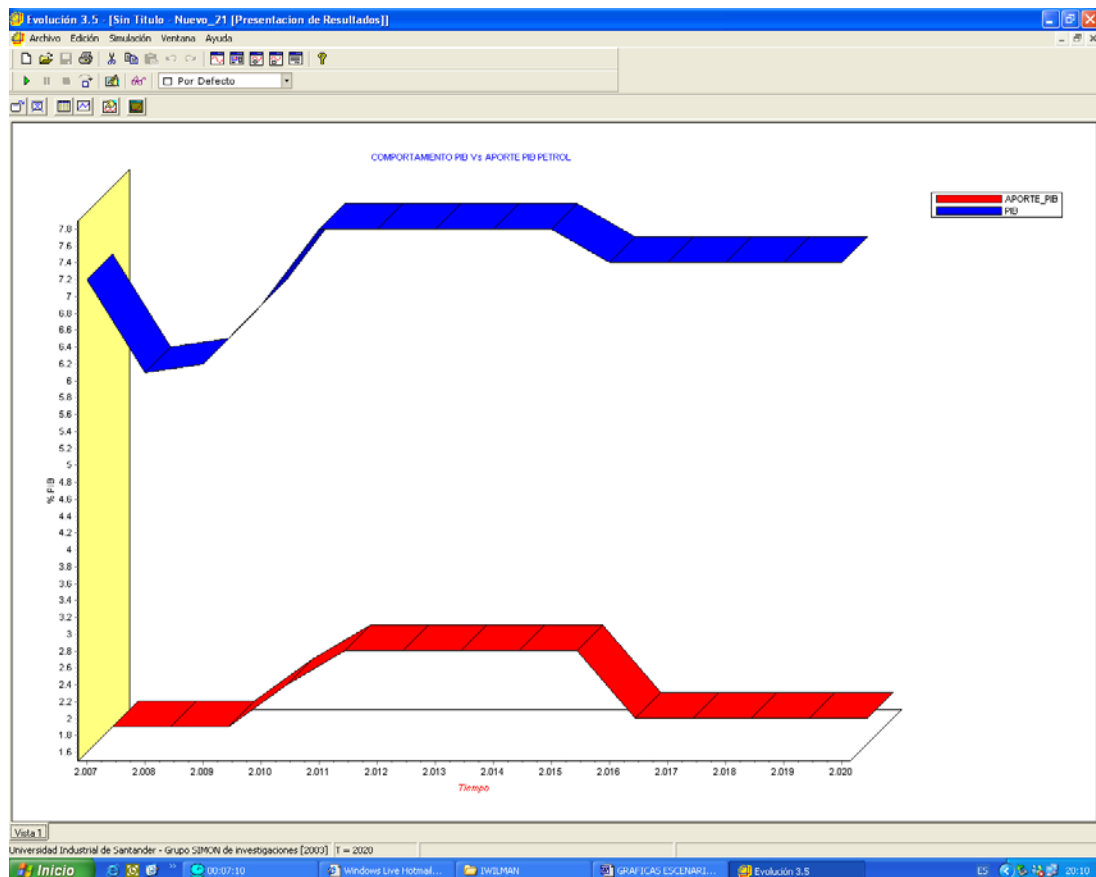
Análisis del comportamiento del modelo en el escenario Positivo.

La gráfica 23, nos muestra el comportamiento de la variable PIB, frente al aporte que podría hacer el sector petrolero al crecimiento del PAIB, en los próximos años, tomando como base las consideraciones hechas en el escenario positivo.

Es importante destacar que de acuerdo a este escenario positivo el país tendría un gran crecimiento de su PIB, lo que representaría condiciones ideales para el desarrollo de la industria en general, claro está que este crecimiento está soportado por el gran aporte que haría el sector petrolero superando incluso los promedios de aportes históricos al país. Aunque este escenario reúne condicionales únicas para su realización es posible lograrlo sí se siguen desarrollando favorablemente los procesos que se llevan a cabo en el momento y se cumpla con las metas trazadas en el Plan de Desarrollo Nacional, priorizando obviamente la inversión en exploración que actualmente está condicionada a seguir una línea de inversión anual de aproximadamente (100 M.U\$), cien millones de

dólares anuales (de acuerdo con la ANH) y esperando aumentar de forma significativa la inversión privada en exploración.

Gráfica 23. Comportamiento PIB versus aporte PIB PETROL

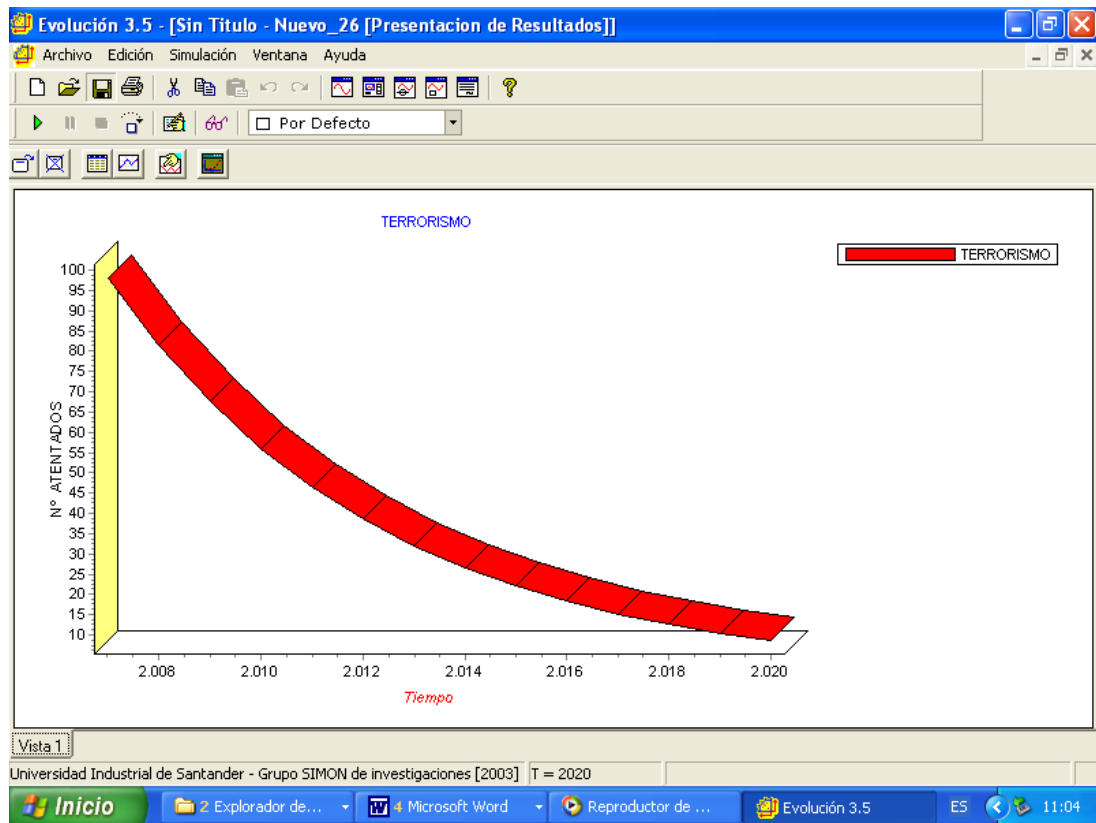


Este comportamiento en el PIB producto de hallazgos de reservas por el orden de los 5.300 millones de barriles al 2020 y del consecuente aumento en las cuotas de producción, lo que históricamente y a través del resultado de estudios se ha demostrado que los aportes a la economía son más sensibles a la producción que a los mismos precios del petróleo en el mercado.

El anterior aumento obedece al consecuente aumento de la confianza inversionista producto de la disminución del terrorismo, una mayor seguridad y continuidad de la política petrolera y económica del país.

La gráfica 24 nos muestra, el comportamiento del terrorismo antes mencionado y observamos que efectivamente la tendencia de atentados contra la infraestructura petrolera, desciende tal como se espera debido a la disminución y finalización del conflicto interno.

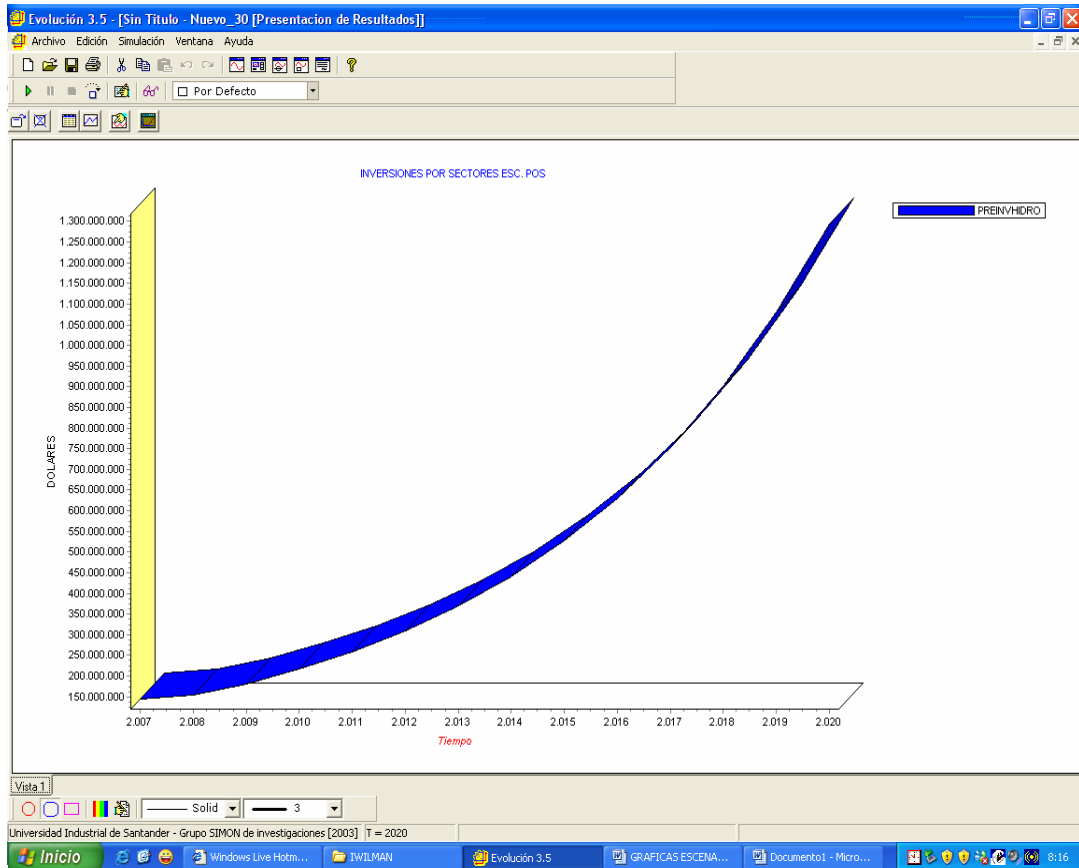
Gráfica 24. ESC. POS. Terrorismo



Es importante resaltar que aunque se logra disminuir casi en su totalidad los atentados no desaparece, ya que ante un eventual escenario de finalización del conflicto, siempre existen disidentes que continúan cometiendo estos actos, sumados a los ataques que recibe la infraestructura por gente de las regiones para conseguir empleos y ganancias temporales por el arreglo de los mismos.

La gráfica 25 muestra el posible incremento de la inversión extranjera directa en exploración hasta llegar a niveles realmente altos, no alcanzados anteriormente pero que serán en su momento necesarios para poder obtener incorporaciones por el orden esperado según el escenario de mayor hallazgo de reservas en el país. Hay que recordar que la ANH espera invertir alrededor de 2.439 millones de dólares en exploración hasta el año 2025.

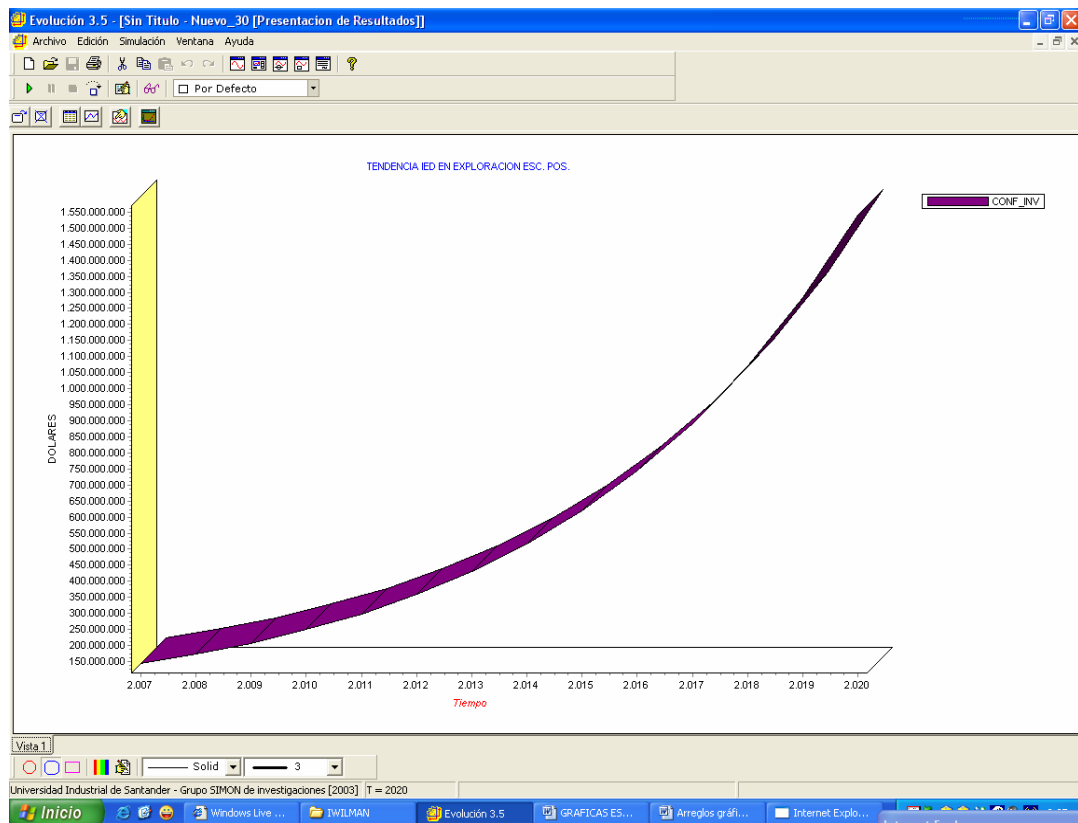
Gráfica 25. Presupuesto inversión en exploración de hidrocarburos



La gráfica 25, muestra igualmente el comportamiento de los recursos que debería invertir el gobierno para lograr los objetivos en el escenario de mayor incorporación de reservas. Aunque los recursos del gobierno son realmente altos frente a la tendencia histórica de inversión en exploración esta sigue siendo menor que la inversión extranjera directa en este campo por lo que se deduce que los esfuerzos planteados en la actualidad son insuficientes para alcanzar este escenario.

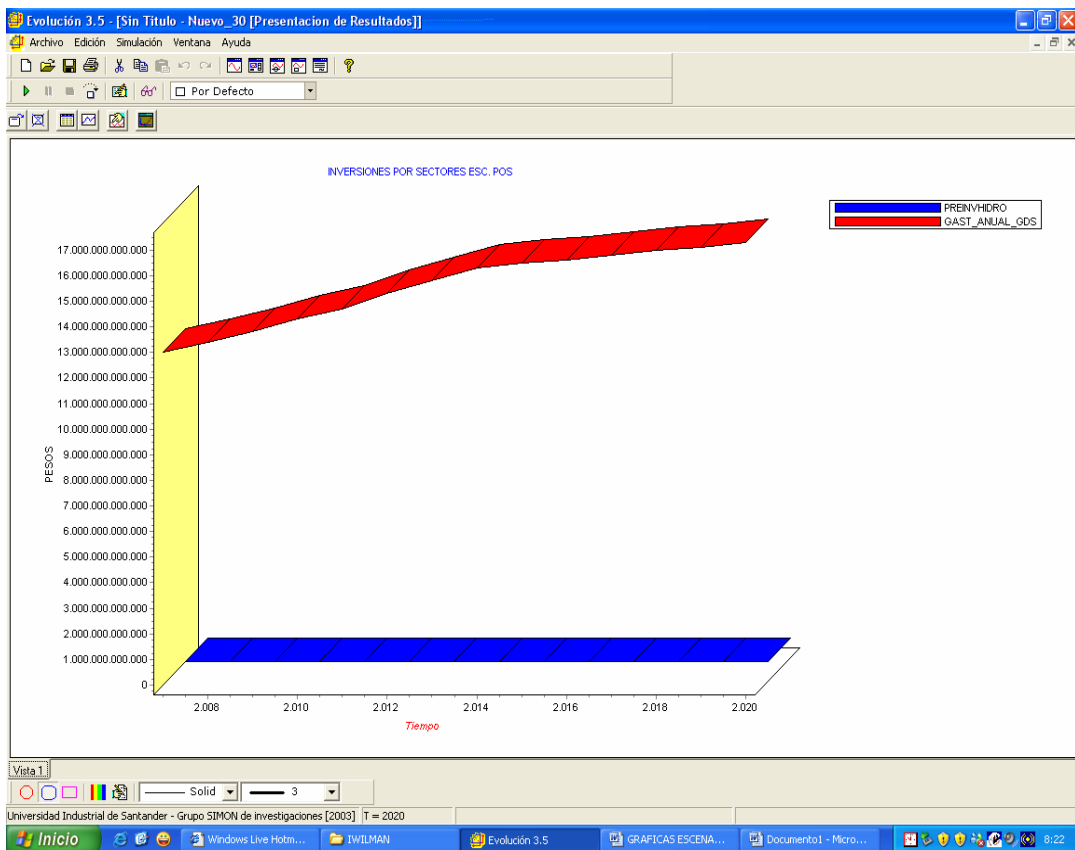
La gráfica 26 muestra la alta inversión extranjera o privada directa en exploración como consecuencia de las condiciones generales producto de disminución del terrorismo, el atractivo sistema de contratación petrolera y los posibles importantes hallazgos de reservas de petróleo.

Gráfica 26. Tendencia confianza inversionista (IED-Exploración)



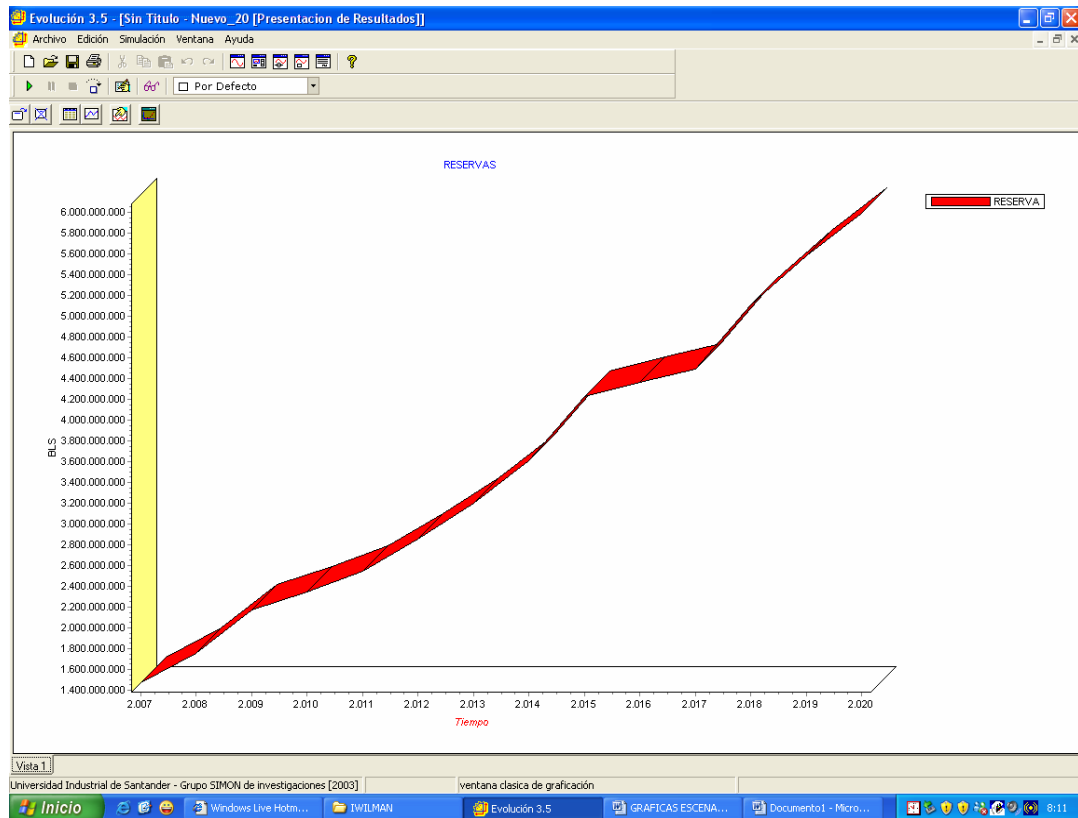
La gráfica 27 nos muestra la inmensa brecha entre el gasto en defensa y seguridad democrática frente a la inversión en exploración en el país.

Gráfica 27. Inversiones por sectores GDS vs. Inversión exploración



Finalmente la gráfica 28 muestra el comportamiento del incremento de las reservas hasta el año 2020, este escenario propicia la mejor situación de la industria petrolera durante la década.

Gráfica 28. Incorporación de reservas.

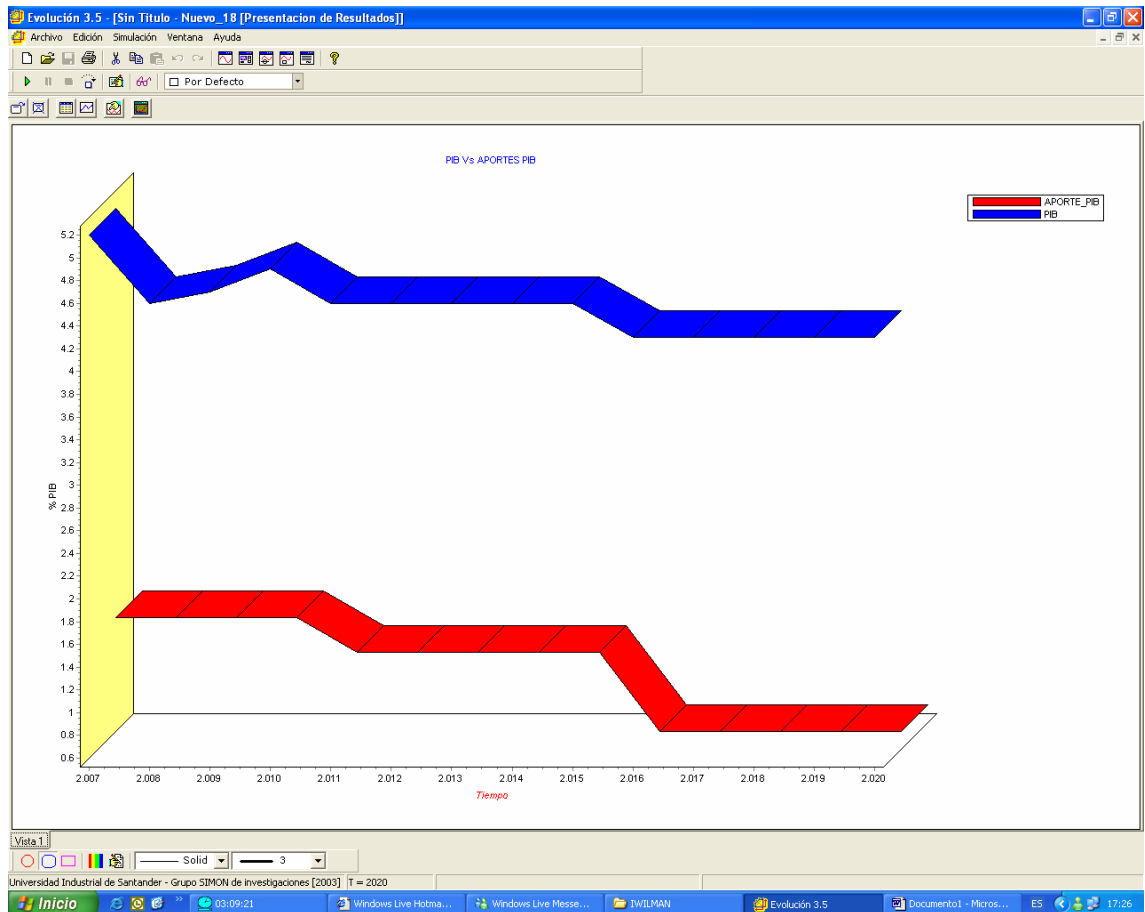


Análisis del comportamiento del modelo en el escenario Neutro

- El escenario neutro o de continuidad de la situación actual en unas condiciones de relativa mejoría muestra un escenario muy cercano a la situación real actual y a la esperada por muchos en el país.

A continuación se presenta algunos de sus comportamientos:

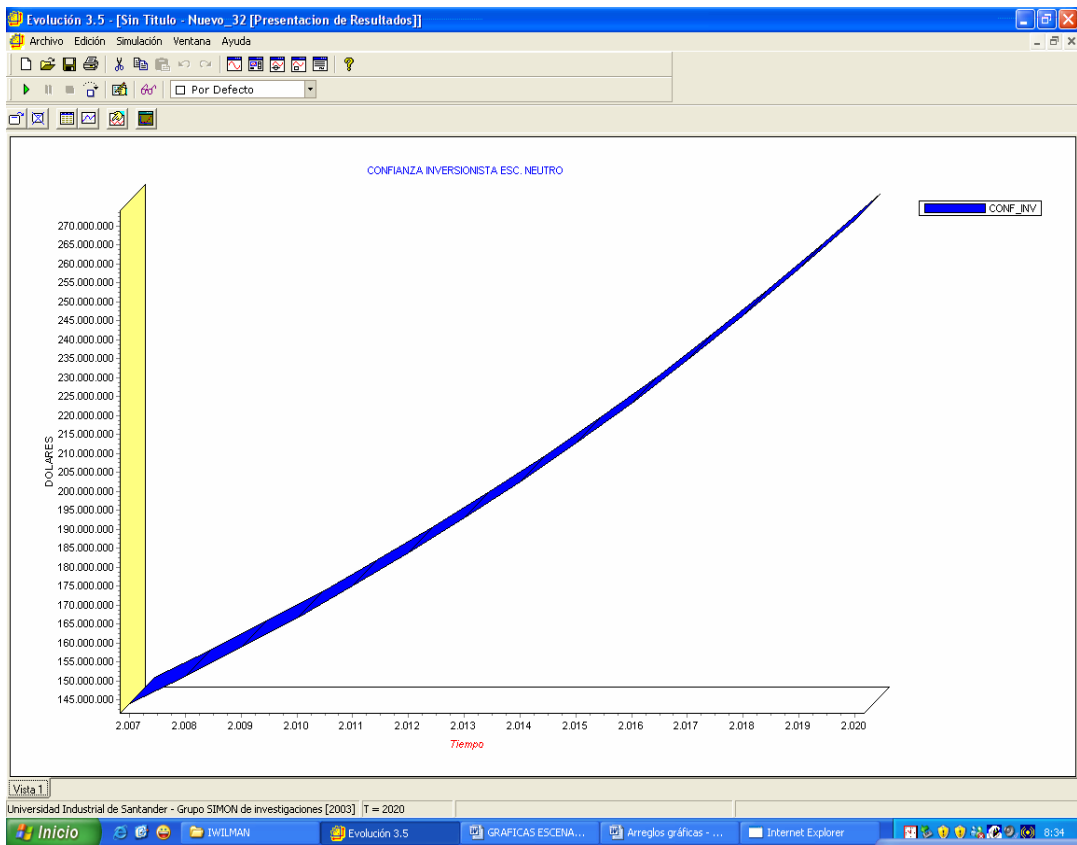
Gráfica 29. Comportamiento PIB y aportes PIB petroleros



La gráfica 29 muestra los comportamientos del crecimiento del PIB frente a la situación de los requerimientos petroleros debido a la mediana incorporación de reservas, a la demanda de las cargas a refinería y el creciente aumento de la demanda de energía primaria en el país como consecuencia del crecimiento del consumo del sector industrial, transporte, residencial, entre otros.

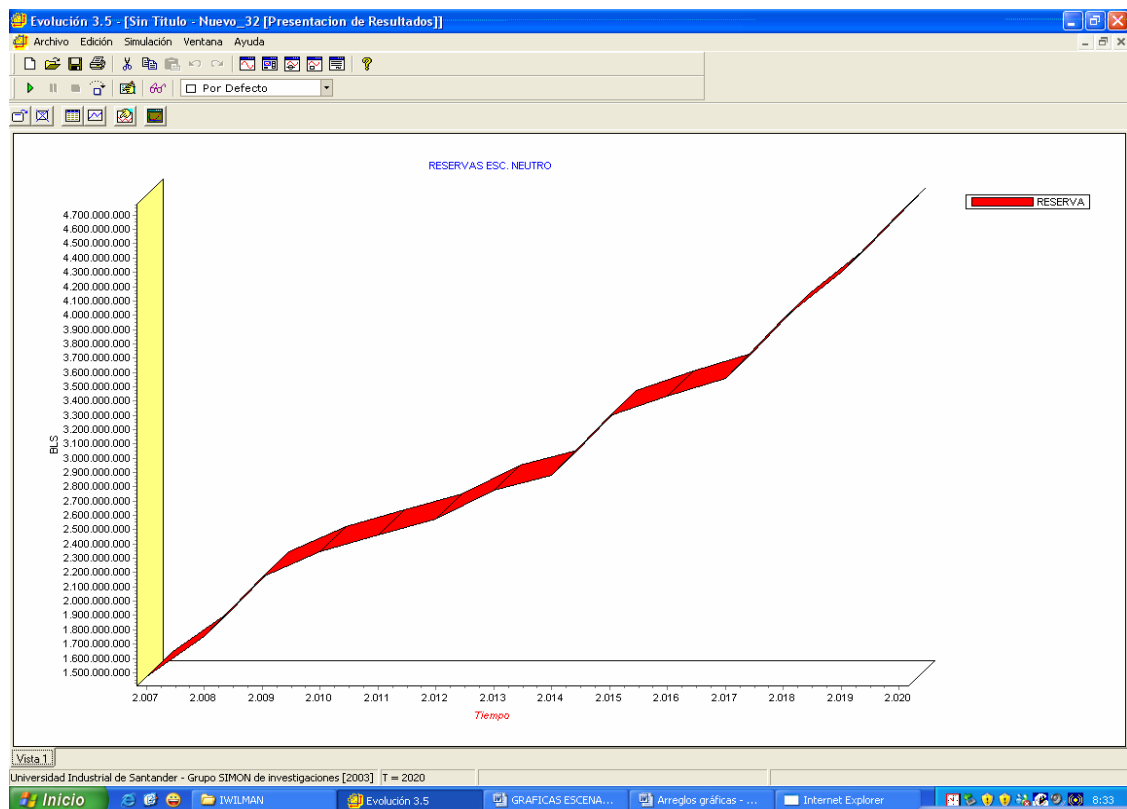
La gráfica 30 nos muestra el aumento de la IED en exploración que se mantiene en los niveles históricos del país.

Gráfica 30. Confianza inversionista



La gráfica 31 nos muestra el comportamiento de incorporación de reservas acorde con las proyecciones de las variables empleadas en el escenario neutro desarrollado en el modelo.

Gráfica 31. Comportamiento reservas

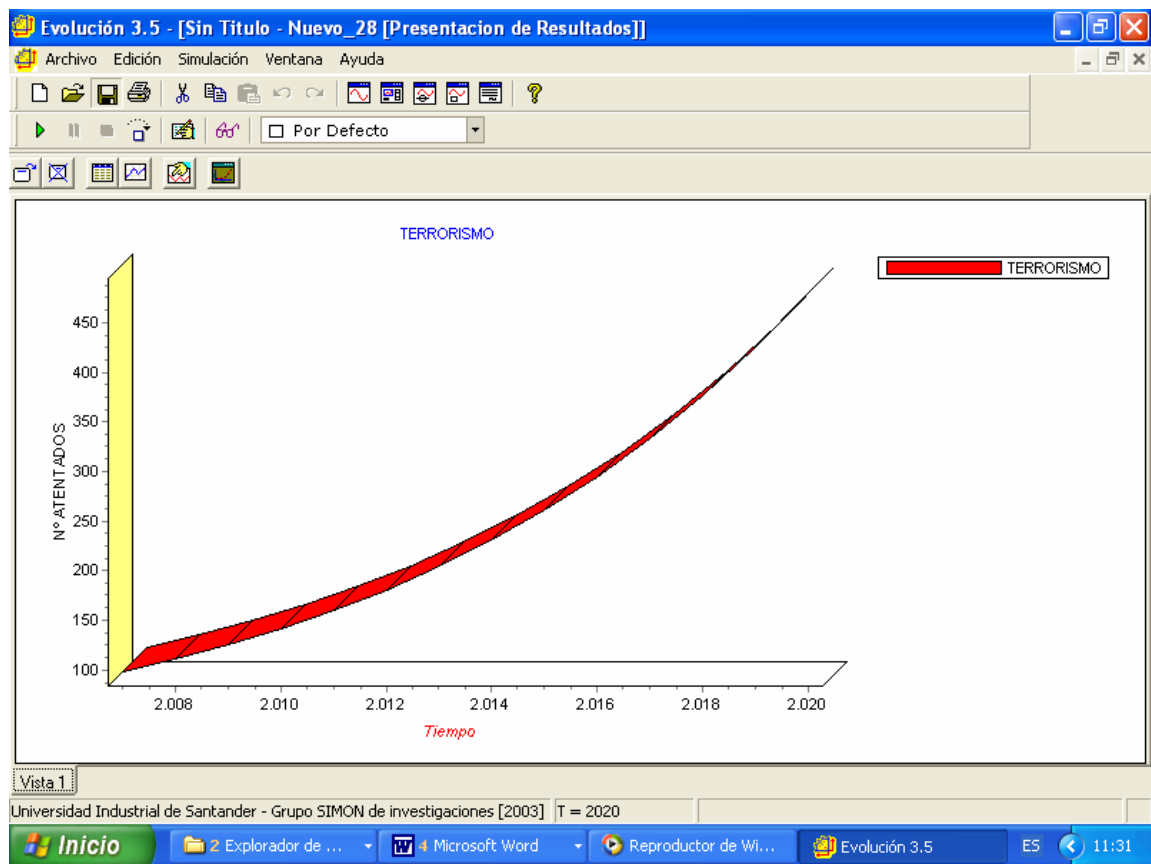


Análisis del comportamiento del modelo en el Escenario Negativo

El escenario negativo es el escenario indeseable pues aunque en él se presenta una pequeña incorporación de reservas que alcanza a suplir las necesidades de las dietas de las refinerías no se podría producir excedentes petroleros a las regiones y sobre todo en reservas internacionales. Otro aspecto crítico de este escenario se presenta en la

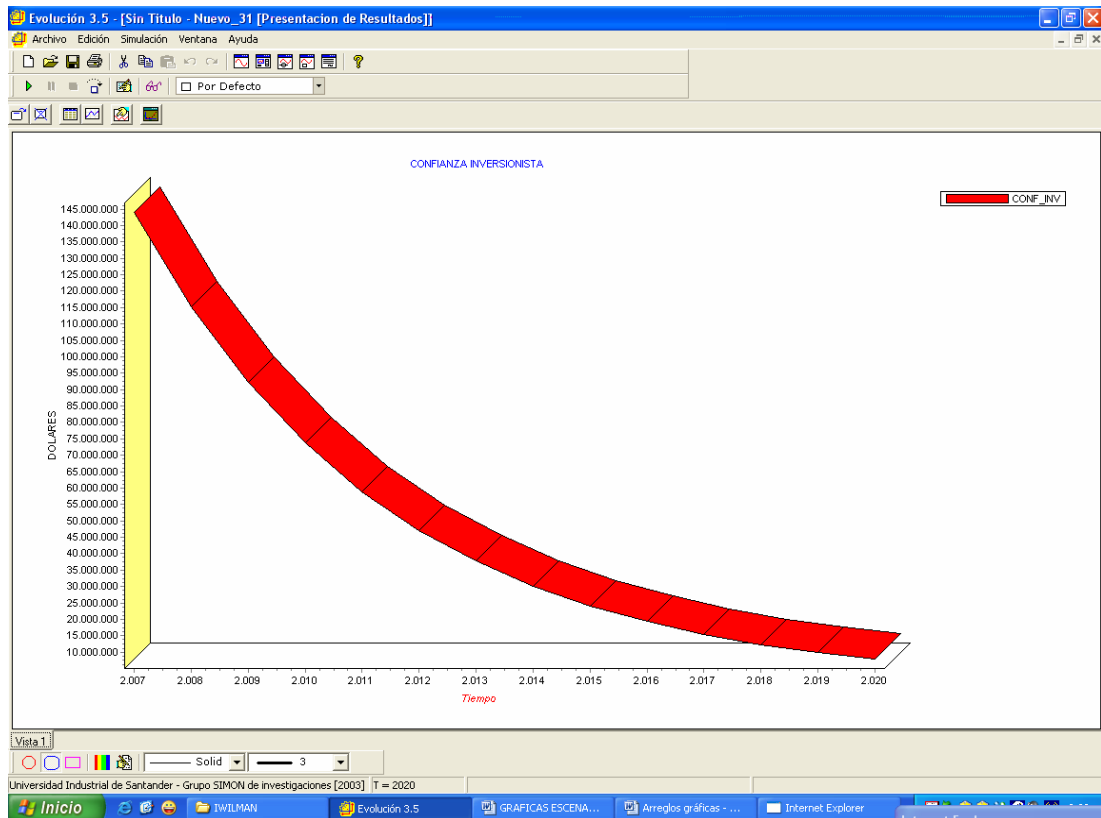
agudización del conflicto que conllevaría a una crisis en todos los aspectos y sectores del país. La gráfica 32 muestra el incremento de los atentados contra la infraestructura petrolera que es proporcional al aumento de todas las modalidades de violencia.

Gráfica 32. Comportamiento del terrorismo



La gráfica 33 nos deja ver el descenso de la inversión extranjera directa en exploración (proporcional a la inversión extranjera directa total en el país), lo cual provocaría que las metas de incorporación de reservas no se cumpliesen de ninguna manera.

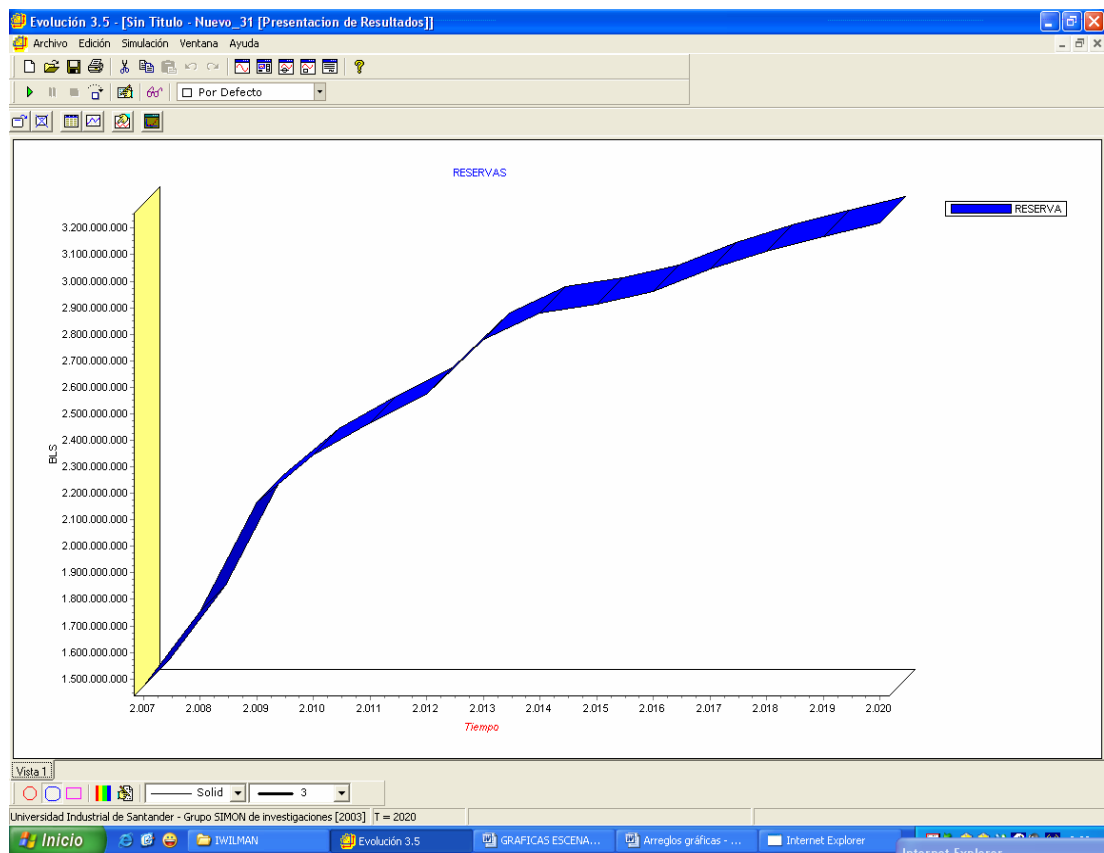
Gráfica 33. Confianza inversionista



Los comportamientos anteriormente descritos se traducen en el comportamiento de la escasa incorporación de reserva en el decenio estudiado.

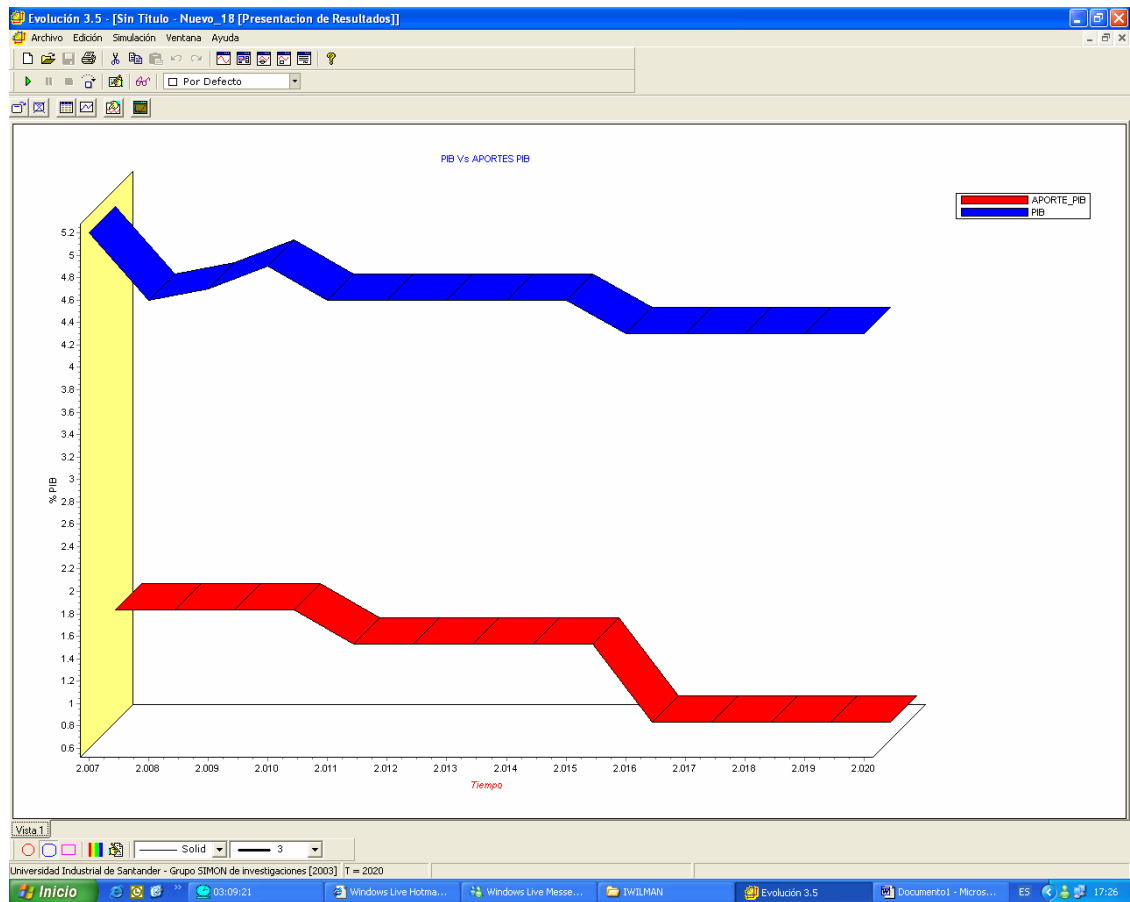
La gráfica 34, nos muestra la tendencia mencionada de incorporación de reserva.

Gráfica 34. Reservas



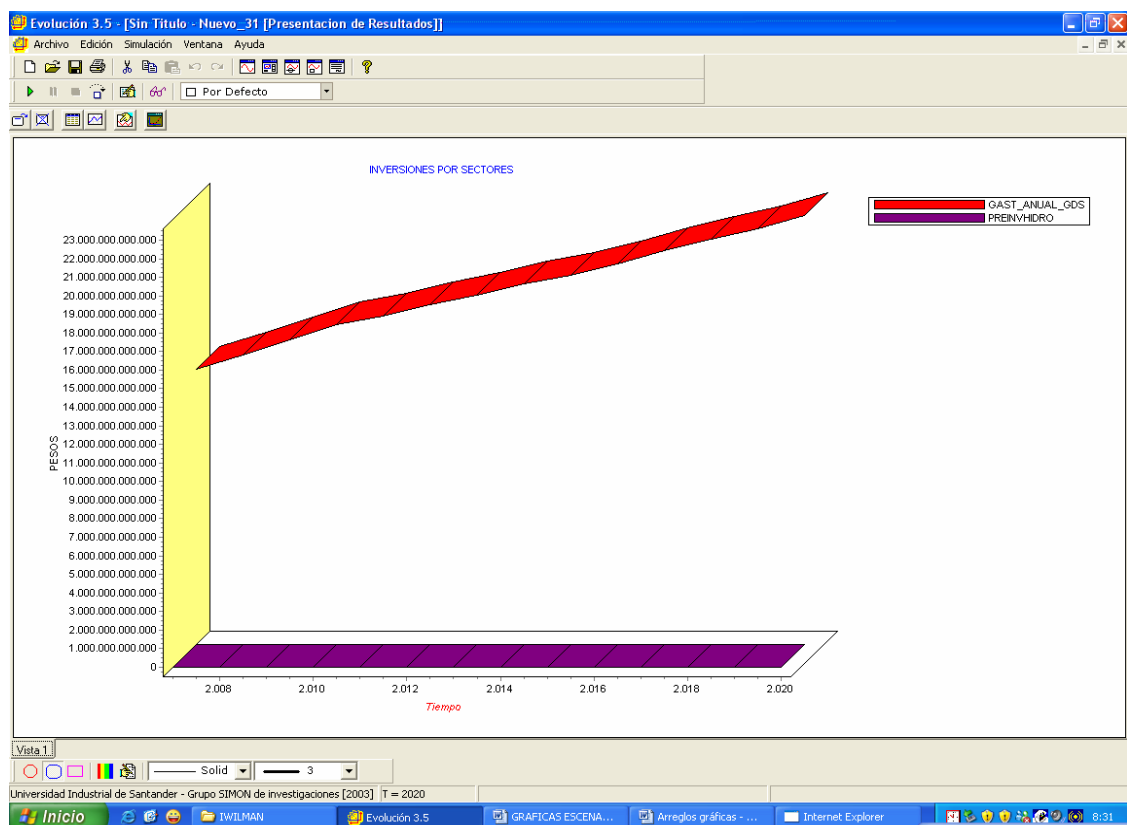
Consecuente al comportamiento anterior se observa la caída en el crecimiento del PIB o del país como lo muestra la gráfica 35.

Gráfica 35. Comportamiento PIB vs. Aporte PIB petrolero



La gráfica 36 nos muestra las tendencias de mayor desequilibrio que en materia de inversión plantea este escenario entre el gasto en defensa y seguridad y la inversión en exploración.

Gráfica 36. Tendencia de gastos por sectores



Las gráficas de las pruebas del modelo en sus comportamientos simulados nos dejan ver la alta dependencia económica de las cuentas del país, de los aportes de la industria petrolera. Estas apreciaciones son notables en todos los tipos de estudios, balances y proyecciones que se hacen al respecto. Igualmente vemos que el comportamiento de las Simulaciones del modelo es bastante lógico y concuerda en gran parte

con la realidad del fenómeno en estudio y coincide con el entorno del país puesto que en la eventualidad que ocurriera cualquiera de estos escenarios, todos los demás sectores productivos y socioeconómicos de la nación también se verían afectados en gran parte por la estrecha y profunda relación entre todos ellos.

CONCLUSIONES

- La dinámica de sistemas permite a través de su metodología de lenguajes poder modelar fenómenos tan complejos como la industria petrolera en cualquiera de sus componentes, ya sea de orden técnico, tecnológico, operativo, financiero, etc.
- Esta metodología de prototipado desarrolla conocimiento que es útil para la comprensión e interpretación de fenómenos asociados a los sistemas socioeconómicos del país, y su estrecha relación de mutua influencia con la industria petrolera con una buena aproximación a la realidad.
- Al analizar los comportamientos simulados y su aproximación a la realidad damos por cumplido otro objetivo de este trabajo, ya que la interacción entre estas variables describe acertadamente el fenómeno en estudio a través del modelo desarrollado.
- El desarrollo de este modelo a través del lenguaje de la dinámica de sistemas, permitió el entendimiento del fenómeno estudiado y es una herramienta de estudio que profundiza la investigación creando conocimiento a partir de la continua interacción y/o realimentación con el mismo.
- Se logra identificar la gran interdependencia entre la política petrolera, la economía y las actividades del sector de hidrocarburos en el país.

- El software evolución del grupo SIMÓN de investigaciones en modelamiento y simulación, brinda a toda la comunidad universitaria una herramienta de gran importancia que puede contribuir la formación integral del futuro profesional.

- Aunque en el país existen estudios sobre el fenómeno en cuestión, es importante resaltar la articulación de todos estos estudios sobre los diversos sectores construyendo el estado del arte de una estrategia integral sobre política petrolera.

- La dinámica de sistemas, además de proporcionar una opción en la toma de decisiones, en sus ramas de aplicabilidad, ofrece una alternativa educativa para comprender los sistemas, reforzando el proceso de aprendizaje a través de la observación y utilización de los elementos del software, sus relaciones internas y las condiciones del entorno que lo rodean e influyen en él.

- Se puede observar el papel fundamental que puede ejercer la utilización de la dinámica de sistemas en el desarrollo de modelos para adiestrar al profesional en la conceptualización y formulación de políticas a partir de la realización del arte de las teorías de modelamiento prospectivo como herramientas de trabajo del ingeniero de petróleos.

- Las simulaciones realizadas permiten observar varios posibles escenarios que pueden presentarse como consecuencia de las políticas y estrategias planteadas por el estado colombiano.

- El escenario positivo muestra un comportamiento extraordinario del sector petrolero nacional durante el horizonte de tiempo proyectado que demandará de esfuerzos en inversión hasta ahora no considerados en Colombia.

- El comportamiento de la confianza inversionista en exploración en el país necesita que las metas en contratación y perforación se cumplan a cabalidad.

- Aunque el escenario neutro considera los actuales niveles de inversión en exploración proyectados, el comportamiento muestra que se requerirán de mayores esfuerzos de inversión para lograr las metas planteadas.

- Igualmente el comportamiento de la confianza inversionista muestra que se requerirá de mayores esfuerzos para atraer y multiplicar la inversión extranjera directa en exploración en el país.

- El comportamiento de la incorporación de reservas en este escenario permitiría continuar con aportes fundamentales al sostenimiento de la economía del país pero no considera el desplome de los demás sectores productivos del país.

- De acuerdo a lo anterior y como consecuencia de la disminución de la inversión extranjera en exploración se hace necesario que la inversión en exploración para alcanzar este nivel de incorporación de reservas lo realice el Estado colombiano.

RECOMENDACIONES

- A partir del desarrollo del presente modelo se recomienda promover la utilización de la dinámica de sistemas en la formación del ingeniero de petróleos en la UIS.
- Igualmente se recomienda elaborar estudios de prospectiva en la UIS que confronten las investigaciones con tecnologías diferentes y se puedan sacar conclusiones y recomendaciones.
- Observada la alta sensibilidad e influencias entre los comportamientos del modelo y su carácter interdisciplinario, se recomienda la creación de un grupo de política petrolera que le permitan al ingeniero diversificar su educación y prepararlo para ser actor influyente en el sector petrolero del país.
- La investigación basada en dinámica de sistemas, está en proceso de formación en Colombia, por lo que es propicio implementar esta herramienta en la escuela de ingeniería de petróleos de la UIS.

BIBLIOGRAFÍA

ACTUALIZACIÓN Y PROYECCIONES. Investigaciones económicas. Corficolombiana. Agosto de 2007.

ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, Y SOTAQUIRÁ GUTIÉRREZ, Ricardo. Pensamiento de Sistemas y Dinámica de Sistemas para el modelamiento de fenómenos de diversa naturaleza

ANÁLISIS A LOS RECURSOS PARA EL SECTOR DEFENSA Y SU RESPECTIVA. Contraloría delegada para el sector defensa, justicia y seguridad.

CÁRDENAS, Mauricio. El sector petrolero en Colombia. Fedesarrollo. Octubre de 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Dirección de estudios económicos. Republica de Colombia. Documento 330. 30 De abril de 2007. Archivos de economía.

DINÁMICA DE SISTEMAS POR JAVIER ARACIL, ISDEFE

DNP - Banco de la República – DANE

DOCUMENTO VISIÓN COLOMBIA 2019, SEGUNDO CENTENARIO

EIA “Long term world oil supply scenarios”- August 2004. DOE-EIA: Departamento de energía de los Estados Unidos.

EIA Presentación “Long Term Outlook For Energy Markets” March 2006. Larsen 2004.

Es importante hacer notar que en la práctica pueden ser utilizados ambos ENFOQUES, conduciendo así a los PROCESOS DE PLANIFICACIÓN HÍBRIDOS.

EVOLUCIÓN 3.5. Grupo SIMON de investigación.

ESTUDIO: el futuro de la autosuficiencia petrolera en Colombia. Intervención del Dr. Luis Bernardo Flórez Enciso, Vicecontralor General

de la República, en la Conferencia ENERCOL, Bogotá, agosto 26 de 2005.

FINANCIACIÓN DE LA POLÍTICA DE CONSOLIDACIÓN DE SEGURIDAD DEMOCRÁTICA. Febrero de 2007. Consejo Superior de Política Fiscal.

FLOREZ ENCISO, Luis Bernardo. El futuro de la autosuficiencia petrolera de Colombia. Conferencia ENERCOL. Bogotá, Agosto 26 2005

GARCÍA CARRIZOSA, Raúl Eduardo. Indicadores de gestión y estadística de la industria. Mayo de 2007.

GASTO EN DEFENSA Y SEGURIDAD, AGOSTO DE 2007, MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL

INVERSIÓN EXTRANJERA, BOLETINES DE DIVULGACIÓN ECONÓMICA, INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA EN COLOMBIA: CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS, MIRCEA CUBILLOS, VERÓNICA NAVAS, UNIDAD DE ANÁLISIS MACROECONÓMICO, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANTACIÓN, JUNIO 2000, SANTA FE DE BOGOTA

LOGROS Y RETOS DE LA POLÍTICA DE DEFENSA Y SEGURIDAD DEMOCRÁTICA. Unión y cambio. Febrero de 2006.

MANUAL DE METODOLOGÍAS - TOMO 1: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL .NOVIEMBRE, 2000, PROGRAMA DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA PARA LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

MEGA DE LA ANH 2020, AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

MERINO GARCÍA, Pedro Antonio y GARCÍA RAMÍREZ, Rodman Karim. Análisis de las proyecciones de producción de petróleo no OPEP a mediano y largo plazo.

NÚÑEZ MÉNDEZ, Jairo Augusto, GONZÁLEZ, Néstor Iván, y HERNÁNDEZ, Gustavo Adolfo. Es posible alcanzar los objetivos del milenio en Colombia. Una evaluación de estrategias de focalización y financiamiento.

ORTEGA SANMARTIN, Fernando. La prospectiva. Herramienta indispensable de planeamiento en una era de cambios.

PETRÓLEO, VULNERABILIDAD DE LA ECONOMÍA COLOMBIANA Y POLÍTICAS DE ESTABILIZACIÓN, RODRIGO SUESCUN, SANTIAGO MONTENEGRO, RENATA PARDO, CEDE UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

PLAN ENERGÉTICO NACIONAL, CONTEXTO Y ESTRATEGIAS 2006-2025. Ministerio de Minas y Energía, UPME

POLÍTICA DE CONSOLIDACIÓN DE LA SEGURIDAD DEMOCRÁTICA, MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL, 2007

PROYECCIONES MACROECONÓMICAS DE MEDIANO PLAZO PARA COLOMBIA. Abril de 2005. FEDESARROLLO.

PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA. Unidad de planeación minero energética. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. Julio de 2007.

RESULTADOS EMPRESARIALES 2006 Y METAS 2007. ECOPETROL.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática Grupo SIMÓN de Investigación en modelamiento y simulación de sistemas.

ZAPATA, Juan Gonzalo y Otros. Rediseño del uso de los ingresos públicos provenientes de la utilización y comercialización de los recursos naturales no renovables (RNNR). Informe final – capítulo 1. Análisis de los efectos fiscales y macroeconómicos de los recursos naturales no renovables. UPME – FEDESARROLLO. Bogotá.