

*Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"*  
*Facultad de Ingeniería.*



*Evaluación de Impacto Ambiental Planta  
Regasificadora de Gas Natural Licuado.*

*Trabajo en Opción al Título de  
Máster en Producción Más Limpia*

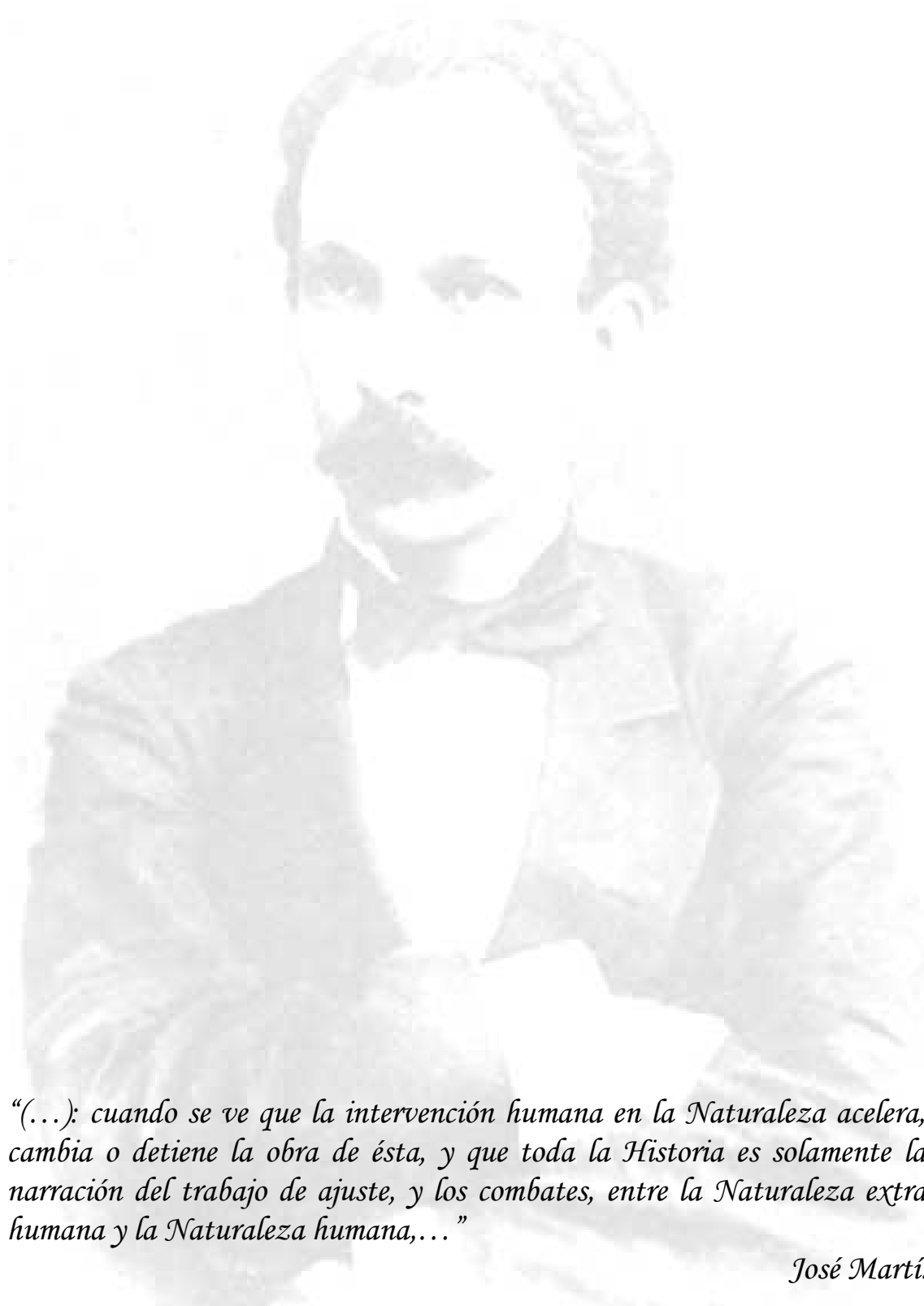
*Autor: Ing. Anabel Martín Aparicio*

*Tutor: Dr. Eduardo López Bastida*

*Cienfuegos*

*2013*





*“(...): cuando se ve que la intervención humana en la Naturaleza acelera, cambia o detiene la obra de ésta, y que toda la Historia es solamente la narración del trabajo de ajuste, y los combates, entre la Naturaleza extra humana y la Naturaleza humana...”*

*José Martí.*



"Año 55 de la Revolución."

22 de enero del 2013.

A: Ing. Félix Ramón Martínez.

Por la presente solicito su permiso para realizar mi tesis de maestría en el Proyecto GNL. La misma será confeccionada bajo la tutoría de Elio Cruz Olivares, trabajador del Proyecto y el profesor de la Universidad de Cienfuegos Eduardo López Bastida.

Favor de Firmar la Carta y acuñarla, si da su consentimiento.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Félix Ramón Martínez

Sub-Gerente Proyecto GNL

Sin otro asunto.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Anabel Martín Aparicio.

## *Agradecimientos*

*A mis padres por su apoyo incondicional.*

*A mi esposo por su eterno apoyo y ayuda en todo momento.*

*A mis compañeros/as de trabajo por brindarme ayuda para poder realizar  
este trabajo.*

*A mis tutores por las enseñanzas transmitidas.*

*A todos mi eterna gratitud.*

## *Dedicatoria*

*A mis padres, que lo han dado todo por mí.*

*A mi esposo por su amor y apoyo ilimitado.*

## *Resumen*

La presente investigación refiere una Evaluación de Impacto Ambiental para la construcción y explotación de una Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba. Para la realización de la misma se estudiaron diferentes metodologías que existen en el mundo, legislación nacional vigente referente a temas ambientales, antecedentes de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), así como la relación que existe entre la Producción Más Limpia y las EIA. Se realiza, además, una caracterización y descripción del proceso llevado a cabo para la ejecución del Proyecto, y se identifica la línea base ambiental. Se selecciona la metodología propuesta por Vicente Conesa para ser aplicada en una versión simplificada, la cual conlleva a la identificación de factores ambientales impactados, acciones impactantes, además a la creación de matrices de valoración y evaluación de impactos ambientales, las cuales permitieron la creación de un plan de medidas preventivas y correctoras para los impactos identificados, conjuntamente con un plan de vigilancia y monitoreo ambiental.

## *Abstract*

This research paper refers to the Environmental Impact Assessment in the construction and exploitation of the Liquid Natural Gas Regasification Terminal in Cuba. Different methodologies, currently available were studied too. Updated national legislation referring to environmental topics, a background of the Environmental Impact Assessment (EIA), as well as, the relation between Clear Production and EIA are treated. It also makes a characterization and description of the process carried out for the Project execution and identifies the environmental line bases. Finally, the proposal methodology by Vicente Conesa is selected to be applied in a simplify version. It contributes to the identification of impact environmental factor, impact actions, and the creation of environmental impact evaluation and valuation matrix. Prevented and corrected measures for identified impacts; join together with environmental inspections and guards are provided from these matrixes.

# Índice

|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                                                                 | <b>III</b> |
| <b>DEDICATORIA .....</b>                                                                     | <b>IV</b>  |
| <b>RESUMEN .....</b>                                                                         | <b>V</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                        | <b>VI</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                                                    | <b>1</b>   |
| <b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>                                              | <b>8</b>   |
| 1.1 ANTECEDENTES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....                                 | 8          |
| 1.2 CUANDO HACER UNA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SUS OBJETIVOS. ....                   | 12         |
| 1.3 LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL COMO PROCESO JURÍDICO ADMINISTRATIVO. ....            | 15         |
| 1.4 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....                                    | 18         |
| 1.5 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN PLANTAS DE GAS NATURAL LICUADO. ....                  | 21         |
| 1.6 VINCULACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL CON LAS PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS. .... | 25         |
| 1.7 CONCLUSIONES PARCIALES.....                                                              | 28         |
| <b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. ....</b>                                            | <b>29</b>  |
| 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. ....                                                           | 29         |
| 2.1.1 <i>Objetivos sociales del proyecto.....</i>                                            | 29         |
| 2.2 TÉRMINOS Y VALORACIÓN ECONÓMICA.....                                                     | 30         |
| 2.2.1 <i>Relación entre costos económicos y efectos ambientales. ....</i>                    | 33         |
| 2.2.2 <i>Empleos generados.....</i>                                                          | 33         |
| 2.2.3 <i>Disponibilidad de mano de obra. ....</i>                                            | 34         |
| 2.2.4 <i>Requisitos de calificación y especialización de la mano de obra. ....</i>           | 34         |
| 2.3 PERMISOS Y LICENCIAS. ....                                                               | 35         |
| 2.4 COMPOSICIÓN DE LA PLANTA REGASIFICADORA. ....                                            | 35         |
| 2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO. ....                                                            | 36         |
| 2.5.1 <i>Descripción de las áreas de proceso. ....</i>                                       | 39         |
| 2.6 ANTECEDENTES DE OBRAS SIMILARES EJECUTADAS EN EL PAÍS. ....                              | 43         |
| 2.7 TECNOLOGÍAS ASOCIADAS .....                                                              | 43         |
| 2.8 SISTEMA DE MANTENIMIENTO. ....                                                           | 44         |
| 2.9 MATERIALES A EMPLEAR.....                                                                | 45         |
| 2.10 DESCRIPCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS A UTILIZAR. ....                                     | 49         |
| 2.11 FUENTES, ALTERNATIVAS Y CONSUMO ENERGÉTICO. ....                                        | 50         |
| 2.12 ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS Y TECNOLÓGICAS. ....                                         | 51         |
| 2.13 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS QUE CONFORMARÁN LA OBRA. ....                            | 51         |
| 2.14 ANÁLISIS DE RIESGOS Y PLANES DE REDUCCIÓN DE DESASTRES.....                             | 53         |
| 2.15 DISPERSIÓN DEL GAS NATURAL LICUADO.....                                                 | 61         |
| 2.16 INTEGRACIÓN DEL PROYECTO CON EL ENTORNO.....                                            | 61         |
| 2.17 ORGANIZACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS.....                               | 62         |
| 2.18 ESTIMADO DE ESCOMBROS.....                                                              | 63         |
| 2.19 POSIBLES PUNTOS DE VERTIMIENTO DE ESCOMBROS. ....                                       | 63         |
| 2.20 EQUIPOS DE TRANSPORTE Y REQUISITOS DE TRANSPORTACIÓN.....                               | 64         |
| 2.21 SITIOS DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES. ....                                   | 64         |
| 2.22 FACILIDADES TEMPORALES Y SERVICIOS. ....                                                | 64         |
| 2.23 TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS Y RESIDUALES LÍQUIDOS.....                          | 65         |
| 2.24 PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS NATURALES AFECTADAS. ....                               | 66         |
| 2.25 LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE. ....                                                     | 66         |
| 2.26 CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL. ....                                        | 68         |
| 2.27 ACCIONES DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS A IMPLEMENTAR.....                                 | 68         |
| 2.28 CONCLUSIONES PARCIALES.....                                                             | 70         |



|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.</b>                          | <b>71</b>  |
| 3.1 METODOLOGÍA SELECCIONADA.                                                | 71         |
| 3.2 GENERALIDADES.                                                           | 75         |
| 3.3 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS.                               | 76         |
| 3.3.1 Factores impactados.                                                   | 77         |
| 3.3.2 Acciones impactantes.                                                  | 78         |
| 3.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS.                                          | 78         |
| 3.4.1 Matriz de identificación de impactos fase de construcción.             | 79         |
| 3.4.1 Matriz de identificación de impactos fase de explotación.              | 80         |
| 3.5 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS.                                        | 82         |
| 3.6 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS.                                        | 83         |
| 3.7 VALORACIÓN DE IMPACTOS.                                                  | 87         |
| 3.8 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS.                                             | 89         |
| 3.8.1 Geología y geomorfología.                                              | 90         |
| 3.8.2 Calidad de aire.                                                       | 90         |
| 3.8.3 Ruido.                                                                 | 90         |
| 3.8.4 Calidad de agua.                                                       | 91         |
| 3.8.5 Hidrología e hidrogeología.                                            | 91         |
| 3.8.6 Plantas.                                                               | 91         |
| 3.8.7 Animales.                                                              | 91         |
| 3.8.8 Salud y seguridad.                                                     | 92         |
| 3.8.9 Generación de empleos.                                                 | 93         |
| 3.8.10 Paisajes.                                                             | 93         |
| 3.8.11 Arqueológico.                                                         | 94         |
| 3.9 IMPACTO GLOBAL.                                                          | 94         |
| 3.10 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.                                      | 95         |
| 3.11 MEDIDAS GENERALES.                                                      | 98         |
| 3.12 MEDIDAS PREVENTIVAS, FASE CONSTRUCTIVA.                                 | 99         |
| 3.13 MEDIDAS PREVENTIVAS, FASE EXPLOTACIÓN.                                  | 101        |
| 3.14 MEDIDAS CORRECTORAS, FASE CONSTRUCTIVA.                                 | 102        |
| 3.15 MEDIDAS CORRECTORAS, FASE EXPLOTACIÓN.                                  | 102        |
| 3.16 FASE DE ABANDONO.                                                       | 103        |
| 3.17 UBICACIÓN DE LA PLANTA.                                                 | 103        |
| 3.18 PLAN DE VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL.                               | 104        |
| 3.19 CONCLUSIONES PARCIALES.                                                 | 107        |
| <b>CONCLUSIONES GENERALES.</b>                                               | <b>108</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.</b>                                                      | <b>109</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                                          | <b>110</b> |
| <b>ANEXO # 1</b>                                                             | <b>115</b> |
| ENTREVISTA A LA GERENCIA DEL PROYECTO.                                       | 115        |
| <b>ANEXO # 2</b>                                                             | <b>116</b> |
| OBSERVACIÓN PARTICIPANTE EN EL PROYECTO.                                     | 116        |
| <b>ANEXO # 3</b>                                                             | <b>117</b> |
| ENTREVISTA A ESPECIALISTAS DEL PROYECTO.                                     | 117        |
| <b>ANEXO # 4</b>                                                             | <b>118</b> |
| LÍNEA BASE AMBIENTAL, PROYECTO PLANTA REGASIFICADORA DE GAS NATURAL LICUADO. | 118        |
| <b>ANEXO # 5</b>                                                             | <b>122</b> |
| PLOT PLANT.                                                                  | 122        |

## *Introducción*

Actualmente el mundo de hoy se encuentra en evolución, una de las primordiales inquietudes es la búsqueda de diferentes fuentes de energía, menos dañinas para el medio ambiente y que puedan sustituir a las ya existentes debido al cercano e inminente agotamiento de las mismas.

Una de las alternativas, que surge con un incremento de suceso en los últimos tiempos es el gas natural, el combustible de más rápido crecimiento para el año 2040, con una demanda superior al 60%. Parte de este crecimiento provendrá de las compañías de electricidad y otros consumidores que abandonen el uso del carbón y el fuel oil con el fin de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Dentro de las variantes del gas natural, la de mayor fuerza actualmente es el Gas Natural Licuado o GNL<sup>1</sup>, el mismo es el gas natural que ha sido procesado para ser transportado en forma líquida. Alternativa empleada para monetizar reservas en sitios apartados, donde, no es económico llevar el gas al mercado de forma directa, por gasoducto o para la generación de electricidad. El gas natural licuado es transportado a -162 °C y a presión atmosférica, debido a que el proceso de licuefacción permite reducir en 600 veces su volumen.

En las últimas décadas se han conformado en el mundo una serie de empresas de ingeniería dedicadas a la construcción de plantas de GNL, estas han llegado a desarrollar plantas regasificadoras sobre barcos, permitiéndole movilidad a esta moderna fuente de energía. Siendo la construcción de una planta de GNL, es altamente compleja, tanto desde el punto de vista técnico como comercial. En el desarrollo de estos proyectos se deben tener en cuenta todos los aspectos de la cadena de producción desde el yacimiento, el tratamiento preliminar en los pozos, el transporte por tubería a la planta de licuefacción, el llenado de barcos, el transporte a las unidades de revaporización, la venta y distribución del gas, así como los miles de millones de dólares de inversión que representan, por lo que requieren la participación de compañías integradas (que tengan unidades de exploración, producción y distribución de gas) de alta solvencia económica y entidades financieras que contribuyan con el capital de

---

<sup>1</sup> Gas Natural Licuado.

inversión. Factores que han permitido el desarrollo de una industria, en la cual el riesgo de inversión es bajo y requiere que los contratos de compra y venta de gas sean a largo plazo, en este caso 20 años con reservas mínimas en el orden de 12 billones de pies cúbicos por proyecto.

Entonces es necesario precisar, que el crecimiento económico y la protección ambiental están interrelacionados de forma proporcional, razones por las cuales se puede afirmar que sin una protección del medio ambiente, el crecimiento se vería adulterado, y sin crecimiento certero y concreto, fracasaría la protección del medioambiente.

Favorablemente, los efectos adversos del uso, explotación y tratamiento del gas, pueden reducirse en forma pronunciada estableciendo para ello políticas eficaces, para todas las actividades que desarrollan las instituciones y que están vinculadas con el medio ambiente, estas políticas efectivas proporcionarían el aumento de los ingresos empleando los recursos que se requieren para una mejor previsión ambiental.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA<sup>2</sup>) es una herramienta de prevención que, apoyada por una institucionalidad acorde a las necesidades de los distintos países, fortalece la toma de decisiones a nivel de proyectos, debido a que incorpora variables que tradicionalmente no habían sido consideradas durante su planificación, diseño e implementación. Estableciendo un proceso destinado a mejorar el sistema de toma de decisiones, y está orientado a garantizar que las opciones de proyectos en consideración, sean ambiental y socialmente sostenibles.

Cuba, no está exenta del desarrollo tecnológico que está teniendo lugar en el mundo, motivos por los que posee un plan de desarrollo económico que cumple con los lineamientos 127, 135, 218, 247, 253, de la política del PCC<sup>3</sup>, dentro de los cuales, está incluida la construcción de una Planta de GNL, idea que surge como parte de los acuerdos entre los gobiernos de la República de Cuba y de la República Bolivariana de Venezuela.

---

<sup>2</sup> Evaluación de Impacto Ambiental

<sup>3</sup> Partido Comunista de Cuba.

La creación de esta planta permite contribuir con el desarrollo de la matriz energética del país. Será construida basándose en las legislaciones y regulaciones medio ambientales vigentes en el país, como son: la Ley No 81 Medio Ambiente, Res/132/2009 CITMA<sup>4</sup>, Res/91 del MEP<sup>5</sup>, Decreto Ley 200 Contravenciones en Materia de Medio Ambiente, el Decreto Ley No. 212: Gestión de la zona costera, Ley No 85 Forestal.

Siempre priorizando la protección del medio ambiente y los recursos naturales del país, reconociendo además la estrecha relación de estos con el desarrollo económico y social sostenible, lo que permite concebir de manera racional la vida humana y asegurar el bienestar y la seguridad de la generaciones actuales y posteriores.

El desarrollo inversionista que se acomete en el país fundamentalmente en la industria Petroquímica presupone la asimilación de nuevos territorios en la zona costera que históricamente ha sido donde se localizan los recursos naturales y la infraestructura de mayores valores para la realización de actividades; no siempre el desarrollo se logra de la modo planificado y ordenado, en ocasiones, por desconocimiento y en otras por la inexistencia de métodos que permitan realizar una valoración integral de la capacidad de acogida del territorio para determinadas actividades fundamentalmente constructivas, lo que acarrea un deterioro de las propiedades físico ambientales del territorio.

Sobre esta base, La Evaluación de Impacto Ambiental, se convierte en un elemento básico para la identificación y valoración de los efectos negativos que cada proyecto puede ocasionar al medio natural y a la vez propone las medidas para la mitigación y/o disminución de dichos impactos negativos identificados.

La Planta de GNL a construir tiene las facilidades necesarias para recibir y procesar 2,06 millones de toneladas métricas por año (MMTMA) de Gas Natural Licuado. El Proyecto contempla, la construcción de un muelle para la recepción, la construcción de dos tanques de 160.000,00 m<sup>3</sup> de capacidad operacional cada uno, para el almacenamiento. Y la construcción de las

---

<sup>4</sup> Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

<sup>5</sup> Ministerio de Economía y Planificación

facilidades para la regasificación. Simultáneamente se, conecta a un gasoducto para la transportación del gas, distribuyéndolo a diferentes usuario finales algunos de los que cuales se citan a continuación: Termoeléctricas, Ciclos Combinados y Refinerías.

El proyecto de ingeniería Planta Regasificadora de GNL, evalúa diferentes fases, visualización, conceptualización (en el caso que ocupa conceptual-extendida), y en la actualidad se espera comenzar la ingeniería de detalles. En los inicios las primeras ideas fueron manejadas por PDVSA<sup>6</sup> Gas, que determinó que la Fase de Visualización fuera desarrollada por TIVENCA<sup>7</sup>, empresa venezolana multidisciplinaria consultora de ingeniería, procura y gerencia de construcción, a través de la cual quedaron identificadas las bases y premisas de diseño, la capacidad de almacenamiento, la definición de la flota, las características de la terminal, el mercado de buques metaneros y del GNL.

La Conceptual-Extendida, fue desarrollada con la firma Española Técnica Reunida, triunfadora en el proceso de licitación internacional llevado a cabo por PDVSA Gas. Esta fase, por las características de la tecnología y la empresa que la ejecuta, tuvo el alcance de extendida.

Y para la ingeniería de detalles, las firmas que resultaron victoriosas en el proceso de licitación, fueron HQCEC<sup>8</sup> (China) y TECHNIP<sup>9</sup> (empresa líder mundial en la administración de proyecto, ingeniería y construcción para la industria del gas y el petróleo), que se hacen acompañar por el Banco Exim Bank, quien financia el desarrollo junto a Cuba y Venezuela del Proyecto.

Una vez concluido el proceso de licitación de esta última fase, fue revisado por la firma china HQCEC, el desarrollo de la Ingeniería Conceptual-Extendida más el paquete FEED<sup>10</sup> desarrollado por Técnica Reunida, para pasar bajo un esquema aprobado a la firma del contrato IPCA<sup>11</sup>, momento en el que se encuentra el proyecto actualmente.

---

<sup>6</sup> Gas y Petróleos de Venezuela S.A.

<sup>7</sup> Thronson Internacional de Venezuela, C.A

<sup>8</sup> Huanqiu Contracting&Engineering Corporation

<sup>9</sup> Engenharia, Instalações e Apoio Marítimo S.A.

<sup>10</sup> Front End Engineering Design

<sup>11</sup> Ingeniería de Procura, Construcción y Arranque.

Con la construcción y explotación de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado es necesario acondicionar el terreno, acción que trae como consecuencia efectuar la tala de los árboles del lugar donde quede emplazada, el desmantelamiento o desbroce de la cubierta vegetal y por ende el cambio del hábitat de la fauna endémica. Con la construcción las obras civiles del Proyecto, se emiten partículas contaminantes, y se generan residuos tanto sólidos como líquidos. Además se debe pavimentar las vías de acceso así como proporcionar un posterior mantenimiento una vez construida la Planta incrementándose en esta etapa el tráfico de vehículos y por ende la emisión de partículas contaminantes. Razones por las que se hace necesario realizar la EIA para determinar los aspectos ambientales impactados y proponer las medidas de mitigación y/o disminución de los impactos que provocara la ejecución del Proyecto.

Teniendo en cuenta la *situación problemática* expuesta anteriormente se define como **problema a resolver:** Evaluar el Impacto Ambiental que provoca la construcción de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado al medio natural y a la sociedad en su emplazamiento y lugares aledaños.

Se define como **objeto de estudio:** la superficie de terreno necesaria para el emplazamiento de la Planta, así como, su geología, relieve, paisajes, vegetación, fauna, flora y los asentamientos poblacionales aledaños.

Como **campo de acción:** el desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba.

La investigación defiende la siguiente **idea:** El desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba, contribuirá a clarificar el proceso de construcción de la Planta acorde a los principios del desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta lo anterior, el **objetivo general** de la presente investigación es:

- ✓ Realizar la Evaluación del Impacto Ambiental de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado.

Desprendiéndose así los siguientes **objetivos específicos:**

- ✓ Describir el Proyecto y las acciones a evaluar en la Línea Base Ambiental.
- ✓ Identificar las acciones impactantes, factores naturales impactados y los impactos ambientales ocasionados.
- ✓ Valorar los impactos ambientales especificando en lo relacionado a las Producciones Más Limpias.
- ✓ Proponer medidas de disminución de impactos en ambientales.

Para dar cumplimiento a los objetivos citados anteriormente, se desarrollaron las siguientes **tareas investigativas:**

- ✓ Descripción del Proyecto GNL (monto de la inversión y características).
- ✓ Identificación de los factores o componentes ambientales impactados.
- ✓ Identificación de las acciones asociadas con el proyecto que pueden producir impactos.
- ✓ Identificación de los accidentes que pueden ocasionar daños al medio ambiente.

**Aporte práctico:** Se espera obtener de la presente investigación la Evaluación de Impacto Ambiental de la Planta Regasificadora de GNL sobre el medio circundante, así como las medidas de mitigación por cada uno de los impactos negativos significativos que afecten el medio.

Los **métodos utilizados** en la investigación son los siguientes:

Métodos de nivel teórico.

- ✓ **Analítico – Sintético:** Permitieron sistematizar los fundamentos teóricos en la búsqueda bibliográfica que garantizó profundizar en el problema y en los demás componentes de la investigación.
- ✓ **Inductivo – Deductivo:** Condujeron a determinar generalizaciones y leyes empíricas, las que constituyen puntos de partida para definir o confirmar formulaciones teóricas. De las que se deducen nuevas conclusiones lógicas, las que son sometidas a comprobaciones experimentales.
- ✓ **Histórico – Lógico:** en el establecimiento de los planteamientos del autor en el de cursar de la actividad operativa y de las TIC.

Métodos de nivel empíricos.

- ✓ Entrevistas: Para comprender las experiencias y perspectivas de analistas, especialistas y expertos con el objetivo de analizar, valorar, y la búsqueda e intercambio de criterios y experiencias.
- ✓ Observación: Para la obtención de conocimiento acerca del comportamiento del objeto de investigación tal y como este se da en la realidad como son datos anteriores, otros sistemas automatizados y aplicaciones.

El trabajo de tesis cuenta con tres capítulos los mismos están estructurados de la siguiente forma:

**Capítulo 1 “Fundamentación Teórica”:** En este capítulo se exponen los antecedentes del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, el proceso jurídico administrativo de dicha evaluación en Cuba, así como las metodologías existentes para el desarrollo del mismo.

**Capítulo 2 “Descripción del proyecto”:** Se describe y caracteriza el proyecto, se muestran las acciones a evaluar en la Línea Base Ambiental.

**Capítulo 3 “Evaluación de Impacto Ambiental”:** Se define la metodología seleccionada para llevar a cabo todo el proceso de EIA, se identifican los posibles impactos que se generan sobre el medio ambiente y se desarrolla la propuesta de medidas de disminución de los impactos de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado.



## ***Capítulo 1: Fundamentación teórica.***

### ***1.1 Antecedentes de la evaluación de impacto ambiental.***

Es necesario, mencionar y dar a conocer las raíces de lo que se conoce como evaluación del impacto ambiental, dicho término fue manejado por primera vez a finales de los años 60 en los Estados Unidos, bajo el acrónimo de “environmental impact assessment”. Se hizo con la intención de introducir las primeras formas de control de las interacciones humanas con el medio ambiental, mediante instrumentos y procedimientos dirigidos a prever y evaluar las consecuencias de dicha interacción. Todo esto para reducir, mitigar, corregir y compensar los posibles impactos que puede desatar el hombre sobre el ambiente.

También en los Estados Unidos en el año 1969 tuvo lugar otra acción encaminada a proteger el medio ambiente, la aprobación del “National Environmental Policy Act” (N.E.P.A.), normativa que dispone la introducción de la EIA, el refuerzo del “Environmental Protection Agency” (con un rol administrativo de control), y dispone la creación del “Council on Environmental Quality” (con un rol consultivo para la presidencia).

En el año 1973, en Canadá surge la norma “Environmental Assessment Review Process”, norma específicamente vinculada a la evaluación del impacto ambiental, y muy semejante a la normativa de los Estados Unidos.

Unos años más tarde, en 1979, fue aprobado el “Regulations for implementing the Procedural Provisions of N.E.P.A.”, reglamento que vuelve imperativo la EIA para todos los proyectos públicos, o financiados por fondos públicos. Dicha evaluación de impacto ambiental debía ser ejecutada por las autoridades competentes para otorgar licencia final, la cual se pronosticaba en dos actos separados: el primero, relativo a la evaluación de los impactos ambientales y el segundo referente a la autorización de ejecutar la obra. También en 1979, se comienzan a considerar los impactos ambientales de los grandes embalses en

Brasil, dirigidos principalmente a elaborar planes de mitigación, en la fase de llenado de dichos embalses.

Por su parte el continente europeo no queda rezagado y en 1976 en Francia se aprueba la ley número. 76-629 (del 10 de julio del 1976), relativa a la protección de la naturaleza. Esta ley introduce tres niveles diferentes de evaluación: estudios ambientales; noticias de impactos; y, estudios de impactos. Iniciándose así, las bases para el estudio de impactos ambientales en el ámbito europeo.

En efecto en el año 1985, la Comunidad Europea crea o dictamina la Directiva 337/85/CEE referida a evaluación del impacto ambiental en determinados proyectos públicos y privados. La primera aplicación de esta nueva normativa tiene lugar en Holanda, en 1986, aprobando una norma ampliada, con un marcado enfoque en las evaluaciones a ser efectuadas en fase de diseño. El elemento central de la norma holandesa es el análisis comparativo de las alternativas y evaluación de sus respectivos impactos, con la finalidad de determinar la mejor solución en términos ambientales.

En la actualidad, existe una gran tendencia a desarrollar actividades que protejan el medio ambiente, debido a la creciente contaminación del mismo provocada por la acción del hombre. Dichas actividades, van de las evaluaciones de impacto ambiental en un inicio de proyecto, hasta las posibles medidas que puedan ser tomadas para mitigar los impactos que provocan las empresas legendarias, que fueron fundadas antes de que se tuviese en cuenta a nivel mundial todos los efectos dañinos de ellas sobre el ambiente.

Cuba, no ha quedado retrasada y también ha tenido antecedentes en la protección del medio ambiente, siendo una de sus primeras acciones en este sentido el artículo número 27 del capítulo uno, de la Constitución de la Republica el cual postula: “El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta

política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza". ("Constitución de la República de Cuba.," 1976)

El mismo, sufre modificaciones luego de la Cumbre de Río 92 ("Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.," 1992) quedando redactado de la siguiente manera: "El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza.

Dada la preocupación del país por la protección del medio natural, se crea la Ley "De Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales", ("Ley 33 "De Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales," 1981) que representó una temprana e importante expresión normativa de los principios de la política ambiental cubana y sentó las bases para el desarrollo del ordenamiento jurídico nacional en esta esfera, pero llegados momentos actuales en cuanto al desarrollo social y económico, necesito ser sustituida por un marco legal acorde a las realidades.

Antecedentes a la proclamación de la ley del Medio Ambiente, ("Ley 81 del Medio Ambiente," 1997) que tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la Gestión Ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.

Gradualmente, se fueron incorporando acciones con el objetivo de proteger el medio ambiente, entre las que se pueden citar, la aprobación en el año 1993 del Programa Nacional del Medio Ambiente y Desarrollo ("Programa Nacional de

Medio Ambiente y Desarrollo adecuación cubana al documento Agenda 21 aprobado en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992,”); la creación en el año 1994 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, para constituir todo un cuerpo de instrumentos legales y poner en vigor acciones encaminadas a la protección medioambiental acorde con las nuevas condiciones nacionales e internacionales referidas a esta materia, así como a las previsiones de futuro para el desarrollo socioeconómico del país y su participación en los programas internacionales y regionales de Medio Ambiente aprobados o concebidos en foros como la Cumbre de la Tierra.

En el país se ha desarrollado organismos, instituciones y entidades como, Grupo DEMA División de Estudios Medio Ambientales de GEOCUBA, Grupo de Estudios Medio Ambientales de la Universidad (GEMA<sup>12</sup>), Consultoría ProAMBIENTE de la ENIA<sup>13</sup> y El Centro de Estudios Medio Ambientales CEAR del CITMA, El CIEC<sup>14</sup> en Cayo Coco, BIOECO<sup>15</sup> en Santiago; que dentro sus objetos sociales tienen la realización de EIA a proyectos en desarrollo a lo largo y ancho de todo el territorio nacional.

Todas estas acciones son los antecedentes de la Estrategia Ambiental Cubana, la cual tiene con objetivo indicar las vías más idóneas para preservar, mantener y desarrollar los logros ambientales alcanzados por la Revolución, superar los errores e insuficiencias detectadas e identificar los principales problemas ambientales del país, que requieren de mayor atención en las condiciones actuales, sentando las bases para un trabajo ambiental más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico y socialmente sostenible.

Conjuntamente con todas las acciones citadas, el país también trabaja en la formación y capacitación de profesionales, por lo que se ha desarrollando un programa de formación intelectual a través de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, programa que tiene dos ediciones y esta puesta en marcha una tercera, y tiene definido como objetivo

---

<sup>12</sup> Grupo de Estudios Medio Ambientales

<sup>13</sup> Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas

<sup>14</sup> Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros

<sup>15</sup> Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad

formar máster en Producciones Más Limpias, capaces de promover y llevar a cabo en sus empresas, actividades vinculadas y destinadas a la protección del medio ambiente, siempre apoyados en la legislación vigente a nivel nacional, y la aplicación de acciones de las PML<sup>16</sup>.

## *1.2 Cuando hacer una evaluación de impacto ambiental y sus objetivos.*

La finalidad de las evaluaciones de impacto ambiental, es identificar, y predecir los posibles impactos sobre el medio ambiente de una actividad que será ejecutada por el hombre; con toda intensidad de poder mitigar o disminuir dichos impactos. Es fundamental conocer cuando se debe realizar el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, siendo obligatorio aplicarlo en Cuba en los siguientes casos definidos en la Resolución No.132 ("Resolución No. 132 /2009: "Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental", 2009)

- ✓ Las instalaciones en las cuales se manipulen agentes biológicos y sus productos, organismos o fragmentos de estos con información genética, la liberación de organismos al medio ambiente, y la introducción de especies de origen exótico.
- ✓ Las instalaciones nucleares, radioactivas y las relacionadas con otras prácticas asociadas al uso de la energía nuclear y la seguridad nuclear y radiológica.
- ✓ Las instalaciones que manejen sustancias químicas peligrosas, en una o varias unidades o áreas de proceso, incluidas las infraestructuras o actividades comunes o conexas, del tipo y en las cantidades suficientes para, en determinadas condiciones, provocar la ocurrencia de un accidente mayor.
- ✓ Los proyectos de obras o actividades vinculadas a inversiones nominales en los que se realice transferencia de tecnología.
- ✓ La expansión o modificación de proyectos de obras o actividades existentes que así lo requieran, al empleo de materias primas o fuentes de energía para

---

<sup>16</sup> Producciones Más Limpias.

el caso de reanimación productiva de actividades actualmente detenidas que abarcan los cambios tecnológicos en procesos ya existentes y, en general, todo lo que signifique una variación de tal naturaleza que pueda ocasionar un impacto ambiental.

- ✓ Las obras o actividades en curso que, aun cuando no se ajustan a lo dispuesto en el inciso anterior, generen un impacto negativo de significación.
- ✓ Presas o embalses, canales de riego, acueductos, y obras de drenaje, dragado, u otras obras que impliquen la desecación o alteración significativa de cursos de agua.
- ✓ Plantas siderúrgicas integradas.
- ✓ Instalaciones químicas o petroquímicas integradas.
- ✓ Instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos.
- ✓ Actividades mineras.
- ✓ Centrales de generación eléctrica, líneas de transmisión de energía eléctrica o subestaciones.
- ✓ Centrales de generación núcleo-eléctrica y otros reactores nucleares, incluidas las instalaciones de investigación para la producción y transformación de materiales fisionables, y las zonas e instalaciones para la disposición final de los desechos asociados a estas actividades.
- ✓ Construcción de líneas ferroviarias, terraplenes, pedraplenes, rutas, autopistas, gasoductos y oleoductos.
- ✓ Aeropuertos y puertos.
- ✓ Refinerías y depósitos de hidrocarburos y sus derivados.
- ✓ Instalaciones para la gasificación y licuefacción de residuos de hidrocarburos.
- ✓ Instalaciones turísticas, en particular las que se proyecten en ecosistemas costeros.
- ✓ Instalaciones poblacionales masivas.
- ✓ Zonas Francas y parques industriales.
- ✓ Agropecuarias, forestales, acuícolas y de maricultivo, en particular las que impliquen la introducción de especies de carácter exótico, el aprovechamiento de especies naturales de difícil regeneración o el riesgo de la extinción de especies.

- ✓ Cambios en el uso de suelo que puedan provocar deterioro significativo en éste o en otros recursos naturales, o afectar el equilibrio ecológico.
- ✓ Colectores y emisores de efluentes sanitarios urbanos.
- ✓ Perforación de pozos de extracción de hidrocarburos.
- ✓ Hospitales y otras instalaciones de salud.
- ✓ Obras relativas a la biotecnología, productos y procesos biotecnológicos.
- ✓ Rellenos sanitarios.
- ✓ Cementerios y crematorios.
- ✓ Obras o actividades en áreas protegidas, no contempladas en sus planes de manejo.
- ✓ Industria azucarera y sus derivados.
- ✓ Industrias metalúrgicas, papeleras y de celulosa, de bebidas, lácteas y cárnicas, cementeras y automotoras.
- ✓ Cualesquiera otras obras o actividades que tengan lugar en ecosistemas frágiles, alteren significativamente los ecosistemas, su composición o equilibrio; o afecten el acceso de la población a los recursos naturales y al medio ambiente en general.

Además de conocer, en qué ocasión se debe aplicar una EIA, no se pueden ignorar que la realización de dicha evaluación, tiene definidos los siguientes objetivos que se exponen a continuación, los cuales fueron identificados en la Resolución No.132 ("Resolución No. 132 /2009: "Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental", 2009)

- ✓ Asegurar que los potenciales impactos ambientales sean debidamente previstos en una etapa temprana del diseño y la planificación del proyecto, mediante la identificación de las medidas para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar los posibles impactos negativos y realzar los posibles impactos positivos, así como la presentación de alternativas que los eviten o minimicen al máximo, para la toma de decisiones.
- ✓ Examinar en qué forma el proyecto puede causar impactos a las comunidades, a otros proyectos de desarrollo social y al medio ambiente en general.

- ✓ Propiciar la evaluación y la valoración económica de los efectos ambientales previstos y el costo de la reducción de los efectos ambientales negativos.

### *1.3 La evaluación de impacto ambiental como proceso jurídico administrativo.*

Con toda intención de incrementar aristas que permitan contribuir con el desarrollo de la matriz energética del país, se prevé la creación de una Planta Regasificadora de GNL, la que necesita de la realización de una EIA, que será desarrollada, basándose de manera medular en las legislaciones y regulaciones medio ambientales vigentes, a continuación se citan las leyes, decretos leyes y resoluciones que permiten llevar a cabo todo el proceso de permisología que necesita una EIA:

- ✓ Planificación: Ley.No.81, Resolución No.91, Decreto-Ley No.201.
- ✓ Autorización: Decreto-Ley No.212.
- ✓ Concesión: Licencia: Ley.No.81, Decreto-Ley No.212, Resolución No.132, Ley 76; Ley 85.
- ✓ Evaluación: Ley.No.81, Decreto-Ley No.212, Resolución No.132.

Identificados los instrumentos legales propicios para la realización del proceso de EIA, se debe mencionar que siempre se prioriza la protección del medio ambiente y los recursos naturales, reconociendo además la estrecha relación de estos con el desarrollo económico y social sostenible, lo que permite concebir de manera racional la vida humana y asegurar el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y posteriores.

Una vez citados los antecedentes de la EIA, y los instrumentos legales relacionados con el proceso, se hace inevitable mencionar y dar a conocer los principales términos y definiciones que se tocan y tienen en cuenta en la presente investigación. Resulta imperioso conocer los conceptos de impacto ambiental, evaluación de impacto ambiental y medio ambiente. Motivo por el que a continuación se mostraran diferentes criterios de autores entendidos en la materia.



Para (Conesa, 2000), “el medio ambiente es el entorno vital, o sea el conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos que interaccionan con el individuo y con la comunidad en que vive”

El medio ambiente es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana. Se trata del entorno que condiciona la forma de vida de la sociedad y que incluye valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y momento determinado. (“Concepto de medio ambiente,”)

Según (Margulis, 2005), medio ambiente es un sistema complejo y dinámico de interrelaciones ecológicas, socioeconómicas y culturales, que evoluciona a través del proceso histórico de la sociedad, abarca la naturaleza, la sociedad, el patrimonio histórico-cultural, lo creado por la humanidad, la propia humanidad, y como elemento de gran importancia las relaciones sociales y la cultura. Esta interpretación de su contenido explica que su estudio, tratamiento y manejo, debe caracterizarse por la integralidad y el vínculo con los procesos de desarrollo.

Impacto ambiental: es el efecto causado por una actividad humana sobre el medio ambiente. La ecología, que estudia la relación entre los seres vivos y su ambiente, se encarga de medir dicho impacto y de tratar de minimizarlo. (Sanz Contreras, 1991)

Impacto ambiental: Se entiende como el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales. (Hernández de la Oliva, 2006)

“La Evaluación de Impacto Ambiental, es un proceso que precisa de la consideración del ambiente y de la participación pública en el proceso de toma de decisiones del desarrollo de proyectos.” (Kiely, 2012)

La Evaluación de Impacto Ambiental (Rozo, 1999) “es un estudio encaminado hacia la identificación, interpretación y prevención de consecuencias o efectos que determinados hechos, acciones o proyectos puedan causar daños a la salud y bienestar humano y a su entorno natural”

Para (Veslind, 2012) la EIA “es el proceso de calcular el efecto que una acción propuesta pueda tener sobre la calidad del ambiente”

Por último según (Dee, 1972) la Evaluación de Impacto Ambiental es “una evaluación de todos los efectos ambientalmente relevantes y socialmente resultantes que pudieran derivar de un proyecto”

Después del conocimiento y estudio de los conceptos propiciados por los entendidos en la materia, el autor se adscribe a los siguientes criterios, el medio ambiente, es todo lo que nos rodea. El impacto ambiental, es el efecto causado por el hombre sobre el medio ambiente. Y la Evaluación de Impacto Ambiental, es el análisis que es llevado a cabo para medir las consecuencias predecibles de la actividad humana, también sobre el medio ambiente.

Debido a que la Evaluación de Impacto Ambiental del presente trabajo investigativo está vinculado a una Planta Regasificadora de GNL, además de los conceptos proporcionados anteriormente, se hace ineludible conocer los referidos a gas natural y gas natural licuado.

El gas natural es una sustancia natural formada por una mezcla de hidrocarburos de origen fósil usado como combustible. (Olson, 2011)

El gas natural es una fuente de energía no renovable que se encuentra en yacimientos de petróleo y en depósitos de carbón. Su composición varía en función del yacimiento del que se extrae, aunque suele estar compuesto por un 90 a 95% de metano y por otros gases como nitrógeno, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, helio y mercaptanos. (Snijder, 2008)

El GNL es gas natural que ha sido sometido a un proceso de licuefacción, que consiste en llevarlo a una temperatura aproximada de -160 °C con lo que se

consigue reducir su volumen en 600 veces. Esto permite transportar una cantidad importante de gas en buques llamados metaneros. (Areas, 2006)

### *1.4 Metodologías de evaluación de impacto ambiental.*

Actualmente a nivel mundial, existen un gran número de métodos para la evaluación de impactos ambientales, muchos de estos han sido desarrollados para proyectos específicos, lo que impide su generalización a otros; razón por la cual se debe realizar una buena selección en el momento que se deba emplear alguno, evaluando fundamentalmente las características del proyecto a realizar y la descripción del entorno.

Son conocidas más de 50 metodologías de evaluación de impacto ambiental. Estas cuentan con instrumentos, que son calificados por diferentes autores, consecutivamente se muestran algunos:

Según (Sanz Contreras, 1991) quedan identificados en tres grande grupos:

- ✓ *Modelos de identificación:* listas de verificación causa-efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo.
- ✓ *Modelos de previsión:* empleo de modelos complementados con pruebas experimentales y ensayos “in-situ”, con el fin de predecir las alteraciones en magnitud.
- ✓ *Modelos de evaluación:* cálculo de la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos.

(Magrini, 1990) diferencia dos grandes grupos de técnicas para la evaluación de impactos:

- ✓ *Métodos tradicionales para la evaluación de proyectos:* técnicas que hacen sus mediciones en términos monetarios (caso relación Beneficio/Costo), cuya principal limitante es la dificultad para establecer la valoración económica a los distintos factores que definen la calidad del medio (polución, aire, contaminación de aguas).

- ✓ *Métodos cuantitativos:* consisten en la aplicación de escalas valorativas para los diferentes impactos, medidos originalmente en sus respectivas unidades físicas. En estos se diferencian dos grupos, el primero permite la identificación y síntesis de los impactos (listas de chequeo, matrices, redes, diagramas, métodos cartográficos), y un segundo grupo incorpora, de forma más efectiva, una evaluación pudiendo explicitar las bases de cálculo (Batelle, hoja de balance y matriz de realización de objetivos).

Además se tienen métodos integrales que permiten realizar la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, mediante adopción y medición de indicadores ambientales y funciones de transformación que permiten su comparación directa. Seguidamente se muestra una breve descripción de algunos de estos:

*Métodos cartográficos:* Se desarrollaron en el ámbito de la planificación territorial para la evaluación de los impactos ambientales de uso del territorio. También son conocidos como métodos de transparencias y gráficos, fundamentalmente, consisten en la superposición sobre un mapa del área de estudio, convenientemente subdividida de transparencias dedicadas a un factor ambiental e identificadas con códigos (color, números) que indican el grado de impacto previsible de cada subzona en caso de llevarse a cabo un proyecto o actividad. La gradación de tonos de color se utiliza para dar idea de la mayor o menor magnitud del impacto. (Sanz Contreras, 1991)

A pesar de lo explicado, los resultados de los métodos cartográficos son limitados, principalmente por el número de impactos que pueden ser analizados en una misma operación. El alto grado de versatilidad y desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG<sup>17</sup>) alcanzados hoy día, permiten darle mayor aplicación a esta metodología. Una de las ventajas del empleo de las técnicas cartográficas es que pueden ser buenas herramientas de comunicación, principalmente en estudios del medio físico; siendo de gran utilidad en las reuniones con el público y en actividades para la difusión o aclaración de conceptos a éste en el proceso de planificación. (Rozo, 1999)

---

<sup>17</sup> Sistemas de Información Geográfica.

*Listas de chequeo, control o verificación:* son las relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica. Existen listas de chequeo elaboradas según el tipo de proyecto, haciendo identificación expresa de los elementos del medio que en forma particular resultan impactados por las actividades desarrolladas en el marco del mismo.

Además de permitir la identificación, bien podría asimismo incorporar escalas de valoración y ponderación de los factores, ante lo cual (Magrini, 1990) anota que a pesar de que constituyen una forma concisa y organizada de relacionar los impactos, no permiten la identificación de las interrelaciones entre los factores ambientales. El mayor beneficio que presentan las listas de chequeo, es que ofrecen cubrimiento o identificación de casi todas las áreas de impacto. No obstante, representan básicamente un método de identificación cualitativo, limitándose su alcance en el proceso de EIA, a un análisis previo.

*Los métodos matriciales:* son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación, también denominados matrices interactivas causa-efecto, fueron los primeros en ser desarrollados para la EIA. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir sobre un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia. (Canter, 1998)

Uno de los métodos matriciales más conocido en la actualidad es la Matriz de Leopold (Leopold, 1971), desarrollado para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América.

La Matriz de Leopold está constituida por 100 columnas en las que se representan las acciones del proyecto, y 88 filas relacionadas con factores ambientales, produciendo un total de 8.800 posibles interacciones. Dada la dificultad de trabajar con tal número de interacciones, normalmente se hace con matrices reducidas para 100 o 150, de las cuales un máximo de 50 es significativo. El principio básico de este método consiste, en señalar todas las

posibles interacciones entre las acciones y los factores, para luego establecer, en una escala que varía de 1 a 10, la magnitud e importancia de cada impacto identificando si éste es positivo o negativo.

A pesar de la existencia de las metodologías especificadas, no es posible proporcionar todas las respuestas, a los posibles impactos ambientales que pueden ocasionar un proyecto; por lo que se recomienda que la metodología a emplear se seleccione a partir de una valoración apropiada y las características particulares del proyecto que se vaya a ejecutar, con toda finalidad de realizar un proceso fructífero y satisfactorio de EIA.

### *1.5 Evaluación de impacto ambiental en plantas de gas natural licuado.*

La naturaleza, ha puesto a disposición del hombre diversos recursos con los cuales se ha obtenido con el decursar del tiempo la energía necesaria como herramienta indispensable para el progreso de la humanidad y sus actividades en muchos ámbitos y esferas. La constante evolución ha generado la explotación de las diferentes fuentes de energías renovables y no renovables, cada vez más expuestas al agotamiento ante su uso irracional y desmedido por sociedades consumistas, siendo necesario optimizar el consumo y mitigar cualquier efecto que dañe el medio ambiente, sobre la base de la sostenibilidad para el desarrollo, de ello depende la continuidad de la vida en nuestro planeta.

Ante el deterioro eminente de los recursos naturales, una de las prioridades es la búsqueda de fuentes de energías limpias y poco dañinas para el medio ambiente. En este sentido la mayoría de los países trabajan para complementar o sustituir sus matrices energéticas las cuales, están basadas esencialmente en el petróleo. Lo que ha determinado que el gas natural sea un combustible energético que surja como alternativa a la generación de energía, dadas sus características poco contaminantes, al ser manejado específicamente como GNL, es difícil de incendiar o explotar, no es tóxico ni corrosivo, es inodoro e incoloro, no contamina el suelo ni el agua, y en caso de derrame se evapora y no deja ningún residuo. Por otra parte, su uso en los

distintos sectores: comercial, industrial, residencial, petroquímico, de generación eléctrica; resulta beneficioso, debido a que la combustión emite cantidades sustancialmente menores de contaminantes que los combustibles líquidos (como el petróleo) o los sólidos (como carbón).

En la actualidad existen varios países en el mundo que poseen plantas de GNL y dentro de estos sobresalen: Chile, Argentina, Perú, Republica Dominicana, Colombia, Trinidad y Tobago, España, Rusia, Japón. En estos países, se han realizado estudios vinculados con el empleo del gas y la posible afectación que este pueda propiciar al medio ambiente, habiéndose realizado dentro de estos estudios varias Evaluaciones de Impacto Ambiental en las Plantas Regasificadoras de GNL destinadas a emplear este combustible en diferentes sectores y en especial en el de la generación de energía eléctrica. Ejemplo de estas tenemos:

La planta española de GNL Quintero, realizó estudios ambientales que incluyeron el desarrollo de la línea base para los diferentes componentes ambientales potencialmente afectados por el Terminal. Para estos efectos, profesionales calificados estudiaron el área de los proyectos y prepararon sus respectivos informes de línea base. Además, para cada uno de los componentes ambientales, se realizó una evaluación del impacto ambiental. Se identificaron, las actividades que, en sus diferentes etapas (construcción, operación y eventual cierre), podrían generar algún sobre un componente del medio ambiente. Información que fue debidamente considerada en la etapa de diseño, a fin de minimizar cualquier eventual impacto negativo.

En el Proyecto de Exportación de GNL de Perú, se realizó una Evaluación de Impacto Ambiental, la cual tuvo como fin identificar los efectos potenciales que podrían generar la construcción y operación del proyecto sobre el medio ambiente, así como el adecuado manejo ambiental de aquellos efectos potenciales en conjunto con los beneficios económicos derivados de su implementación, lo que garantiza un desarrollo sostenible, ambiental y económicamente favorables para el país. Se realizó un análisis del diseño del proyecto y las actividades necesarias para su implementación al contrastar las actividades propuestas y sus impactos con las limitaciones ambientales de

línea base, establecidas durante el proceso de EIA. Se evaluaron las medidas ambientales aplicables para determinar si fueron adecuadas las actividades de manejo ambiental propuestas que van a ser implementadas durante la construcción y operación del proyecto.

A pesar de la realización de las EIA en las Plantas de GNL y los altos niveles de seguridad, que se han alcanzado en lo relacionado con el manejo del gas en las plantas, se han provocado accidentes relevantes producto del error humano, los que se deben tener en consideración, debido a los riesgos que representan para la población y el medio natural.

La capacitación del capital humano, destinado al trabajo en este tipo de instituciones esta sobre valorada, debido a que se sobre entiende que ya se conocen todas las medidas de seguridad para evitar por todos los medios los accidentes. No obstante a lo largo de los años, se han producido una serie de estos, a continuación, se muestran los accidentes ocurridos en los últimos 40 años:

- ✓Derrame de la Princesa del Metano, 1965: causado porque los brazos descargadores de ese barco fueron desconectados antes de que se hubiera extraído todo el líquido.
- ✓Derrame del Julio Verne, mayo de 1965: Debido a un fallo de los instrumentos que miden el nivel del líquido.
- ✓La Spezia, Italia, 1971: Se produjo el fenómeno conocido como “rollover” una presión excesiva durante la descarga de gas, por la superposición de dos capas distintas de GNL, con diferentes densidades y temperatura.
- ✓Este de Montreal, Quebec, Canadá, 1972: Se produjo una explosión en la planta de licuefacción para el mantenimiento de picos de energía, de la Metropolitana de Gas, una compañía local. El accidente ocurrió en la sala de control, debido a la superposición de dos capas distintas de GNL, con diferentes densidades y temperatura
- ✓Incendio en un tanque de Staten Island, 1973: Se produjo un incendio en un tanque de GNL fuera de servicio, que estaba en reparación. Perdieron la vida cuarenta trabajadores que estaban dentro del tanque. Durante anteriores operaciones de llenado, el GNL se había acumulado entre el



fondo del tanque y su pared exterior de concreto. Se cree que fue una chispa producida por los útiles de limpieza la que incendió el gas inflamable.

- ✓ Derrame de la Gabarra Massachussets, en julio de 1974: Un fallo eléctrico provocó que fallaran las válvulas automáticas de cierre de la línea de descarga del líquido, y produjo un vertido accidental.
- ✓ Vertido en Acuario, Septiembre de 1977: Problemas en el sistema de válvulas indicadoras del nivel del líquido.
- ✓ Isla Das, Emiratos Árabes Unidos, Marzo de 1978: Causado por el fallo de la conexión de la tubería de un tanque.
- ✓ Cove Point, Maryland, 1979: Una fuga de GNL de una bomba de alta presión alcanzó un circuito eléctrico.
- ✓ Derrame en Mustafá Ben Bouliad, abril de 1979: Falló una válvula de control del sistema de tuberías de un barco de 125.000 metros cúbicos.
- ✓ Derrame de Pollenger, abril de 1979: Producido por el fallo de otra válvula.
- ✓ Bontang, Indonesia, 1983: Ruptura de un intercambiador de calor en una planta de GNL, produjo una explosión de gas.
- ✓ Banco de pruebas de Mercury, Nevada, 1987: Accidentalmente se inflamó una nube de GNL en la instalación de pruebas del Departamento de Energía, en agosto de ese año. Produciéndose vertidos al agua, a gran escala de gas.
- ✓ Bachir Chihani, un derrame por rotura de casco, en 1990: Se produjo una rotura interna del casco en un buque de GNL de una capacidad de 130.000 metros cúbicos, en un punto de la estructura que es propicio a ello por las altas presiones que los cascos encuentran en alta mar .
- ✓ Aguas de Gibraltar, en el Mediterráneo, 13 de noviembre de 2002: El carguero de GNL Norman Lady colisionó con el submarino nuclear USS Oklahoma City. La compañía afirmó que el barco había descargado el gas en Barcelona.
- ✓ Skikda, Argelia, explosión de una instalación de GNL el 19 de enero de 2004: Se produjo una explosión en un dispositivo portuario diseñado para cargar sólo pequeños cisternas de GNL. Pereciendo 27 trabajadores y quedando heridos 74. La explosión se sintió a muchos kilómetros de distancia. La instalación quedó destruida, y el incendio se prolongó durante 8 horas. La investigación de la compañía aseguradora determinó que la causa fue una pérdida de gas natural licuado en una tubería.

- ✓Trinidad Tobago, 13 de Junio de 2004: Explotó una turbina de GNL, los trabajadores tuvieron que ser evacuados
- ✓Noruega, 20 de septiembre de 2004: un buque cisterna de GNL, con toda su carga y una tripulación de 14 personas, se quedó a la deriva al norte de Bergen. El motor del barco se paró y las anclas fueron inútiles en medio de una tormenta. Los buques de rescate no podían acercarse al barco, que estaba a pocos metros de los arrecifes. Dadas las malas condiciones meteorológicas, se hizo preparativos para evacuar a los 800 habitantes de la isla de Fedje, por miedo a que el tanque explotase si encalla.

Se pueden asumir las sucesivas conclusiones una vez citados los posibles accidentes en las plantas de gas natural licuado:

- ✓La totalidad de los accidentes en las Plantas de Gas Natural Licuado, se han debido a errores humanos, a pesar del nivel de preparación que se asume deben tener el capital humano destinado a trabajar en ellas.
- ✓Cada día son más seguras las tecnologías en desarrollo lo que, disminuye las probabilidades a las deficiencias en las operaciones de plantas de gas.
- ✓A pesar del desarrollo tecnológico y la capacitación de los hombres, todos los países establecen distancias entre los asentamientos poblacionales y las plantas regasificadoras.

### *1.6 Vinculación de la evaluación de impacto ambiental con las producciones más limpias.*

Desde hace diez años se han sucedido cambios significativos en las políticas de protección y control ambiental en el ámbito nacional, con los cuales se promueve y se aboga fundamentalmente por la adopción de enfoques preventivos en los procesos productivos, los productos y los servicios, pasando a un segundo plano la utilización de tecnologías de control de salida al final de los procesos, enfocándose esencialmente por ende, en hacer provisorio todo el proceso industrial. Por lo que se comienzan a tener en cuenta en mayor medida la realización de Evaluaciones de Impacto Ambiental y la incorporación

de acciones de Producciones Más Limpias como estrategia preventiva, que permitan reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

A partir de lo anterior, se puede arribar a la conclusión de que la Evaluación de Impacto Ambiental y la Producción Más Limpia, están relacionadas estrechamente. Hecho que se pone de manifiesto cuando se tiene un nuevo proyecto y se inicia la investigación para determinar la necesidad de realizar una EIA; o si dicho proyecto se encuentra enmarcado dentro de lo estipulado en la Resolución 132, descrita en el epígrafe 1.2. ("Resolución No. 132 /2009: "Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental", 2009). Si es necesario que dicho proyecto conlleve para su creación y desarrollo una Evaluación de Impacto Ambiental, se pueden interrelacionar o tener implícito, en las medidas de mitigación de los impactos identificados, acciones de Producción Más Limpias que permitan hacer el proceso del Proyecto en cuestión mucho más preventivo con el medio ambiente.

Aún en Cuba no existe por parte de los principales actores involucrados en el desarrollo económico y social una conceptualización y aplicación correcta del significado de las EIA y la PML. Para muchos, la Producción Más Limpia, es cumplir la normativa vigente relativa a las descargas de residuales sólidos/líquidos y emisiones contaminantes, ignorando la potencialidad de este concepto para alcanzar metas superiores de desempeño ambiental y económico en el país.

En realidad la PML está dirigida a evitar la generación de residuos y emisiones y a disminuir el consumo de materias primas, materiales auxiliares, agua y energía para contribuir de esta forma con la elevación del desempeño ambiental y económico de una organización. Además de proporcionar cuantiosas ventajas: ("Ventajas PML," 2013)

- ✓ Optimización del proceso y ahorro de costos mediante la reducción y el uso eficiente de materias primas e insumos en general.
- ✓ Mejoramiento de la calidad de los productos y consistencia porque la operación de la planta es controlada y por ende más predecible.
- ✓ La recuperación de algunos materiales de los subproductos.

- ✓ Reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados a su correcta disposición.
- ✓ Menores primas de seguros.
- ✓ Mejoramiento de la imagen de la empresa ante clientes, proveedores, socios, comunidad, entidades financieras

En el Inventario Nacional de Fuentes Contaminantes del 2002 se identificaron 2047 fuentes contaminantes; de las cuales más de 700 son de origen industrial, y generan en mayor o menor grado impactos ambientales negativos en las aguas, suelos, diversidad biológica y atmósfera. (“Inventario Nacional de Fuentes de Energía Renovables,” 2002)

Esta incidencia viene determinada por la obsolescencia tecnológica de muchas instalaciones, el bajo nivel de introducción y desarrollo de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA<sup>18</sup>), el incumplimiento de la normativa técnica y ambiental existente y la poca introducción de prácticas de Producción Más Limpia de forma integral y sistemática. Razones por las cuales, se puede indicar que las EIA y la PML son herramientas de gestión de carácter preventivo y esencial para materializar la gestión ambiental y garantizar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

En el caso de la presente investigación una de las principales ventajas que presenta el proyecto en cuanto a la aplicación de la PML, es que la construcción de la Planta de Regasificación de GNL posibilita la sustitución en algunas plantas de generación eléctrica del combustible actual utilizado fuel oil por gas natural, lo cuál permite la reducción de las emanaciones de gases a la atmósfera de hasta un 40%.

---

<sup>18</sup> Sistemas de Gestión Ambiental.

### ***1.7 Conclusiones Parciales.***

- ✓ En revisión bibliográfica los principales elementos a tener en cuenta para la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental son:
  - ❖ Acciones impactante.
  - ❖ Factores ambientales.
  - ❖ La matriz de valoración de los impactos.
  - ❖ La importancia de los impactos.
  - ❖ Las medidas o plan de medidas correctoras y preventivas.
- ✓ Las EIA en Cuba son obligatorias y regidas por la Resolución No.132 /2009.
- ✓ La realización de la EIA tiene una importancia significativa para el desarrollo de las Producciones Más Limpias en el proceso de la Planta Regasificadora de GNL en Cuba, porque al ejecutar una EIA se pueden proponer e incluir acciones de PML dentro de las medidas preventivas y correctoras para las fases de construcción y explotación del Proyecto.

## *Capítulo 2: Descripción del proyecto.*

En el presente capítulo se procede a describir el Proyecto Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado, con el propósito de alcanzar un conocimiento del proceso de esta, así como las acciones que deben ser evaluadas de la línea base ambiental, una vez determinado su lugar de ubicación.

### *2.1 Descripción del proyecto.*

#### *2.1.1 Objetivos sociales del proyecto.*

En el pasado siglo debido a la explotación excesiva de los combustibles fósiles se sucedió una crisis energética global provocada por el agotamiento devenido paulatinamente en las reservas de petróleo fundamentalmente, y además por los altos precios que éste ha alcanzado en el mercado internacional. Actualmente, uno de los problemas inminentes a los que se enfrenta la sociedad, es el relacionado con la renovación o remplazo de esos recursos energéticos, ya que constituyen uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico mundial.

Para beneplácito, de la Región del Caribe, hace alrededor de una década surgió un nuevo Proyecto “Alternativa Bolivariana para las Américas” (ALBA), iniciativa de la Republica Bolivariana de Venezuela, y además se creó la Asociación PetroCaribe que tiene como objetivo mitigar la crisis en la región mediante diversos programas para el desarrollo de la rama energética en los países del área.

PetroCaribe, ha iniciado muchas acciones en la región ejemplos de estas lo constituyen la comercialización de los combustibles a precios justos, lejos de los especulativos del mercado mundial, así como los proyectos y construcciones de refinerías e industrias petroquímicas en los territorios de los países miembros. Uno de estos proyectos sin duda alguna, es el Suministro de Gas Natural para Áreas del Caribe y Centroamérica, donde se encuentra Cuba con la construcción de una Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado. La

que permitirá la recepción y procesamiento de gas natural licuado, forma más económica de transportar y almacenar el combustible hasta ser regasificado para su suministro.

A raíz de esta idea iniciada por PetroCaribe, se decidió como parte de la Estrategia del Desarrollo Energético del país, producir un cambio en la matriz energética para la generación eléctrica, fomentar la producción de fertilizantes, la construcción de un polo petroquímico, y la construcción de un ciclo combinado, requiriéndose por tanto el montaje de una instalación de recepción, almacenamiento y regasificación de GNL, quien será la principal fuente de materia prima para las ideas anteriormente mencionadas. El Proyecto, consiste en la construcción de una Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado con capacidad de 2,06 MMTMA. La misma será construida de forma modular, pudiendo manejar cada módulo 1,03 MMTMA.

En beneficio del gas natural se debe resaltar que es el combustible fósil que menos impacto ambiental genera en su ciclo de vida, debido a que su combustión es la más limpia de todos los combustibles fósiles, produce una menor cantidad de emisión de SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub>, lo que ayuda a mejorar la calidad del aire y del agua. Disminuyendo hasta un 40% las emisiones, respecto a la quema del petróleo. Por lo que se ha revelado su capacidad de favorecer el desarrollo sostenible de la sociedad actual.

## *2.2 Términos y valoración económica.*

La Planta de GNL le reportará al país un ahorro sustancial en divisa, cuantificado en más de 100 millones de dólares anuales, ya que al suplantarse por gas, los combustibles líquidos que en la actualidad poseen precios excesivamente altos se prevee que el costo de la obra se recupere en 5 años de operación.

Además de la importancia económica, esta obra resulta estratégica para Cuba tomando en consideración las condiciones del bloqueo que mantiene el gobierno de Estados Unidos con las leyes extraterritoriales que continúan

aplicando para ahogar la economía cubana. El monto de inversión, del proyecto es 908.5 millones de USD.

Para demostrar la racionalidad de la obra, se miden los beneficios que se obtienen con la ejecución del proyecto. Se estudiaron tres variantes tecnológicas, proponiéndose para el proyecto la opción 1, por ser la más económica y la menos impactante sobre el medio ambiente, pues se suprimen procesos que conllevan combustión y por ende emisiones de gases tóxicos. En la siguiente tabla se brinda el resumen de los presupuestos para las tres opciones estudiadas:

- ✓ *Opción 1:* Vaporización usando panel abierto (OPEN RACK). Almacenamiento con tanques de contención total.
- ✓ *Opción 2:* Vaporización usando aire del ambiente (AAV) almacenamiento con tanques de contención total.
- ✓ *Opción 3:* Vaporización usando combustión sumergida (SCV) almacenamiento con tanques de contención total.

| DESCRIPCIÓN                   | OPCIÓN 1      | OPCIÓN 2        | OPCIÓN 3        |
|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| <b>Inversión (MM\$)</b>       | 405,05        | 513,55          | <b>385,12</b>   |
| <b>Contingencia (30%)</b>     | 121,51        | 154,07          | <b>115,54</b>   |
| <b>Inversión Total (MM\$)</b> | <b>526,56</b> | <b>667,62</b>   | <b>500,66</b>   |
| <b>Mantenimiento (MM\$)</b>   | 64,29         | 92,47           | <b>58,84</b>    |
| <b>Contingencia (10%)</b>     | 6,43          | 9,25            | <b>5,88</b>     |
| <b>Total Mtto. (MM\$)</b>     | <b>70,72</b>  | <b>101,72</b>   | <b>64,72</b>    |
| <b>Operación (MM\$)</b>       | 255,55        | 298,81          | <b>676,72</b>   |
| <b>Contingencia (10%)</b>     | 25,55         | 29,88           | <b>67,67</b>    |
| <b>Total Operación (MM\$)</b> | <b>281,10</b> | <b>328,69</b>   | <b>744,39</b>   |
| <b>Total General (MM\$)</b>   | <b>869,25</b> | <b>1.085,78</b> | <b>1.300,97</b> |

Tabla # 1: Presupuesto opciones tecnológicas.

Para efectos de la evaluación económica se toma como ingresos los volúmenes de venta del gas natural y como egresos el costo de compra del GNL, el cual define en los cálculos como materia prima del proceso.

En la siguiente tabla se brinda el pronóstico de los precios del gas en los próximos 10 años:



|                   | Unidad        | Años |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                   |               | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| <b>Compra GNL</b> | Usd/<br>Mmbtu | 4.23 | 4.11 | 4.02 | 3.99 | 4.04 | 4.10 | 4.16 | 4.08 | 3.99 | 4.08 |
| <b>Venta GNL</b>  |               | 6.16 | 5.99 | 5.87 | 5.82 | 5.89 | 5.97 | 6.05 | 5.95 | 5.82 | 5.95 |

Tabla # 2: Costos de Compra del GNL y Venta del GN.

Como se estima en la tabla anterior las ventas superan a los costos de compra en \$ 1.87 MM USD por tonelada, por lo que los ingresos serían notablemente mayores.

Otro elemento de vital importancia es la estratégica que representa el recurso energía para el desarrollo socioeconómico en los tiempos actuales y más en el caso de Cuba como país bloqueado, y el principal objetivo que se pretende con el suministro de grandes volúmenes de gas natural para el comienzo de transformación de la matriz energética del país con un combustible mucho más barato y limpio, hacen de esta inversión una de las prioritarias para Cuba.

A continuación se exponen los beneficios de la obra en las etapas de construcción y explotación.

Durante las etapas de proyecto y construcción de esta industria los beneficios se limitan al empleo de fuerza de trabajo directa e indirecta siendo el pago en salario el principal bien que genera, según cálculos aproximados 65 000 pesos y al desarrollo de otros sectores de la economía mediante la compra de materiales de construcción y otros insumos, cuyo monto resulta muy difícil de calcular en estos momentos, aunque deben ser considerables; al igual que se incluye en este renglón la posible utilización de la vegetación maderable del desmonte.

Con la puesta en marcha y explotación de la Planta Regasificadora se obtiene el mayor impacto socio-económico con la producción anual de 2,06 MM Ton/año de gas, aportándole al país ahorros superiores a los 100 MM de dólares.

Si a esto se le suma los beneficios colaterales para las industrias, esencialmente la eléctrica, que sustituirán el empleo de combustibles líquidos

por gas logrando producciones más rentables y ambientalmente más limpias, los beneficios de esta instalación resultan importantes para la economía cubana. Como es evidente también se generan empleos, pero el monto en salarios resulta insignificante en comparación a lo que genera la producción de la instalación.

### *2.2.1 Relación entre costos económicos y efectos ambientales.*

En el mundo el manejo de sustancias inflamables es delicado, pero toda consecuencia que pueda traer acarreada el uso de dichas sustancias, puede ser mitigada o minimizada, con la correcta preparación del capital humano destinado a esta actividad, además de las medidas de seguridad pertinentes. La Planta Regasificadora de GNL cubana, no queda exenta de estos riesgos, pero con la aplicación de las medidas de seguridad con que se cuenta hoy en día para este tipo de tecnología a emplear se minimizan los riesgos.

También deben ser tomados en consideración, los efectos ambientales que provocaría la Planta, pues se deben emplear aproximadamente 23,3 hectáreas de bosque natural en el territorio cubano, donde se emplazará la instalación. No obstante, por la importancia estratégica y económica de la obra, los costos económicos y los efectos ambientales resultan compatibles y aceptables, siempre que se cumpla con las medidas de mitigación o disminución previstas para los impactos ambientales negativos identificados para la obra.

### *2.2.2 Empleos generados.*

Entre los impactos ambientales positivos identificados en la obra, se encuentra la generación de empleos, en cada una de las etapas. En entrevista realizada a la gerencia del proyecto objeto de estudio (ver anexo 1) se pudo conocer de la participación de aproximadamente 2000 trabajadores que se advierte en momentos de máxima demanda en la etapa de construcción y para la etapa de funcionamiento se prevee la generación de 117 puestos de trabajo, con la siguiente estructura de plantilla:

| ESPECIALIDADES                    | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | TOTAL      |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------------|
| <b>Técnicos de Nivel Superior</b> |      |      |      |      |            |
| Ingeniería Eléctrica              | 1    | 2    | 2    |      | 5          |
| Ingeniería Automática y/o afines  | 2    | 2    | 2    |      | 6          |
| Ingeniería Mecánica               | 4    |      |      |      | 4          |
| Ingeniería Químicos y/o Afines    | 2    | 3    | 3    | 2    | 10         |
| Ingeniería Industrial             | 2    | 2    | 2    |      | 6          |
| Ingeniería Civil                  | 1    |      |      |      | 1          |
| Lic. Economía y/o Afines          | 1    | 3    | 3    |      | 7          |
| Téc. Economía y/o Afines          |      |      | 3    |      | 3          |
| Lic. Jurídico                     | 1    |      |      |      | 1          |
| Ingeniería Industrial             | 2    | 2    | 2    |      | 6          |
| <b>Sub Total:</b>                 |      |      |      |      | 49         |
| <b>Técnicos de Nivel Medio</b>    |      |      |      |      |            |
| Electricidad                      |      | 4    |      |      | 4          |
| Instrumentación y control         |      | 4    |      |      | 4          |
| Electrónico                       |      | 4    |      |      | 4          |
| Mecánica Industrial               |      | 8    |      |      | 8          |
| Soldadura                         |      |      | 2    |      | 2          |
| Pailera                           |      |      | 2    |      | 2          |
| Química Industrial (Laboratorio)  |      | 2    | 2    |      | 4          |
| Doce Grado                        |      | 20   | 20   |      | 40         |
| <b>Sub Total:</b>                 |      |      |      |      | 68         |
| <b>Plantilla Total</b>            |      |      |      |      | <b>117</b> |

Tabla # 3: Empleo por especialidades.

### 2.2.3 Disponibilidad de mano de obra.

A lo largo y ancho de todo el país, se pueden encontrar entidades de gran valor para el desarrollo económico, por lo que se puede asumir que existen previas experiencias en la ejecución de grandes industrias a nivel nacional, además de contar con una reserva apreciable de profesionales y técnicos, calificados para el desempeño de diferentes actividades. Sin tener en cuenta el lugar exacto donde se emplazara la Planta, puede adjudicarse al país el desarrollo de la misma.

### 2.2.4 Requisitos de calificación y especialización de la mano de obra.

Para la ejecución de la obra, es necesario contar con profesionales y personal calificado en diversas ramas dentro de las cuales tenemos:

- ✓ Arquitectos
- ✓ Ingenieros Civiles
- ✓ Ingenieros Mecánicos

- ✓ Ingenieros Eléctricos
- ✓ Ingenieros Hidráulicos (o Civil especializado en la materia)
- ✓ Económicos
- ✓ Tipógrafos
- ✓ Albañiles
- ✓ Plomeros
- ✓ Operadores de equipos
- ✓ Chóferes
- ✓ Personal de servicio

### ***2.3 Permisos y licencias.***

Para la ejecución de cualquier tipo de inversión en Cuba, se requiere de una serie de permisos y licencias, según lo establecido en la Res 91("Resolución No. 91/ 2006 del Ministerio de Economía y Planificación: Indicaciones para el proceso inversionista," 2006) entre los que se encuentran:

- ✓ Macrolocalización.
- ✓ Microlocalización aprobada.
- ✓ Licencia ambiental.
- ✓ Permiso de desmonte para el área forestada.
- ✓ Autorización para el cambio de uso del suelo.
- ✓ Plan de acción y presupuesto económico destinado a reparar los daños causados a infraestructuras y servicios públicos afectados.

### ***2.4 Composición de la Planta Regasificadora.***

A finales del 2010 existían 83 plantas regasificadoras, incluyendo 10 estructuras flotantes, las cuales tenían una capacidad de almacenamiento de  $38.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  de GNL. En entrevista (ver anexo 3) realizada a especialistas de la dirección de ingeniería, de arranque y de SHA, se conoció que la Terminal Receptora de GNL cubana, tendrá una capacidad de procesamiento de 2.06 millones de toneladas anuales, y comprende los servicios de descarga de barcos, almacenamiento, bombeo, vaporización y distribución de gas. Estará compuesta por las siguientes partes:

- ✓ Instalaciones portuarias, muelle y brazos de carga.
- ✓ Tuberías desde el muelle a los Tanques de Almacenamiento, así como de retorno de vapor y líneas de mantenimiento en frío.
- ✓ Tanques de almacenamiento.
- ✓ Bombas primarias de GNL (baja presión).
- ✓ Bombas secundarias de GNL (alta presión).
- ✓ Vaporizadores.
- ✓ Compresores de gas de boil-off (BOG) y sistemas de licuefacción.
- ✓ Estación de medida y odorización.
- ✓ Servicios auxiliares.

## *2.5 Descripción del proceso.*

En la observación realizada a la descripción de los procesos que se llevan a cabo para la construcción y explotación de la Planta de GNL expuesta por los especialistas implicados (ver anexo 2). Se pudo conocer que el proceso de la Planta comienza con la recepción o descarga del GNL del buque metanero utilizando las bombas criogénicas que están ubicadas en el interior de los tanques de almacenamiento del barco.

El vapor desplazado durante la operación de llenado del tanque en tierra, se envía otra vez al buque para restablecer la presión en el tanque del barco, modificada debido a la descarga.

La descarga se realiza usando cuatro brazos de 16"; de los cuales tres se emplean para la transferencia de líquido y uno para la transferencia de gas. Durante la operación de descarga del buque, la presión en los tanques de almacenamiento se mantiene a 150 mbar<sup>19</sup> (normalmente se encuentra en los 180 mbar). La presión del tanque de GNL se controla principalmente extrayendo el gas evaporado con los compresores de boil-off. En caso de un aumento de presión en los tanques, el exceso de gas de evaporación se puede enviar también a la antorcha.

---

<sup>19</sup> Mili Bar

Realizada la descarga, el GNL se extrae de los tanques en tierra utilizando las llamadas bombas primarias, que se encuentran en el interior de los tanques de almacenamiento. Estas bombas impulsan al GNL para dirigirlo hacia el relicuador. En éste, el gas comprimido por los compresores de boil-off se pone en contacto con el GNL y se condensa.

A la salida del relicuador, se obtiene GNL con una presión inferior a la exigida por la red de gas natural. Este GNL es aspirado por las llamadas bombas secundarias, que le otorgan la presión necesaria para atravesar el sistema de regasificación y alcanzar la red con la presión requerida.

Al hacer pasar el GNL por el interior de los tubos de los vaporizadores de panel abiertos (ORV<sup>20</sup>), y por el exterior hacer circular agua de mar a temperatura ambiente (a la que se le agrega una pequeña dosificación de un 0.2% de cloro para evitar las incrustaciones) se logra evaporar el gas natural licuado convirtiéndolo en gas, el cual queda listo para ser medido y odorizado y posteriormente enviado al gasoducto para ser consumido por los clientes.

Las funciones que debe asegurar una Terminal de regasificación son:

Descarga: Se extrae por medio de las bombas del barco y se envía a los tanques de almacenamiento a través de tres brazos de descarga criogénicos y un colector ubicado en la costa, sobre soportes aéreos. Parte del vapor desplazado durante la operación de llenado del tanque se devuelve al barco por medio de una línea de retorno de vapor conectada al barco por medio de un brazo de retorno de gas.

Almacenamiento: El GNL se almacena en los tanques a una presión (la presión máxima de diseño de los tanques es 0.290 bar g) próxima a la atmosférica. La presión del tanque se controla principalmente por la retirada del gas de boil-off por los compresores alternativos. En el caso de un aumento anormal de la presión, el gas de boil-off sobrante se enviará a la antorcha.

---

<sup>20</sup> Open rack vaporizer

Bombeo: El GNL se retira del tanque mediante bombas criogénicas (2 funcionado y 1 de reserva por cada tanque) y se envía a las bombas de alta presión (HP) y a los vaporizadores. Luego es enviado por medio de las bombas secundarias al relicuador donde entra en contacto con el gas de boil-off que ha sido comprimido en los compresores para recondensarlo. Del relicuador, el GNL a baja presión se presuriza por las bombas criogénicas de alta presión y se envía a los vaporizadores abiertos (ORV), donde se vuelve a su estado gaseoso, usando agua de mar como fluido caliente. (Se han previsto dos ORV, en operación y una en reserva). Una vez regasificado sale de la instalación a través de gasoducto de distribución, donde se ha previsto una estación de medida fiscal, donde además se odora.

Regasificación. El GNL líquido es calentado bajo presión en los vaporizadores y transformado en gas a la presión de emisión.

Medida. El gas se mide a la salida de la Planta mediante contadores de turbina y se regula la presión de emisión.

Los gases (BOG<sup>21</sup>) que se producen en la planta (tuberías, brazos de descarga, tanques y equipos) son utilizados durante la descarga para devolver gas al barco y se recuperan mediante compresores, inyectándolos en el relicuador para su posterior vaporización. Los gases no recuperados se envían a la antorcha.

La cantidad de energía almacenada es importante y la producción es elevada por lo que las medidas de seguridad deben tenerse muy en cuenta en el diseño de la Planta. A continuación se muestra un esquema del proceso de regasificación de GNL en la Planta:

---

<sup>21</sup> Boil Off Gases

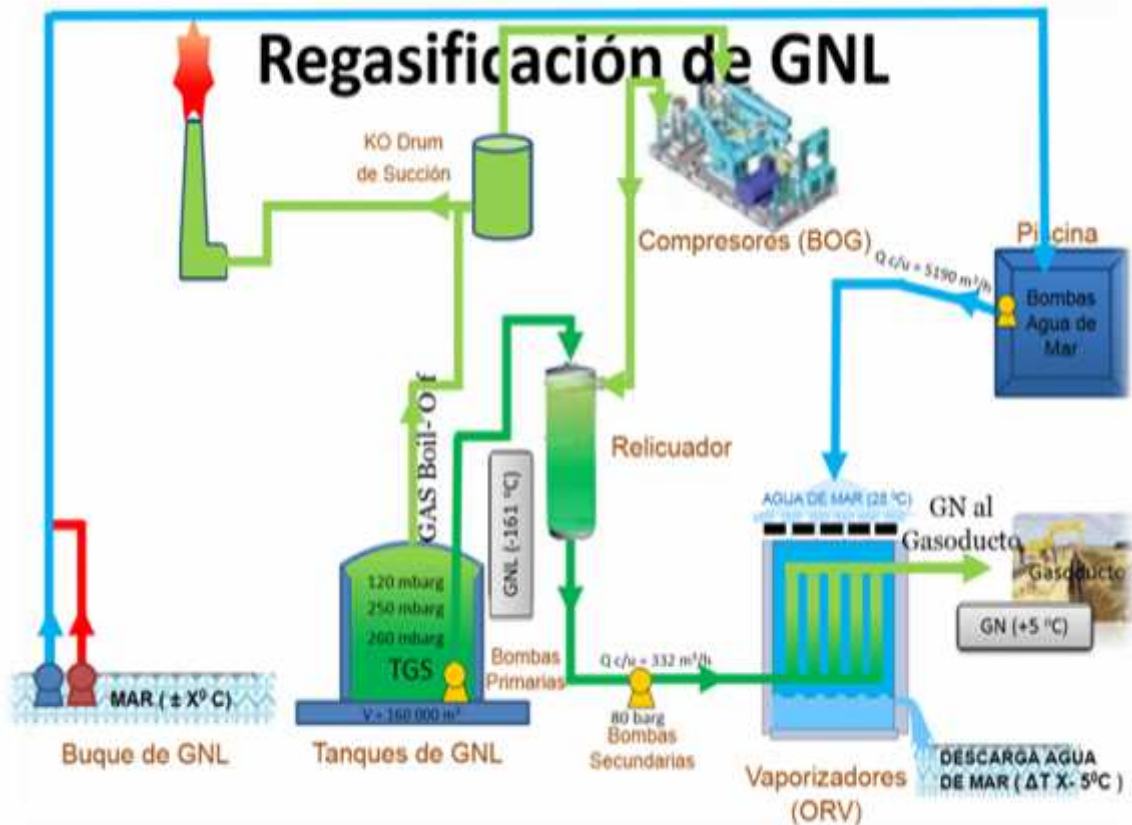


Figura # 1: Proceso de la Terminal de Regasificación.

### 2.5.1 Descripción de las áreas de proceso.

#### Sistema de descarga.

El Sistema de Descarga de la Planta, se diseña con atraques para recepcionar buques metaneros de hasta 155 000 m<sup>3</sup> de capacidad máxima. Las instalaciones se proyectan para descargar un barco a un tanque de almacenamiento de GNL a una velocidad media de descarga de 12 000 m<sup>3</sup>/h.

El colector del muelle, se equipa con cuatro brazos de 16"; de los cuales tres se emplean para la transferencia de líquido y uno para la transferencia de gas. Uno de los brazos de líquido es de tipo híbrido, para en el caso de fallar el brazo de transferencia de gas, este brazo de líquido híbrido pueda usarse como brazo de retorno de gas y llevarse a cabo la descarga a una velocidad reducida sin quemar gas en la antorcha.



Sistema de almacenamiento.

- ✓ *Tanques:* serán del tipo contención total con un tambor interno de aleación 9% Ni<sup>22</sup> y revestido completamente de hormigón en el exterior (incluyendo el techo). Para evitar cualquier riesgo de derrame descontrolado, la instrumentación de control se localizará en la superficie del tanque sumergida en termo-pozos para lograr menores niveles perturbaciones en la medición. El resto se distribuye por toda el área del mismo, para el control de posibles fugas, implosiones, explosiones, incendios y cualquier mitigación que salvaguarde la seguridad.

En la siguiente figura se muestra un tanque de contención total.

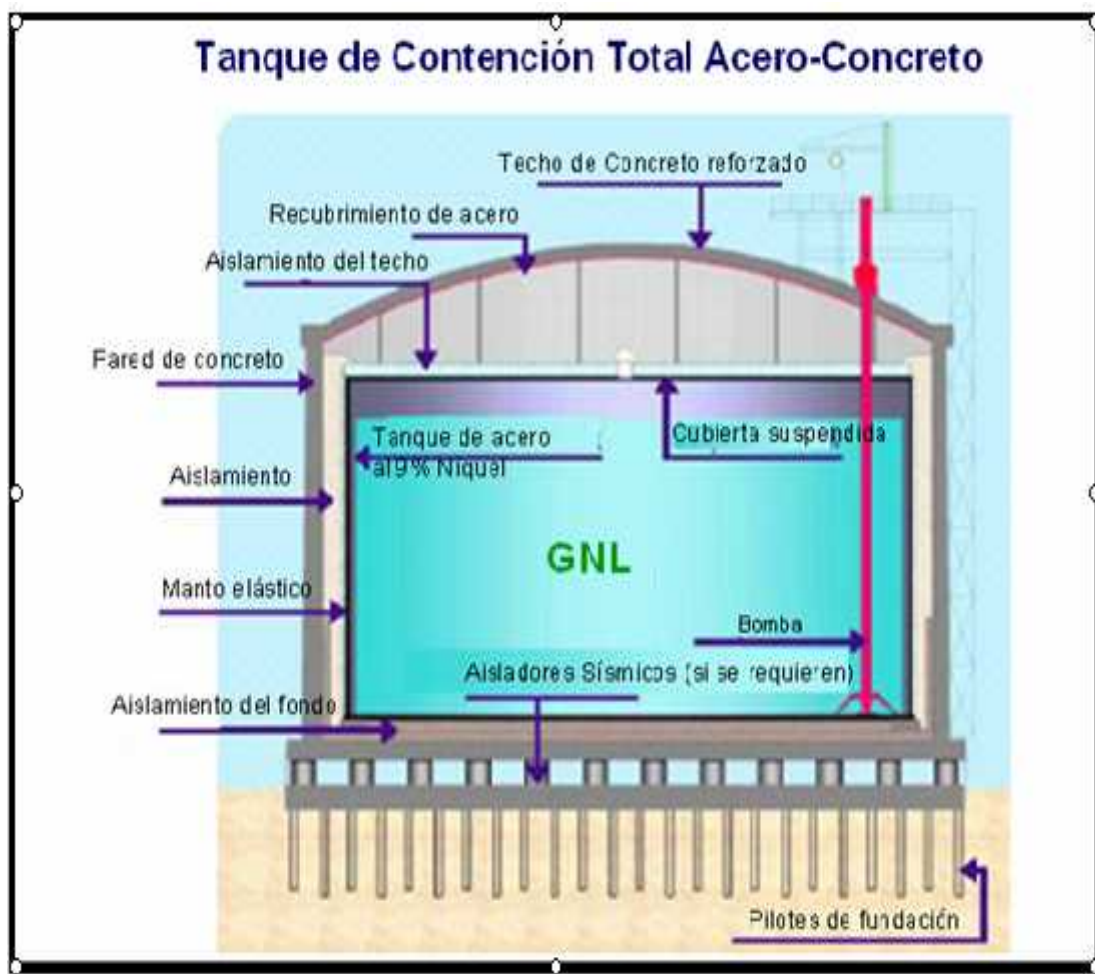


Figura # 2: Tanque de doble contención.

<sup>22</sup> Níquel

✓ Bombas del interior del tanque.

El GNL que se almacena, se extrae del tanque mediante las bombas sumergidas en los pozos del interior del tanque. Se instalan tres bombas centrífugas iguales, dos en servicio y una de reserva.

✓ Compresión de gas boil-off.

La función de los compresores de BOG, es mantener una presión constante en los tanques de almacenamiento mediante la retirada de gas en exceso.

Se han previsto dos compresores criogénicos con control de capacidad por pasos. La capacidad de funcionamiento (0%-25%-50%-75%-100%) de los compresores BOG normalmente está regulada por un controlador de presión.

✓ Relicuator.

El objetivo del relicuador es condensar los BOG poniéndolo en contacto con el GNL sub-enfriado procedente del tanque de almacenamiento. En el relicuador, el caudal de GNL se divide en dos corrientes: una lo lleva a su parte superior donde entra en contacto con los BOG, donde fluyen en paralelo a través de un paquete de anillos de acero inoxidable y los BOG se condensa por intercambio de calor con el GNL, y la otra corriente de GNL se envía a la parte inferior del relicuador, que actúa como acumulador para las bombas de envío.

Sistema de envío.

✓ Bombas Alta Presión (HP) de envío.

Las bombas centrífugas de alta presión HP<sup>23</sup> se alimentan del GNL que procede del relicuador y proporcionarán a los vaporizadores el caudal y presión requeridos, para enviarlo al gasoducto. Las bombas HP son verticales, con un tambor de aspiración. Se instalan además, tres bombas iguales en el sistema de envío.

---

<sup>23</sup> High pressure.

- ✓ Vaporizadores de panel abierto.

Se necesitan dos ORV en operación, y estará instalado un tercero como reserva. El caudal de envío de la Planta es igual al caudal de todos los vaporizadores, menos un pequeño caudal que se usará como gas de barrido del colector de antorcha y para los pilotos de la misma. Estos vaporizadores utilizan agua de mar como fuente externa de energía. El GNL fluye hacia arriba a través de paneles verticales de tubos y se vaporiza por intercambio térmico con el agua de mar clorada, que desciende desde la parte superior a la inferior en forma de película.

#### Sistema de medida.

El sistema de medida es de transferencia fiscal con medición de flujo de forma ultrasónica y cromatografía en la línea de trasiego de gas, el gas se factura por BTU<sup>24</sup> (Cantidad de energía) y odoriza con THT<sup>25</sup>.

#### Sistema de antorcha

El sistema de antorcha se compone de una sola red de baja presión conectada al colector de BOG para evacuar los gases en el caso de un incremento anormal de la presión. Posee un sistema de fuel gas que mantiene los pilotos de la chimenea encendidos. Las válvulas de seguridad y válvulas de expansión térmica de la Planta se conectan al colector BOG.

#### Unidades de servicios auxiliares.

- ✓ Sistema de agua de mar
- ✓ Sistema de aire de instrumentos
- ✓ Sistema de nitrógeno
- ✓ Sistema de agua contra incendios
- ✓ Agua industrial
- ✓ Agua potable
- ✓ Sistema de tratamiento de residuales
- ✓ Sistema de diesel

---

<sup>24</sup> British thermal unit

<sup>25</sup> Tetrahidrotiofeno C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>S

## *2.6 Antecedentes de obras similares ejecutadas en el país.*

En Cuba no existen antecedentes de la explotación o proyección de una Planta de Regasificación de GNL, en el mundo hasta 1990 eran pocos los países con plantas regasificadoras, pero una vez disparados los precios del petróleo a nivel mundial ha surgido la tendencia en muchos países de crear este tipo de plantas para diversificar y completar la matriz energética mundial.

## *2.7 Tecnologías asociadas.*

De acuerdo al desarrollo de la ingeniería de visualización y considerando los resultados obtenidos en los análisis de las alternativas técnicas de los principales equipos de proceso, los especialistas involucrados analizaron tres opciones tecnológicas para conformar los sistemas de proceso de la Planta de Regasificación. Las opciones planteadas son:

*Opción Tecnológica No. 1:* Vaporización usando panel abierto (Open Rack) - despacho clásico. Almacenamiento con tanques de contención total.

*Opción Tecnológica No. 2:* Vaporización usando aire del ambiente (AAV) – sistema de recondensación empleando un lecho empacado. Almacenamiento con tanques de contención total.

*Opción Tecnológica No. 3:* Vaporización usando Combustión Sumergida (SCV) – recondensación empleando el principio de energía fría. Almacenamiento con tanques de contención total.

Fue seleccionada la Opción Tecnológica 1, por ser rentable desde el punto de vista económico y por ser la menos impactante al medio ambiente al no emplear la combustión dentro del proceso.

## ***2.8 Sistema de mantenimiento.***

Se tiene como premisa, tres (3) tipos de mantenimientos para la Planta, los mismos se explican a continuación:

Mantenimiento correctivo: es aquel en que solo se interviene en el equipo después de su fallo. Tiene como principal ventaja la reducción de costes de inspecciones y reparaciones. Resulta ideal en casos en que la restitución/reparación no afecte en gran medida a la producción o explotación. Sin embargo, no debe estar exento de tareas rutinarias de engrase, lubricación y/o sustitución de componentes que permitan alargar la vida útil del ítem.

Los principales inconvenientes de este mantenimiento, están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas. Normalmente, viene acompañado de un acortamiento de períodos de reparación en la misma máquina (HIGGINS, 2002).

Mantenimiento preventivo: es un conjunto de técnicas, que tiene como finalidad disminuir y/o evitar las reparaciones de los ítems, con tal de asegurar su total disponibilidad y rendimiento al menor coste posible. Para ello, se requieren rutinas de inspección y renovación de los elementos malogrados y deteriorados. Las inspecciones son los procesos por el cual se procede al desmontaje total o parcial del equipo a fin de revisar el estado de sus elementos.

El principal inconveniente de este mantenimiento, es el coste de las inspecciones, los programas por otro lado, requieren que exista una prioridad en función de la vida esperada de algunos componentes y de su importancia para el funcionamiento del conjunto (HIGGINS, 2002).

Mantenimiento predictivo: es el conjunto de técnicas que permiten; reduciendo los costes del programa de mantenimiento preventivo y correctivo, asegurar la disponibilidad y rendimiento de los elementos que componen la Planta. Se basa en la realización de un seguimiento del estado del equipo mediante monitorizaciones que permiten realizar sustituciones y reparaciones cuando estos no se encuentren en buen estado, sin necesidad de realizar

inspecciones, y reducir los fallos imprevistos por medio de un programa de detección de anomalías. Este tipo de mantenimiento, reporta un gran ahorro de costes ya que, además de detectar los fallos de manera precoz, permite programar con suficiente antelación el tiempo de reparación y los suministros y mano de obra que requerirá la tarea.

Su principal inconveniente es la dificultad que conlleva obtener una respuesta clara y segura ya que no existe ningún parámetro ni conjunto de parámetros que revele a la perfección el estado del equipo. La vigilancia continúa no es viable, tampoco, en la mayoría de elementos y solo supone una ventaja realizarla en elementos muy críticos por lo que en general la vigilancia resulta periódica. (HIGGINS, 2002)

## ***2.9 Materiales a emplear.***

### Planta Regasificadora.

#### *Drenaje:*

- ✓ Piedra canto rodado, 20cm para construcción de dissipador de energía 9,85 m<sup>3</sup>
- ✓ Concreto armado  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  para la construcción de canales de aguas aceitosas y aguas de lluvia contaminadas 93,85 m<sup>3</sup>
- ✓ Concreto armado  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  para la construcción de canales de aguas de lluvia 161,54 m<sup>3</sup>.

Procedencia: Nacional.

#### *Trabajos generales:*

- ✓ Tubería de acero al carbono D= 8" 9,54 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 16" 35,69 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 20" 314,77 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 24" 177,85 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 30" 535,69 m

Procedencia: Importación

*Vialidad:*

- ✓ Material asfáltico tipo RC-250 empleado en imprimación asfáltica 50.212,00 m<sup>2</sup>
- ✓ Piedra picada tamaño Máximo Nominal = 1" de 25 cm de espesor, con mezcla de materiales preparados sobre la vía. 8.770,00 m<sup>3</sup>
- ✓ Material asfáltico tipo Rc-250 empleado en riego de adherencia 35.081,00 m<sup>2</sup>
- ✓ Concreto asfáltico caliente tipo III 8.069,00 Ton

Procedencia: Nacional.

Tanques de almacenamiento.

- ✓ Acero Estructural
  - o Tensión de Fluencia:  $F_y = 2.530 \text{ kg/cm}^2$
  - o Módulo de Elasticidad:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$
  - o Peso Específico:  $c = 7.850 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Acero de Refuerzo
  - o Tensión de Fluencia:  $F_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Concreto
  - o Resistencia a la compresión a los 28 días  $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$
  - o Aditivo Impermeabilizante libre de cloruros y sulfatos.

Procedencia: Importación

Facilidades temporales para personal especificado. DESARROLLAR TEMA

*Drenaje:*

- ✓ Piedra 20 cm para construcción de dissipador de energía 2,46 m<sup>3</sup>
- ✓ Concreto armado  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  para la construcción de canales de aguas aceitosas y aguas de lluvia contaminadas 23,46 m<sup>3</sup>
- ✓ Concreto armado  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  para la construcción de canales de aguas de lluvia 4,38 m<sup>3</sup>

Procedencia: Nacional.

Trabajos generales:

- ✓ Tubería de acero al carbono D= 8" 2,38 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 16" 8,92 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 20" 78,69 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 24" 44,46 m
- ✓ Tubería de acero al carbono D= 30" 133,92 m

Procedencia: Importación

Vialidad.

- ✓ Material asfáltico tipo RC-250 empleado en imprimación asfáltica 3.862,46 m<sup>2</sup>
- ✓ Piedra picada tamaño Máximo Nominal = 1" de 25 cm. de espesor, con mezcla de materiales preparados sobre a vía. 674,62 m<sup>2</sup>
- ✓ Material asfáltico tipo Rc-250 empleado en riego de adherencia 5.698,54 m<sup>2</sup>
- ✓ Concreto asfáltico caliente tipo III 620,69 Ton

Procedencia: Nacional.

Brazos de descargas marinos:

- ✓ Tuberías SS<sup>26</sup> 304/304L
- ✓ Codos SS 304/304L
- ✓ Platillos SS 304/304L

Procedencia: Importación.

Flare:

- ✓ SS 304L

Procedencia: Importación.

Bombas secundarias:

- ✓ Pumps SS 304/304L
- ✓ Pump casing: aluminium alloy

Procedencia: Importación.

---

<sup>26</sup> Stainless steel



Tambor de drenaje en el muelle y Tambor de los compresores de gas:

- ✓ SS 304/304L

Procedencia: Importación

Vaporizadores open rack:

- ✓ Paneles: aluminium alloy
- ✓ Tubos: SS 304/304L

Procedencia: Importación

Bombas principales:

- ✓ Aluminio/SS 304/304L

Procedencia: Importación.

Recondensador de gas boil off:

- ✓ Cuerpo y cabezales: SS 304/304L
- ✓ Internos: SS 304/304L

Procedencia: Importación

Tambor de drenaje:

- ✓ Cuerpo y cabezales SS 304

Procedencia: Importación

Tambor del flare:

- ✓ Cuerpo y cabezales: SS 304

Procedencia: Importación

También se usaran otros materiales como:

- ✓ Acero hasta un 36 % de ni (invar)
- ✓ Acero al carbono según norma API<sup>27</sup> 620
- ✓ Aleación de aluminio
- ✓ Materiales de aislamiento: vidrio celular, manta de fibra de vidrio, manta resiliente, perlita extendida.

---

<sup>27</sup> American Petroleum Institute

- ✓ Arena, fieltro bituminoso anti - humedad, hormigón.
- ✓ Pinturas de diferentes tipos y calidades.
- ✓ Materiales para consumibles de soldaduras (aportes, base).

## 2.10 Descripción de las materias primas a utilizar.

La materia prima para la producción de la Planta Regasificadora es el GNL, en principio se provee que proceda de Venezuela, aunque también se trabaja sobre la posibilidad de establecer contratos con otros proveedores de alto reconocimiento mundial.

A continuación se resaltan las características de la composición del GNL:

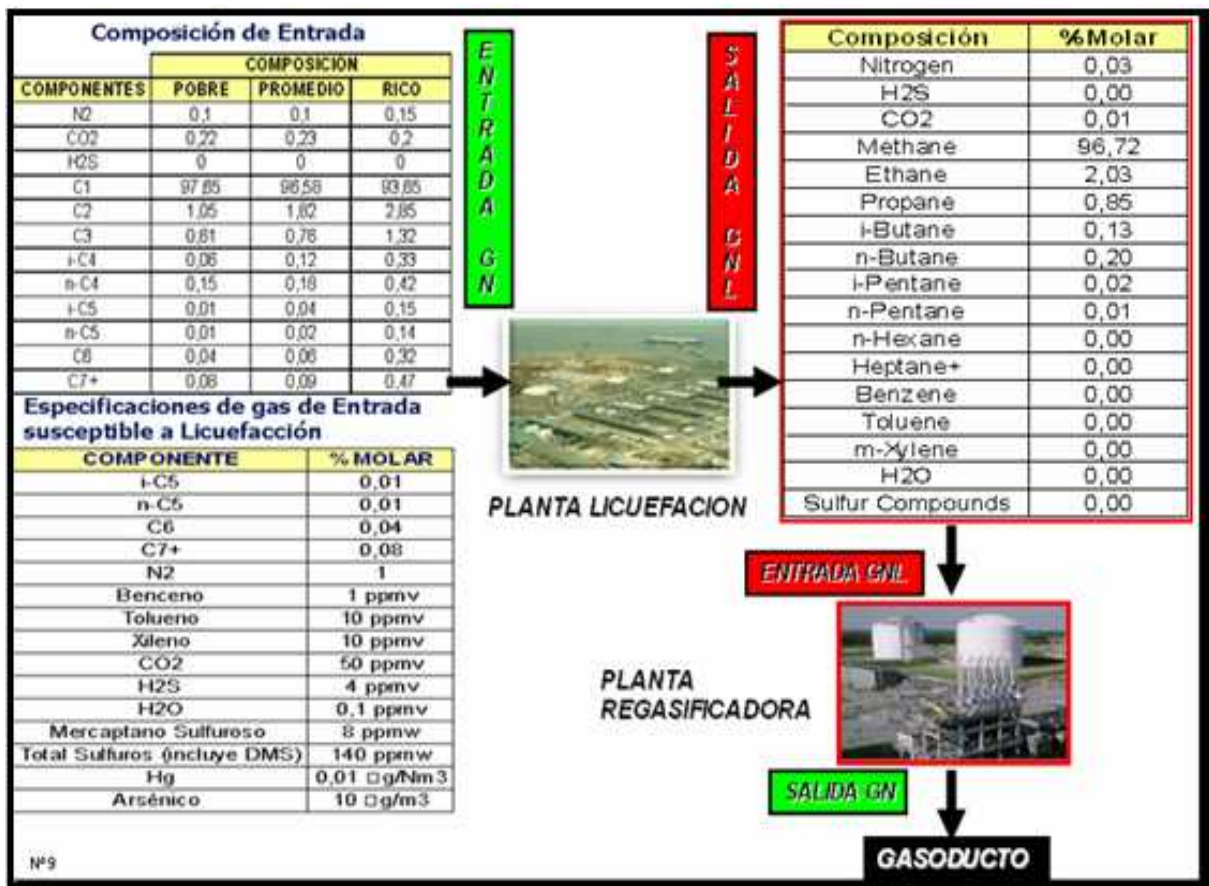


Figura # 3: Características de la materia prima GNL.

Los principales materiales constructivos, son los áridos que se necesitan para el movimiento de tierra y la construcción de la Planta. La mayor parte de los volúmenes requeridos son de compensación, empleando el excavado durante la nivelación del territorio, además del acero y el cemento.

## ***2.11 Fuentes, alternativas y consumo energético.***

*Carga conectada:* (suma de los valores nominales de cada equipo, excluyendo reservas), de 7.218 Kva.

*Demanda máxima coincidente:* La demanda máxima a 8 horas es de 4.914 Kva.

*Demanda mínima y hora de ocurrencia:* 4 405 Kva.

*Demanda promedio en horas del día (entre 7 a.m. y 5 p.m.):* La demanda promedio en horas es igual a la demanda máxima a 8 horas (4.914 Kva.).

*Factor de potencia estimado en los tres momentos de demanda antes señalados:*

FP= 88.83% en atraso (Demanda Máxima y Demanda Promedio)

FP= 89.5% en atraso (Demanda Mínima)

*Consumo de energía anual:* 4.364 Kw. x 8760 horas = 38.228.640 Kw.-hr/año

*Magnitud de la carga del mayor equipo consumidor:* La mayor carga la representan los motores de agua de mar, con un promedio de 500 kva un factor de potencia de 0.85 (atraso)

*Nivel de carga que puede ser retirada de servicio sin afectaciones:* Por ser una Planta de operación continua es muy poca la carga que puede ser retirada de servicio. Un estimado sería de aproximadamente 500 Kva que pudieran ser retirados, sin afectar la operación de la misma. La carga que debería mantenerse en servicio ininterrumpidamente es 4.405 kva.

*Relación entre el consumo de energía y la producción (Kwh./unidad de producción):* 38.228.640 Kw.-hr/ 2.000.000Ton (por año)= 19.11 Kw.-hr/ton

*Niveles de voltaje tanto internos como de la posible interconexión con el sistema eléctrico:*

✓ Nivel de Tensión de Alimentación (líneas aéreas) = 34,5 Kva.

✓ Nivel de Tensión de Distribución (Media Tensión) = 4,16 Kva.

- ✓ Nivel de Tensión de Distribución (Baja Tensión) = 480 VCA
- ✓ Práctica recomendada para el diseño de la fiabilidad industrial y comercial
- ✓ “Power System”, se tienen los siguientes índices: Fallas/año= 0, 65
- ✓ Índice de Disponibilidad 99,88%
- ✓ Horas de Salida Anual 1,580
- ✓ Duración Anual de la Salida = 2,44 horas.

Se prevé como fuente alternativa la instalación de un grupo electrógeno, solo para la parada segura de la Planta, considerando posibles afectaciones en el servicio eléctrico causadas por eventos meteorológicos, accidentes u otras contingencias

### *2.12 Alternativas constructivas y tecnológicas.*

Se valoraron varias alternativas tecnológicas en la ingeniería visual del Proyecto; decidiendo usar la vaporización de panel abierto (open rack) con el almacenamiento en tanques de contención total, teniendo en consideración tanto la parte económica como la ambiental, pues este tipo de alternativa es la única que no emplea la combustión dentro del proceso, lo que favorece al medio ambiente.

La única propuesta que se realiza es que para la ejecución de las obras civiles del edificio socio–administrativo, sala de control de operaciones del proceso, casetas de operadores, cuarto de control de motores, deben emplearse tecnologías que permitan la construcción in situ y no usar elementos prefabricados de grandes dimensiones que necesiten de equipos o grúas de grandes brazos para el izaje de los elementos, con el objetivo de provocar el menor daño posible al suelo y la vegetación.

### *2.13 Descripción de las estructuras que conformarán la obra.*

La Planta Regasificadora está compuesta por tres variantes estructurales:

Los tanques para el almacenamiento del GNL: se construyen con materiales metálicos con refuerzos consistentes en paredes de hormigón armado pretensado. El concreto pretensado es uno de los pocos materiales utilizados a

temperatura ambiente que se comporta muy satisfactoriamente a bajas temperaturas. Numerosos recipientes de concreto pretensado atestiguan la idoneidad de este tipo de estructuras.

Para mantener el gas a baja temperatura y en forma líquida el tanque que lo contiene deberá estar compuesto de los siguientes elementos esenciales:

1. El recipiente interno que contiene el gas natural licuado a temperatura criogénica y separada de cualquier contacto con el exterior a través del aislamiento.
2. Este contenedor primario está constituido por materiales aceptados y comprobados para que puedan trabajar en condiciones criogénicas teniendo adecuadas características mecánicas y de estanqueidad.

Los materiales usados para este contenedor son, básicamente, el concreto pretensado y el acero al 9% de níquel. El aluminio y el acero inoxidable han quedado descartados por razones técnico–económicas. El aislante que rodea totalmente al depósito interno y evita el aporte de calorías desde el exterior al gas natural licuado disminuyendo por tanto la evaporación. El recipiente criogénico prevee una evaporación máxima diaria de 0,5 por mil de su capacidad total.

3. El recipiente externo que sirve de contención al aislamiento y es estanco a los vapores del gas natural licuado, estando normalmente a temperatura ambiente.

4. Finalmente un muro llamado de seguridad, alrededor y concéntrico al depósito que aunque no cumple funciones de contención primaria del líquido, debe proyectarse con fuertes requisitos de seguridad frente a derrames de gas natural licuado de depósitos adyacentes o a un impacto producido por acción exterior como choque, explosión.

La tendencia actual es a incorporar las funciones del muro del recipiente externo y del muro de seguridad en un muro único de concreto pretensado, solución que se denomina “Depósito Integral”.

Tanto el recipiente interno como el externo están revestidos con acero al 9% de níquel. El revestimiento metálico actúa como una barrera impermeable al gas natural licuado, mientras que el concreto pretensado provee la rigidez estructural.

La estructura del equipamiento tecnológico está concebida en módulos sobre patines, sin cubiertas.

Edificio socio-administrativo de dos niveles incluye la Sala de Control de Operaciones del Proceso, Casetas de Operadores, Cuarto de Control de Motores y Cuarto de Control.

## *2.14 Análisis de riesgos y planes de reducción de desastres.*

### Identificación de los peligros naturales

La afectación del área por fenómenos meteorológicos, puede ser afectada durante la denominada “Temporada Ciclónica”, que se extiende desde el mes de junio hasta el mes de Noviembre, siendo los meses de mayor probabilidad de ocurrencia Septiembre y Octubre, pudiendo ocurrir depresiones tropicales, perturbaciones ciclónicas y huracanes, cuya probabilidad de ocurrencia está muy cerca de, una vez cada 50 años para los huracanes de gran intensidad, una vez cada 25 años para los huracanes de moderada intensidad y una vez cada 10 años para los huracanes de poca intensidad.

Las hondonadas son un fenómeno meteorológico natural que pueden incidir en todo el país y que pueden provocar grandes acumulados en los promedios de precipitaciones debido a la ocurrencia de lluvias sostenidas durante varias horas incluso días, situación que incide en la aparición de inundaciones en el área o zonas aledañas a la parcela que sea destinada para la Planta. Las tormentas eléctricas, en el período lluvioso del año (Mayo/Octubre), han de tenerse en cuenta entre los peligros naturales.

### Peligros de origen tecnológicos

El empleo de productos químicos tóxicos y otras sustancias peligrosas como gases, líquidos y sólidos inflamables, constituye un peligro para los

trabajadores, cuyos riesgos pueden conducir al surgimiento de situaciones de desastres.

Los accidentes con sustancias peligrosas, generalmente de carácter súbito pueden provocar daños que abarcan además zonas exteriores a las instalaciones donde se originan lo que provoca la evacuación de un número importante de personas. También inducen la contaminación del ecosistema y aquellas de efectos duraderos pueden llegar a producir daños a más de una generación de especies vivientes, debiéndose considerar el costo económico que producen.

#### Tipos de Riesgos Asociados con las Plantas de GNL

Los riesgos potenciales que más preocupan a los operadores de instalaciones de GNL y a las comunidades vecinas surgen de las propiedades básicas de gas natural, debido que está compuesto en esencia por metano que es altamente inflamable. Por lo que la contención primaria, secundaria, los sistemas de seguridad y la distancia de separación, proporcionan múltiples capas de protección. Estas medidas ofrecen protección en contra de los peligros asociados con el GNL.

- ✓ Explosión. Puede ocurrir una explosión cuando una sustancia cambia de estado químico rápidamente, es decir, cuando prenda fuego o cuando en su estado presurizado haya derrames que no se puedan controlar, y para que ocurra un derrame incontrolable debe existir una falla de estructura. Los tanques de GNL almacenan el líquido a temperaturas muy bajas de aproximadamente  $-160^{\circ}\text{C}$  y por tanto, no requiere presión para mantener su condición líquida. Los sistemas sofisticados de contención no permiten que el líquido entre en contacto con fuentes de ignición. Debido a que el GNL se almacena a presión atmosférica, o sea sin presión, no podría ocurrir una explosión inmediata si se llegara a perforar el contenedor.
- ✓ Nubes de Vapor. Al dejar el contenedor de temperatura controlada, el GNL comienza a calentarse y regresa a su estado gaseoso. Inicialmente el gas es más frío y más pesado que el aire que lo rodea, y esto crea una neblina o nube de vapor sobre el líquido liberado. Conforme se calienta el gas, se



mezcla con el aire y comienza a dispersarse. La nube de vapor prenderá fuego únicamente si se encuentra con una fuente de ignición mientras guarda su concentración dentro del rango de inflamabilidad. Los sistemas de seguridad y procedimientos operativos existen para minimizar la probabilidad de que esto no ocurra.

- ✓ Líquido Congelante. De llegar a liberarse el GNL, el contacto humano directo con el líquido criogénico congelaría el punto de contacto. Por tanto, los sistemas de contención que rodean los tanques de almacenamiento de GNL son diseñados para contener hasta el 110% del contenido del tanque, y los sistemas de contención separan al tanque de otros equipos. Asimismo, antes de entrar en áreas de riesgo potencial, todo el personal de la instalación debe utilizar guantes, máscaras y demás ropa de seguridad para protegerse del líquido congelado. Como resultado, cualquier riesgo potencial quedaría restringido dentro de los límites de la instalación y no afectaría a las comunidades vecinas.
- ✓ “Rollover”. Cuando múltiples suministros de diferentes densidades de GNL se cargan a un tanque, inicialmente no se mezclan, por lo contrario se acomodan en capas o estratos inestables dentro del tanque. Después de un tiempo estos estratos podrían cambiar de posición espontáneamente para tratar de estabilizar el líquido en el tanque. Cuando la capa inferior de GNL se calienta como consecuencia del calentamiento normal cambia de densidad hasta hacerse más liviana que la primera capa. En ese momento ocurre el fenómeno de “rollover”. El volumen del líquido y la regasificación repentina de GNL podrían ser tan grandes como para no poder liberarse a través de las válvulas de escape de un tanque normal. El exceso de presión podría resultar en roturas u otras fallas estructurales del tanque. Para prevenir la estratificación, los operadores que descargan un buque tanque de GNL deben medir la densidad de la carga y de ser necesario, deben ajustar los procedimientos de descarga. Los tanques de GNL cuentan con sistemas de protección en contra del “rollover”, los cuales incluyen sensores de distribución de temperatura y sistemas de bomba.
- ✓ Fase de Transición Acelerada. Debido a que es menos denso que el agua, al ser liberado sobre esta, el GNL flota y se vaporiza. Si se liberan grandes volúmenes de GNL sobre el agua podría vaporizarse muy rápidamente,



causando así una fase de transición acelerada (RPT por sus siglas en inglés). La temperatura del agua y la presencia de una sustancia que no sea el metano también podrían causar un posible RPT, mismo que ocurre únicamente cuando se mezcla el GNL con el agua. Los RPT varían en intensidad, desde un pequeño “pop” hasta ráfagas importantes con potencial para dañar estructuras ligeras. Otros líquidos que cuentan con grandes diferencias de temperatura y puntos de ebullición pueden crear incidentes similares cuando se mezclan entre sí.

#### Percepción del Riesgo.

El riesgo es una combinación, no sólo de las consecuencias de un evento, sino también de la probabilidad de que ocurra el evento. En la escala de riesgos, un evento de grandes consecuencias con baja probabilidad de que ocurra puede ser similar a un evento de poca consecuencia con alta probabilidad de que ocurra.

Los daños potenciales de un accidente ocasionado por el GNL dependen de los eventos que lo propicien, el volumen y ubicación del derrame de GNL, la dimensión del mismo y la dirección y velocidad del viento. No obstante, el cálculo cuantitativo de las probabilidades de un accidente únicamente se puede realizar cuando existen suficientes datos.

#### Intencional.

Debe existir una política de seguridad contra actos de violencia para todo tipo de instalaciones y lugares públicos, incluyendo las operaciones de GNL. Con respecto a los riesgos inesperados, como el terrorismo, ya existe en operación un sistema de seguridad. Los tanques de GNL en buques, tierra y costa afuera requieren de una fuerza excepcionalmente grande para poder causar daños. Debido a la cantidad enorme de energía necesaria para quebrar los sistemas de contención, en casi todos los casos el riesgo principal por actos de terrorismo es el incendio, y no una explosión.

De estrellarse una aeronave en contra de una instalación de GNL, el impacto podría ocasionar el incendio del combustible de la nave, igualmente prendería

al GNL produciendo un incendio mayor en la instalación. En ese caso, la instalación o buque de GNL activaría los sistemas de detección y protección en contra incendios. La distancia de separación de la instalación reduciría o eliminaría los posibles daños al público a consecuencia de un evento de esta naturaleza.

Las revisiones rigurosas de los sitios, junto con los requerimientos de separación y distancia que dictaminan los códigos de seguridad, minimizan los riesgos de daño al público que pudieran provenir de las instalaciones en tierra. De acuerdo con la opinión de (Michot Foss, 2003)<sup>28</sup>, las instalaciones en tierra de GNL se construyen bajo códigos y normas de diseño y construcción muy rigurosas. Dichos códigos exigen que los escenarios de accidente del “escenario pesimista” se utilicen en la ubicación y diseño de esas instalaciones.”

### Terremotos

A pesar de que no este definida la zona de estudio Cuba no es un país considerado como de riesgo sísmico. Al estimar los riesgos de los proyectos de GNL, las empresas relacionadas con las instalaciones de GNL toman en consideración el peligro que representa un movimiento fuerte de la tierra y las fallas causadas por la actividad sísmica, licuefacción y derrumbes en el área.

Los requisitos de los diseños sísmicos se establecen en la norma NFPA<sup>28</sup> 59-A (“NFPA 59A: Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG),” 2009). Los terremotos fuertes pueden causar daños severos si las instalaciones no fueron diseñadas para resistir dichos eventos y por tanto, las empresas llevan a cabo estudios regionales y del sitio para determinar si dichas áreas están expuestas a actividad sísmica. Estos factores se toman en cuenta durante las etapas de planificación y diseño. Los tanques de GNL son diseñados para resistir la actividad sísmica en regiones de riesgo potencial.

---

<sup>28</sup> National Fire Protection Association,

### Incidentes Marítimos

La historia de la industria de GNL muestra que los incidentes marítimos relacionados con derrames severos de GNL son muy raros. A lo largo de la historia de la industria que abarca 60 años y 40,000 viajes jamás ha ocurrido un derrame en el mar como resultado de una colisión o encallamiento de un buque. Los buques de GNL están bien diseñados y mantenidos, lo cual reduce la posibilidad y severidad de los incidentes.

### Incidentes de Operación

Los incidentes de operación resultan del error humano, de fallas en el equipo o de ambos, y pueden ocurrir en la industria y en cualquier otro tipo de instalación. En instalaciones de GNL, los incidentes pueden ocurrir durante los procesos de descarga, almacenamiento, regasificación y transporte o en cualquier otra etapa de la producción, y dichos errores pueden resultar en derrames o incendios. Las instalaciones y buques de GNL están equipados con sistemas avanzados de monitoreo y control, haciendo casi improbable que ocurra un incidente.

Las consecuencias de la mayoría de los riesgos de incidentes potenciales pueden ser contenidas en el propio sitio y manejarse antes de causar daños significativos, como se muestra a continuación en la tabla de riesgos tecnológicos.

| No. | Riesgo potencial                                                  | Causas                                                                                                       | Consecuencias                                                                                                                              | Daño potencial | Recomendaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Maniobra de aproximación de un barco de GNL<br>Amarre / desamarre | Fallo de máquinas, fallo del práctico, error humano durante las operaciones.<br>Malas condiciones climáticas | Daños catastróficos en el casco del barco;<br>posible derrame de GNL al mar                                                                | Alto           | Realizar un estudio de riesgos específico de las maniobras de entrada y salida del barco, incluyendo salida rápida.<br>Establecer de acuerdo con las autoridades portuarias un protocolo estricto de aproximación, atraque, desatraque y salida.                                                               |
| 2.  | Sistema de descarga de GNL de barcos                              | Derrames de GNL / fallo de conexión / rotura de brazos                                                       | Daños a estructura metálica y de hormigón.<br>Daños a otros sistemas no protegidos                                                         | Alto           | Los brazos van provistos de un sistema adecuado de medición de extensión y torsión que da alarma y disparo en dos etapas. Igualmente, el sistema PERC reduce al mínimo los posibles derrames                                                                                                                   |
| 3.  | Sistema de descarga de GNL de barcos                              | Gran derrame de GNL                                                                                          | Generación de nube inflamable; riesgo de fuego y/o deflagración;<br>daños a personas y bienes                                              | Alto           | Asegurar posición del atraque con dirección del viento. Considerar zona de exclusión de navegación.<br>Estudio de consecuencias                                                                                                                                                                                |
| 4.  | Sistema de descarga de GNL de barcos                              | Sobrepresión o vacío en tanques del barco por falta de control/fallo de válvulas                             | Posibles daños en tanques de barco                                                                                                         | Alto           | Estudiar redundancia y sistemas de reserva que permitan mantenimiento con el tanque en operación                                                                                                                                                                                                               |
| 5.  | Tanques de almacenamiento de GNL                                  | Sobrepresión / vacío en tanques                                                                              | Fallo potencial en el(los) tanque(s) con En caso de disparo de las válvulas de seguridad, puede inflamarse el gas escape importante de gas | Medio          | Estudiar radiación producida por la llama. La descarga debe de estar a una elevación de modo que la radiación sobre el techo del tanque no supere los 32 kW/m2. Protección pasiva a la estructura soporte de las descargas                                                                                     |
| 6.  | Tanques de almacenamiento de GNL                                  | 'Rollover' (inversión de líquidos de diferente densidad y evaporación súbita)                                | Fallo potencial en el(los) tanque(s) con daños en los mismos y escape importante de gas                                                    | Alto           | Válvulas de sobrepresión (PSV) con escalonamiento de presiones de disparo. Dimensionado de PSVs para caso de 'rollover'. Medida y vigilancia de densidades por niveles. Control de llenado en función de densidades. Recirculación de GNL con bombas primarias en caso de periodos largos sin uso de un tanque |
| 7.  | Tanques de almacenamiento de GNL                                  | Movimiento de tanques por asentamientos diferenciales                                                        | Daños potenciales en tanque de contención secundaria                                                                                       | Medio          | Estudio geotécnico. Diseño de cimentaciones adecuado.<br>Procedimientos de inspección                                                                                                                                                                                                                          |
| 8.  | Tanques de almacenamiento de GNL                                  | GNL de composición muy diferente a la de diseño                                                              | Riesgo de estratificación.<br>'Rollover' potencial                                                                                         | Medio          | Análisis de GNL previo a la aceptación. Análisis continuo durante descarga. Ver riesgo de 'rollover'                                                                                                                                                                                                           |
| 9.  | Bombas primarias de GNL                                           | Ruptura /pérdida de contención de líneas de descarga                                                         | Derrame de GNL en techo de tanque                                                                                                          | Medio          | Sistema de recogida de derrames. Sistemas de detección                                                                                                                                                                                                                                                         |

|     |                                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                   |              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10. | Compresores de gas de 'boil-off'            | Ruptura /pérdida de contención del equipo                                                                                            | Fuga de gas; dardo de fuego potencial; explosión confinada potencial                                                                              | Medio        | <b>Sistema de detección que genera ESD. Protección pasiva de estructuras metálicas. Nave de compresores con suficiente ventilación para evitar confinamiento. Sistemas c.i. Equipo eléctrico apto para área clasificada</b>                                                  |
| 11. | Relicudador                                 | Ruptura /pérdida de contención de líneas de descarga                                                                                 | Fuga de GNL a presión alta; dardo o nube de fuego potenciales; explosión confinada potencial. Posible fragilización de estructura metálica.       | Medio        | <b>Sistema de detección de gas y derrames (ESD). Canales y balsa de recogida de derrames. Sistemas c.i. incluyendo espuma para controlar la evaporación. Protección pasiva de elementos que puedan verse afectados por la fragilización</b>                                  |
| 12. | Vaporizadores de agua de mar                | Rotura de tubos                                                                                                                      | Fuga de GNL a presión alta; nube de gas. Posible paso de GNL a sistema de retorno de agua de mar; posible explosión por evaporación súbita de GNL | Medio        | <b>Detectores de gas (ESD)<br/>Detectores de frío en recogida de agua de mar</b>                                                                                                                                                                                             |
| 13. | Antorcha                                    | Presencia de GNL. Mayor caudal de gas del previsto Apagado                                                                           | Radiación no tolerable más allá del área restringida; daños potenciales a personas y bienes Emisión de gas a la atmósfera sin quemar              | Medio        | <b>Considerar posibilidad de instalar apagado (snuffing) con nitrógeno</b>                                                                                                                                                                                                   |
| 14. | Sistema de agua contra incendios            | Daños en la red de distribución. Inutilización de una parte de la red. Corrosión, obstrucción. Fragilización por gran derrame de GNL | Pérdida de protección c.i. en posibles incidentes                                                                                                 | Medio / alto | <b>Aunque en caso de gran incidente se usaría agua de mar en la red c.i., el sistema ésta está lleno y presurizado con agua fresca para disminuir la corrosión en el mismo. Se usará igualmente agua fresca para la prueba de los sistemas de diluvio y lavado de la red</b> |
| 15. | Suministro de nitrógeno                     | Pérdida de contención                                                                                                                | Asfixia                                                                                                                                           | Medio / alto | <b>Incidente poco probable. Considerar la posibilidad de detector de oxígeno en los puntos en que pueda haber gran fuga y/o acumulación en espacio semiconfinado</b>                                                                                                         |
| 16. | Servicios (oficinas, taller, subestaciones) | Nube de gas que puede alcanzar fuera de la zona de proceso                                                                           | Entrada potencial de gas en edificios o motores diesel; riesgo de explosiones. Riesgo de salida de nube explosiva fuera de límite de propiedad    | Alto         | <b>Considerar detección perimetral alrededor de la zona de proceso / Terminal.</b>                                                                                                                                                                                           |

Tabla # 4: Riesgos potenciales de origen Tecnológicos.

### *2.15 Dispersión del gas natural licuado.*

La probabilidad que existe de que ocurran accidentes, sobre todo relacionados con explosiones en los tanques de almacenamiento, son bastante bajas, especialmente si se tiene en cuenta, que los tanques poseen muros de doble contención. Sin embargo, teniendo en cuenta, los peligros asociados al GNL se puede arribar a la conclusión de que en invierno las características físico geográficas del país influyen mucho menos sobre la dispersión del GNL, la que tiene lugar bajo la influencia de la circulación de los sistemas de bajas o altas presiones extra tropicales.

Igualmente pueden producirse escapes durante las descargas del GNL desde los barcos, lo cual implica altas medidas de seguridad en las zonas aledañas a los muelles. La zona de protección debe oscilar en un radio entre los 500 y los 600 metros con referencia a la zona perimetral de la Planta.

Por lo que se recomienda instalar una estación meteorológica automática en el lugar y solicitar servicios de simulación continua a un grupo especializado en el tema. Con la intención de conocer las condiciones meteorológicas y de dispersión sobre el lugar en caso de ocurrir un accidente de cualquier tipo.

### *2.16 Integración del Proyecto con el entorno.*

#### Soluciones arquitectónicas adecuadas a la armonía del paisaje.

La solución arquitectónica deberá lograr volúmenes que se integren al entorno y el paisaje, tanto por forma como por color, el puntal máximo se propone no exceda de 50 m. En el proyecto se tendrá en cuenta que el 10 % del área debe ser ocupada por césped, se recomienda la siembra de árboles de forma perimetral a una distancia mayor de 20 m de la instalación.

#### Racionalidad funcional, estética y ambiental.

El necesitar realizar desbroce, debe hacerse en el área mínima necesaria para la ejecución de la obra, el material de desmonte u otros desechos debe ser trasladado, nunca verterse sobre la vegetación. Los espacios no deben estar

sobredimensionados, solo contar con el área mínima para realizar las actividades para las que fue diseñada. Deben usarse colores con baja saturación, preferiblemente fríos y poco contrastantes.

Aprovechamiento óptimo de la iluminación y la ventilación natural.

Los locales deben ubicarse con un paño de vanos hacia la dirección predominante del viento, siendo estos siempre de mayor área que los de la pared opuesta o perpendicular, no deben existir grandes muros ciegos, permitiendo de esta manera el aprovechamiento de la iluminación natural.

Empleo de materiales ecológicos y compatibles ambientalmente.

Como obra industrial resulta difícil armonizar con el entorno, pero siempre que sea posible se emplearán materiales ecológicos y compatibles ambientalmente, sobre todo en las obras civiles y en el proyecto de jardinería.

## ***2.17 Organización y ejecución de las etapas constructivas.***

Como toda obra, que vaya a ser construida se debe realizar un cronograma de organización de las actividades constructivas a ejecutar.

Movimientos de tierra previstos.

- ✓ Deforestación y limpieza (aproximadamente 23,3 ha)
- ✓ Excavación para movimiento de tierra de cualquier material.
- ✓ Excavación de material desechable (capa vegetal).
- ✓ Construcción de terraplén para el acceso.
- ✓ Construcción diques de hoyas de tanques.
- ✓ Material proveniente del sitio.
- ✓ Material de préstamo para la construcción de diques.
- ✓ Excavación para la construcción de obras de drenaje.
- ✓ Relleno con material proveniente de la excavación para a construcción de obras de drenaje.

Pendientes y alturas previstas para desmontes, voladuras y terraplenes.

Se proyecta la conformación de dos terrazas tecnológicas: una con 7m de altura donde se ubicarán los tanques y otra con 5m para el resto de las instalaciones.

### ***2.18 Estimado de escombros.***

Los volúmenes de maderas y follajes residuales productos del de desmonte de aproximadamente 23,3 hectáreas del bosque o matorral subcostero.

Estos volúmenes están compuestos por variadas especies de árboles y arbustos maderables que pudieran ser utilizadas para la elaboración de carbón, por lo que deben ser clasificados para poderles dar uso aquellos que tengan utilidad. El otro material de desecho con volúmenes de importancia como resultado de la preparación del terreno para las instalaciones lo constituye la capa vegetal que serán excavadas y no se aprovecharán en la obra.

### ***2.19 Posibles puntos de vertimiento de escombros.***

Los volúmenes estimados de desechos, en esta obra, son además de los naturales (árboles, restos de follajes), los generados por la actividad constructiva (restos de bloques, áridos contaminados, restos de embalajes), Estos desechos, figuran volúmenes considerables y gran parte de ellos poseen valor de uso; por lo que se debe congeniar con las autoridades pertinentes para determinar su utilización.

- ✓ Parte del follaje puede convertirse en abono natural una vez descompuestos. La parte inutilizable puede ser incinerada y enviada al vertedero municipal.
- ✓ La madera debe ser clasificada para su uso, parte en las carpinterías locales y otros en la elaboración de carbón, los volúmenes que no sean utilizables puede ser incinerados junto al follaje inservible.



- ✓ La capa vegetal inutilizable en la obra pueden ser utilizada en el mejoramiento de suelos en otras áreas y utilizarlos como relleno sanitario de frentes de canteras usados para la construcción.

### ***2.20 Equipos de transporte y requisitos de transportación.***

Para la ejecución de la obra, desde el desbroce y movimiento de tierra hasta las terminaciones se debe disponer del parque de equipos siguientes:

En obras en tierra: cargador frontal; bulldózer, motoniveladora, compactador retroexcavadora, rototraílla, camiones de carga y volteo, pipa de agua.

Los requisitos técnicos en la transportación serán los siguientes:

- ✓ Garantizar el estado técnico adecuado de los equipos y vehículos para que no viertan hidrocarburos al medio y que cuenten con mata chispas para evitar incendios en la vegetación.
- ✓ Emplear toldos o mantas en los camiones que transportan áridos, para evitar dispersión de polvo.

### ***2.21 Sitios de acopio y almacenamiento de materiales.***

Los materiales que se usarán en la ejecución de la obra, se almacenarán en sitios ubicados dentro del área desbrozada. Los áridos deben colocarse en zonas poco húmedas y preferiblemente techadas, para evitar cambios en sus características y arrastres por las aguas de escorrentía superficial.

### ***2.22 Facilidades temporales y servicios.***

Serán las mínimas requeridas para responder a las necesidades del personal que laborará en las distintas etapas constructivas de la obra. Se crearan almacenes cerrados para proteger los insumos y partes de la Planta a montar.

## *2.23 Tratamiento de los desechos sólidos y residuales líquidos.*

Desechos sólidos: el manejo de los desechos consistirá en separar, clasificar, compactar y almacenarlos. El almacenaje se hará en recipientes adecuados con etiquetas en las que se consignará el tipo de desecho, peso y volumen.

Residuales líquidos: El volumen de residuales líquidos final es de 8.5 m<sup>3</sup>/ día referido al consumo humano.

El agua tecnológica: para el proceso de enfriamiento del GNL, se emplea agua de mar a temperatura ambiente, a la cual se le agrega una pequeña dosificación de un 0.2% de cloro con la finalidad de evitar las incrustaciones, una vez atravesado todo el proceso, es devuelta al mar haciéndola pasar previamente por una piscina de acondicionamiento del vertido, donde se toman muestras del agua y se corrige el cloro residual mediante la adición de metabisulfito de sodio cuando es necesario.

El manejo inadecuado de los residuos genera una variedad de impactos potenciales sobre el medio ambiente, ya que los procesos naturales dispersan los contaminantes y sustancias peligrosas (aire, agua, suelo, y ecosistemas frágiles como la bahía).

La naturaleza y dimensión de estos impactos depende de la cantidad y composición de los residuos así como del tratamiento seleccionado para su manejo.

Es por todo esto que se hace necesario plantearse por parte de los especialistas de SHA, un plan de manejo de los desechos generales no peligrosos y desechos peligrosos, generados en la obra; el cual se entiende como las acciones que deberán cumplimentarse con la finalidad de prevenir y/o minimizar los impactos ambientales que se pueden ocasionar por el inadecuado manejo de los desechos.

## *2.24 Plan de rehabilitación de áreas naturales afectadas.*

El área natural afectada es donde se determine el emplazamiento de toda la infraestructura de la Planta Regasificadora. Las acciones de rehabilitación a realizarse son, el cubrimiento del 10% de la superficie del área del Proyecto, con césped y otras plantas ornamentales propias del ecosistemas predominante en el lugar y la estabilización de los taludes de las pendientes que sean cortadas durante las acciones de nivelación del terreno natural si es el caso. Además de la reforestación de tres hectáreas de bosque por cada hectárea desmontada, es decir, prever el financiamiento para acometer esta acción que debe ser ejecutada por la empresa Forestal Integral

## *2.25 Legislación ambiental vigente.*

La Constitución de la República de Cuba plantea en su artículo 27 del capítulo uno ("Constitución de la República de Cuba,," 1976): "El Estado protege al medio ambiente y los recursos naturales del país". Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras; corresponde a los órganos competentes aplicar esta política.

La ley No. 81 ("Ley 81 del Medio Ambiente," 1997) aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular, se establecen los principios que rigen la política y las normas básicas para regular la Gestión Ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger al Medio Ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.

En el artículo 122 ("Ley 81 del Medio Ambiente," 1997), se establece la obligatoriedad de las entidades o personas naturales de rehabilitación de las áreas minadas para la cual define los términos y condiciones que establezcan de conjunto el Ministerio de la Agricultura, el CITMA y el MINBAS. Contempla en el artículo 41 en las obligaciones generales de los concesionarios entre otras lo siguiente:

Preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades; tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectadas.

El artículo 43 (“Ley 81 del Medio Ambiente,” 1997) plantea como obligaciones de los concesionarios de explotación entre otras lo siguiente: Planificar los trabajos necesarios para la restauración o acondicionamiento de las áreas explotadas, en los términos que se establezcan por el Órgano Local del Poder Popular y la autoridad competente, según el caso, creando los fondos financieros necesarios para estos fines.

La responsabilidad penal, así como la responsabilidad civil derivada de ésta ante los delitos medioambientales es recogida en el Código Penal, en la cual se recogen sanciones para el que dañe las aguas vertiendo objetos o sustancias nocivas que pongan en peligro la fauna que en ellos habita. A continuación se muestran instrumentos legales a considerar:

|                             |                                                                                                             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Ley No. 81/97</i>        | Ley de Medio Ambiente.                                                                                      |
| <i>Ley No. 85</i>           | Ley Forestal.                                                                                               |
| <i>Decreto–Ley No. 57</i>   | Reglamento para la Evaluación y aprobación de proyectos técnicos de obra. 1979                              |
| <i>Decreto No.100</i>       | Reglamento General de la Inspección Estatal.                                                                |
| <i>Decreto–Ley No.136</i>   | Del patrimonio forestal y fauna silvestre y sus contravenciones.                                            |
| <i>Decreto–Ley No.138</i>   | De las aguas terrestres.                                                                                    |
| <i>Decreto No.180</i>       | Contravenciones de las regulaciones sobre el patrimonio forestal y la fauna silvestre.                      |
| <i>Decreto–Ley No. 200</i>  | De las contravenciones en materia de medio ambiente.                                                        |
| <i>Decreto No.268</i>       | Contravenciones de las regulaciones forestales.                                                             |
| <i>Resolución No.130/95</i> | Reglamento para la Inspección Ambiental Nacional.                                                           |
| <i>Decreto No.268</i>       | Contravenciones de las regulaciones forestales.                                                             |
| <i>Resolución No.130/95</i> | Reglamento para la Inspección Ambiental Nacional.                                                           |
| <i>Resolución No.286</i>    | Reglamento de la protección del medio ambiente y uso racional de los recursos naturales en la construcción. |
| <i>NC 27:1999</i>           | Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.               |

Tabla # 5: Instrumentos legales.

## ***2.26 Caracterización de la línea base ambiental.***

Una vez determinado el lugar donde se emplazará la Planta de GNL, es necesario realizar una descripción o caracterización de la línea base ambiental del lugar. Para ello se sugiere que se tengan en cuenta los siguientes aspectos propuestos Geología y Geotécnica, Geomorfología, Suelos, Dinámica litoral, Drenaje, Calidad del Agua, Calidad del Aire, Flora y Fauna, Biota Marina, Paisaje, Economía, Salud (ver anexo 4), dentro de los cuales está incluida la caracterización de un medio marino por si la ubicación de la Planta es cerca de la costa, que sería uno de los lugares más factibles, debido a la recepción del GNL a través de buques metaneros.

## ***2.27 Acciones de producciones más limpias a implementar.***

Es preciso resaltar que, la Producción Más Limpia lleva al ahorro de costos y a mejorar la eficiencia de las operaciones, capacitando así, a las organizaciones y a las empresas para alcanzar sus metas económicas y a la vez mejoran el ambiente. La misma es aplicable a los procesos, productos y a los servicios.

Razones por las cuales la Planta de GNL cubana, no debe quedar exenta de la aplicación de acciones de PML, y más pudiendo comenzar con este proceso desde los inicios de la misma. A continuación se proponen una serie de acciones que pueden ser aplicadas en el Proyecto:

- ✓ Optimización del proceso y ahorro de costos mediante la reducción y el uso eficiente de materias primas en insumos en general.
- ✓ Mejoramiento de la eficiencia operativa una vez construida la Planta.
- ✓ Mejoramiento de la calidad de entrega del gas.
- ✓ Uso y manejo adecuado de la materia prima y del proceso.
- ✓ Realización de análisis o medición del flujo de materiales.
- ✓ Realización de un análisis de flujo de energía, identificando las áreas de mayor consumo.
- ✓ Capacitación del personal que operará la Planta.

- ✓ Mantenimiento preventivo a redes, instalaciones eléctricas y a equipos.
- ✓ Normalizar los trabajos mediante procedimientos documentados.
- ✓ Almacenar de manera adecuada el gas.
- ✓ Implementar un sistema de control de calidad, que permita eliminar los errores en la producción y la prestación de servicios.
- ✓ Almacenar productos químicos compatibles, para evitar las emanaciones del gas y evitar el riesgo.
- ✓ Instalar medidores del flujo de gas.
- ✓ Tener definido un sistema contra el derrame de la materia prima.
- ✓ Tener definida una clasificación de residuos.
- ✓ Crear Sistema de Gestión Ambiental

## 2.28 Conclusiones Parciales.

- ✓ Se debe prestar fundamental atención a la caracterización de la línea base ambiental del lugar donde se radicará la Planta.
- ✓ Se propone la Metodología de Vicente Conesa en una versión simplificada, según los puntos tratados en el presente capítulo.
- ✓ Los principales impactos ambientales en un Proyecto de GNL por fases son:

### Construcción

- ✓ Aumento de los niveles de emisiones de partículas, NOx, CO<sub>2</sub>, SOx.
- ✓ Incremento de los niveles sonoros.
- ✓ Afectaciones de propietarios de las tierras
- ✓ Afectaciones a la estructura geológica.
- ✓ Afectaciones al relieve por variaciones en las formas.
- ✓ Compactación del suelo.
- ✓ Afectaciones al suelo por destrucción directa.
- ✓ Pérdida de la cubierta vegetal.
- ✓ Afectaciones a los cultivos.
- ✓ Desbroce de la vegetación.
- ✓ Aumento de riesgos de incendios.
- ✓ Afectación directa de la fauna.
- ✓ Cambios de la estructura del paisaje.
- ✓ Contaminación del manto freático por encharcamiento en el área.
- ✓ Afectaciones al drenaje y escurrimiento superficial.

### Explotación

- ✓ Contaminación de la vegetación por metales pesados.
- ✓ Aparición de procesos migratorios de la población.
- ✓ Aumento de la circulación de vehículos.
- ✓ Emisiones de gases y partículas.
- ✓ Aumento niveles de ruido.
- ✓ Aumenta el riesgo de accidentes.

## Capítulo 3: Evaluación de Impacto Ambiental.

### 3.1 Metodología seleccionada.

Para la presente investigación, la metodología específica aplicada para la Evaluación de los Impactos Ambientales del Proyecto “Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado”, es una variante simplificada de la propuesta por Vicente Conesa en su libro “Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental”. Que se adapta perfectamente al marco legal existente en el país. Y en la cual se realiza, el estudio de las posibles afectaciones ambientales que puede ocasionar la ejecución del Proyecto, así como la valoración de dichas afectaciones.

El objetivo básico de la EIA es evitar el deterioro del medio ambiente, que puede ser muy costoso de corregir. (Conesa, 2000). Al concluir la investigación se obtendrá una información integrada de los posibles impactos del proyecto sobre el medio ambiente, con toda intención o finalidad de disminuir los efectos que puedan ocasionarse sobre la naturaleza con la realización de la activada humana.

A lo largo de la investigación, se determina la importancia de los impactos sobre el medio ambiente, a partir de 10 criterios principales mediante la siguiente expresión:

- $$IM = \pm(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

|                                    |                           |                            |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>IM:</b> Importancia del impacto | <b>PE:</b> Persistencia   | <b>EF:</b> Efecto          |
| <b>I:</b> Intensidad               | <b>RV:</b> Reversibilidad | <b>PR:</b> Periodicidad    |
| <b>EX:</b> Extensión               | <b>SI:</b> Sinergia       | <b>MC:</b> Recuperabilidad |
| <b>MO:</b> Momento                 | <b>AC:</b> Acumulación    |                            |

Tabla # 6: Criterios de importancia de impacto.



Se debe tener en cuenta que, el signo del impacto, permite determinar si son beneficiosas (+) o perjudiciales (-), las acciones que han de ser acometidas sobre los factores ambientales. A continuación se explican cada uno de los criterios:

Importancia del impacto (IM): es la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental, no puede confundirse con la importancia del factor ambiental impactado. La importancia del impacto viene representada por un número, que se deduce o calcula a través de la siguiente tabla en función del valor que se le asigne a los símbolos considerados.

| CI  | Carácter del Impacto                                                                  | (+) Positivo, (-) Negativo                                                                                                                                |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I   | Intensidad del impacto<br>(Grado de afectación).                                      | 1 Baja<br>2 Media<br>4 Alta<br>8 Muy alta<br>+4 Total                                                                                                     |
| EX  | Extensión del impacto<br>(Área del proyecto afectada).                                | 1 Puntual<br>2 Parcial<br>4 Extenso<br>8 Total<br>+4 Crítico                                                                                              |
| SI  | Sinergia<br>(Reforzamiento de dos o más efectos simples).                             | 1 Sin Sinergismo<br>2 Sinérgico<br>4 Muy Sinérgico                                                                                                        |
| PE  | Persistencia<br>(Permanencia del efecto).                                             | 1 Fugaz (menor de 1 año)<br>2 Temporal (de 1 a 10 años)<br>4 Permanente (mayor de 10 años)                                                                |
| EF  | Efecto<br>(Relación Causa – Efecto)                                                   | 1 Indirecto (secundario)<br>4 Directo (causa directa del mismo proyecto)                                                                                  |
| MO  | Momento del impacto<br>(Plazo de manifestación).                                      | 1 Largo plazo (mayor de 5 años)<br>2 Mediano plazo (de 1 a 5 años)<br>4 Corto plazo (menor de 1 año)<br>+4 Crítico                                        |
| AC  | Acumulación, (Incremento progresivo).                                                 | 1 Simple, 4 Acumulativo                                                                                                                                   |
| MC  | Recuperabilidad<br>(Aplicación de medidas correctoras, protectoras y de recuperación) | 1 Recuperable de inmediato<br>2 Recuperable a mediano plazo<br>4 Mitigable<br>8 Irrecuperable                                                             |
| RV  | Reversibilidad (Regreso a las condiciones iniciales por medios naturales).            | 1 Corto plazo<br>2 Mediano plazo (de 1 a 10 años)<br>4 Irreversible (mayor de 10 años)                                                                    |
| PR  | Periodicidad<br>(Regularidad de manifestación del efecto).                            | 1 Irregular<br>2 Periódica<br>3 Continua                                                                                                                  |
| IM  | Importancia del efecto<br>(Valoración cuantitativa del impacto)                       | $IM = \pm [3(I)+2(EX)+SI+PE+EF+MO+AC+MC+RV+PR]$<br>Compatible $IM \leq 25$<br>Moderado $25 < IM \leq 50$<br>Severo $50 < IM \leq 75$<br>Crítico $IM > 75$ |
| CLI | Clasificación del impacto                                                             | CO Compatible, M Moderado, S Severo, C Crítico                                                                                                            |

Tabla # 7: Importancia del impacto.

La importancia del impacto puede tomar valores desde 13 a 100 como se puede observar en la tabla anterior. Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes. Los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50. Finalmente, los impactos se consideran severos cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando ésta rebase los 75 puntos.

Intensidad (I): se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El valor puede fluctuar en un rango del 1 al 12, considerándose 1 la afectación mínima y 12 la destrucción total del factor en el área, los valores que oscilan entre estos dos números representan situaciones intermedias.

Extensión (EX): área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. En consecuencia con la localización del área, será la clasificación en los siguientes valores:

- ✓ 1-efecto muy localizado.
- ✓ 2- impacto parcial.
- ✓ 4- extenso.
- ✓ 8- si no advierte el efecto una ubicación precisa en el área del proyecto.

En el caso que el efecto sea puntual y se produzca en una zona crítica, se le asignara un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía y en caso de que el riesgo sea demasiado peligroso, a tal punto que no se puedan proponer medidas de mitigación, se debe buscar otra alternativa para el proyecto.

Momento (MO): el plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto, sobre el factor del medio considerado. Por ende cuando el tiempo sea nulo el momento será Inmediato, inferior a un año Corto Plazo, (a ambos casos se les debe asignar un valor igual a 4). Si el periodo de tiempo va de 1 a 5 años el momento será Medio Plazo con un valor de 2, y si el efecto tarda más de 5 años, entonces el momento será de Largo Plazo con un valor de 1. Si alguna

circunstancia hiciese crítico el momento del impacto, se debe atribuirle al valor cuatro unidades por encima.

Persistencia (PE): es el tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual, el factor afectado volvería a sus condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o por medidas correctoras.

| Permanencia del efecto en años | Tipo de efecto | Valor |
|--------------------------------|----------------|-------|
| Menos de un año                | Fugaz          | 1     |
| Entre 1 y 10                   | Temporal       | 2     |
| Mayor que 10                   | Permanente     | 4     |

Tabla # 8: Persistencia.

La persistencia, es independiente de la reversibilidad, un efecto permanente puede ser reversible o irreversible. Un efecto irreversible puede simular una persistencia temporal. Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles o recuperables, mientras que los permanentes pueden ser reversibles o irreversibles y recuperables o irrecuperables.

Reversibilidad (RV): es la posibilidad de la reconstrucción del valor afectado, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, previas a la acción. Si es a Corto Plazo el valor será 1, a Mediano Plazo 2, y, si es irreversible se le asigna un valor de 4. (Los intervalos en el tiempo son iguales a los de la persistencia).

Recuperabilidad (MC): es la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado (introducción de medidas correctoras). Si el efecto es recuperable inmediatamente o a mediano plazo se le otorgará un valor de 1 o 2 respectivamente, si es parcialmente recuperable tendrá un valor de 4 y si es irrecuperable tendrá un valor de 8, pero si se pudiesen introducir medidas correctoras entonces tendrá un valor de 4.

Sinergia (SI): contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, la componente total de la manifestación de los efectos simples provocados por acciones simultaneas es superior a cuando las acciones son provocadas de forma independiente. Cuando una acción actuando sobre un factor no es

sinérgica con otras acciones el atributo toma un valor 1, si presentan sinergismo moderado el valor es 2 y si son altamente sinérgicos el valor es 4.

Acumulación (AC): incremento progresivo de la acumulación del efecto, cuando persiste de forma continuada la acción que lo genera. Cuando una acción no posee efectos acumulativos (acumulación simple) toma valor 1, y si el efecto es acumulativo el valor incrementa a 4.

Efecto (EF): la forma de manifestación del efecto sobre el factor como consecuencia del factor. El efecto puede ser directo o primario e indirecto o secundario, en el primer caso toma valor 4 y en el segundo caso toma valor 1.

Periodicidad (PR): la regularidad de manifestación del efecto, sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante (efecto continuo). Adquiriendo valores de 2, 1 y 4 respectivamente.

### 3.2 Generalidades.

Dentro de las Evaluaciones de Impacto Ambiental, uno de los puntos más relevantes es la identificación de las acciones impactantes sobre el medio ambiente, resultantes de la ejecución del Proyecto. Esta es una de las tareas más complejas, debido a que realización del Proyecto, implica una serie de pasos y actividades previas, sin las cuales no podrá realizarse una adecuada identificación de dichas acciones impactantes; estas actividades básicamente pueden resumirse dentro de los siguientes puntos:

- ✓ Conocer el proyecto (Descripción).
- ✓ Conocer el ambiente o entorno donde se desarrollará el proyecto (Línea Base).
- ✓ Determinar las interacciones entre ambos

Sin el desarrollo y conocimiento de cada uno de los puntos señalados anteriormente, no es posible identificar o definir las acciones impactantes ambientales, porque, esta actividad se desarrolla en dos líneas paralelas, una que analiza el Proyecto y que desemboca en la identificación de acciones

susceptibles a generar impactos significativos y otra que analiza el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones.

Ambas líneas confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de los efectos potenciales mediante la búsqueda de relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores.

Cabe señalar, que aunque la palabra “impacto” ha adquirido un significado de negatividad entre los individuos con limitada experiencia en los procesos de evaluación; los impactos son meras consecuencias de acciones propuestas. Estas consecuencias pueden ser por sí mismas adversas o benéficas, significativas o no significativas.

De este modo, la identificación de impactos no solo está encaminada a determinar aquellos efectos perjudiciales resultantes de la ejecución del Proyecto, sino; también aquellos que resultarán benéficos para el entorno, entendiendo como parte de éste a la población y sus interacciones socioeconómicas.

### *3.3 Identificación y análisis de los impactos.*

El Proyecto “Planta Regasificadora de GNL”, por sus características, requiere de una EIA que permita determinar, predecir, comunicar y vigilar los posibles efectos que la construcción y explotación de la Planta puede provocar sobre el medio ambiente. A partir de este estudio, se facilita la toma de decisiones respectivas a cada uno de los daños identificados, definir las medidas posibles que eliminen, mitiguen o reduzcan los efectos negativos que provoque el proyecto y elaborar un programa de vigilancia que contribuya a regular la utilización de los recursos naturales.

En Cuba, no existe experiencia o evidencia de construcción de una instalación de GNL a presión atmosférica o de semejanza a esta, razón por la cual no existe norma que regule las zonas de seguridad, la cual a entender del autor de la presente investigación debe ser confeccionada y aprobada por las autoridades pertinentes. No obstante, tomando como fundamento la práctica

internacional y las particularidades de la Planta a construir, se puede asumir conservadoramente un radio de seguridad de 3 km.

En el presente Capítulo se realiza la identificación y evaluación de los impactos ambientales de la Planta Regasificadora de GNL. Y basándose en lo definido por Vicente Conesa, para cada tipo de proyecto existen acciones que impactan sobre los factores del medio ambiente, razón por la cual se procede a identificar los factores impactados y las acciones impactantes para el caso que nos ocupa.

### 3.3.1 Factores impactados.

| <i>Medio</i>    | <i>Componente</i> | <i>Factores</i>            | <i>Indicador de Evaluación</i>                                                            |
|-----------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abiótico        | Suelo             | Geología y Geomorfología   | Superficie alterada en su morfología original. Alteraciones de la dinámica.               |
|                 | Aire              | Calidad de Aire            | Superficie afectada por la emisión de gases contaminantes.                                |
|                 |                   | Ruidos                     | Superficie afectada por un nivel de presión de sonora superior a 50 Db <sup>29</sup>      |
|                 | Agua              | Calidad de Agua            | Alteración de las características físico-químicas y/o biológicas de las aguas.            |
|                 |                   | Hidrología e Hidrogeología | Grado de alteración del caudal y curso de las aguas.                                      |
| Biótico         | Flora             | Plantas                    | Superficie afectada. Número de especies alteradas.                                        |
|                 | Fauna             | Animales                   | Poblaciones afectadas y número de especies alteradas.                                     |
| Socio-Económico | Social            | Salud y seguridad          | Probabilidad de accidentes, número de población afectada por la ocurrencia de accidentes. |
|                 | Económico         | Generación de empleos      | Población beneficiada con puestos de trabajo.                                             |
|                 | Cultural          | Paisajes                   | Superficies de valor estético afectadas por la obra.                                      |
|                 |                   | Arqueológico               | Valores culturales afectados, alteraciones a restos arqueológicos.                        |

Tabla # 9: Factores impactados.

<sup>29</sup> Decibeles

### 3.3.2 Acciones impactantes.

| <i>Etapa</i>        | <i>Acciones Impactantes</i>                                |
|---------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Construcción</b> | Movimiento de tierra                                       |
|                     | Transporte, carga y descarga de materiales de construcción |
|                     | Nivelación y limpieza de terreno                           |
|                     | Traslado y montaje de equipo                               |
|                     | Construcción de campamentos temporales                     |
|                     | Construcción de acceso                                     |
|                     | Manejo de residuos                                         |
|                     | Construcción y pavimentación de calles                     |
|                     | Aumento tráfico rodado                                     |
|                     | Obras civiles de la planta                                 |
| <b>Explotación</b>  | Conservación y mantenimiento de las instalaciones          |
|                     | Explotación de la vía                                      |
|                     | Aumento tráfico rodado                                     |
|                     | Manejo de residuos                                         |
|                     | Aumento de velocidad de los vehículos                      |

Tabla # 10: Acciones impactantes.

### 3.4 Identificación de los impactos.

Con el análisis de la interacción entre las acciones del proyecto y los factores ambientales de su medio circundante, se han logrado identificar los impactos ambientales.

En este proceso, se van estableciendo las modificaciones del medio natural que pueden ser atribuibles a la realización del Proyecto, lo que permite seleccionar aquellos impactos que por su magnitud e importancia requieren ser evaluados con mayor detalle posteriormente. Y al unísono, se va determinando la capacidad de asimilación del medio, por los posibles cambios que se generan con la ejecución del Proyecto.

A continuación se muestran las matrices de identificación de impactos ambientales para las fases de construcción y explotación de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado.

### 3.4.1 Matriz de identificación de impactos fase de construcción.

| <i>Medio</i>    | <i>Componente</i> | <div> <div><i>Acciones Impactantes</i></div> <div><i>Factores Ambientales</i></div> </div> |   | Movimiento de tierra. | Transporte, carga y descarga de materiales de construcción | Nivelación y limpieza de terreno. | Traslado y montaje de equipo | Construcción de campamentos temporales | Construcción de accesos | Manejo de residuos | Construcción y pavimentación de calles | Aumento tráfico rodado | Obras civiles de la planta |
|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------|----------------------------|
|                 |                   |                                                                                            |   |                       |                                                            |                                   |                              |                                        |                         |                    |                                        |                        |                            |
| Abiótico        | Suelo             | Geología y Geomorfología                                                                   | x | x                     | x                                                          | x                                 | x                            | x                                      | x                       |                    | x                                      |                        |                            |
|                 | Aire              | Calidad de Aire                                                                            | x | x                     | x                                                          | x                                 | x                            | x                                      | x                       | x                  | x                                      | x                      | x                          |
|                 |                   | Ruidos                                                                                     | x | x                     |                                                            | x                                 | x                            | x                                      | x                       | x                  | x                                      | x                      | x                          |
|                 | Agua              | Calidad de Agua                                                                            | x |                       |                                                            |                                   |                              |                                        |                         |                    |                                        |                        |                            |
|                 |                   | Hidrología e Hidrogeología                                                                 | x |                       |                                                            |                                   |                              |                                        |                         |                    |                                        |                        |                            |
| Biótico         | Flora             | Plantas                                                                                    | x | x                     | x                                                          | x                                 | x                            | x                                      | x                       | x                  | x                                      |                        |                            |
|                 | Fauna             | Animales                                                                                   | x | x                     | x                                                          | x                                 | x                            | x                                      | x                       | x                  | x                                      |                        |                            |
| Socio-Económico | Social            | Salud y seguridad                                                                          | x | x                     | x                                                          | x                                 |                              |                                        | x                       | x                  |                                        | x                      |                            |
|                 | Económico         | Generación de empleos                                                                      | x | x                     | x                                                          | x                                 | x                            | x                                      | x                       | x                  | x                                      | x                      | x                          |
|                 | Cultural          | Paisajes                                                                                   | x | x                     |                                                            | x                                 | x                            | x                                      |                         |                    | x                                      |                        |                            |
|                 |                   | Arqueológico                                                                               | x |                       |                                                            |                                   |                              |                                        |                         |                    |                                        |                        |                            |

Tabla # 11: Matriz de impactos fase de construcción.



### 3.4.1 Matriz de identificación de impactos fase de explotación.

| <i>Medio</i>    | <i>Componente</i> | <i>Acciones Impactantes</i> | Conservación y<br>Mantenimiento de las<br>instalaciones. | Explotación de la vía | Aumento trafico rodado | Manejo de residuos | Aumento de la<br>velocidad de los<br>vehículos. |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------------------|
|                 |                   | <i>Factores Ambientales</i> |                                                          |                       |                        |                    |                                                 |
| Abiótico        | Suelo             | Geología y Geomorfología    |                                                          |                       | x                      |                    |                                                 |
|                 | Aire              | Calidad de Aire             | x                                                        | x                     | x                      | x                  | x                                               |
|                 |                   | Ruidos                      | x                                                        | x                     | x                      | x                  | x                                               |
|                 | Agua              | Calidad de Agua             |                                                          |                       |                        |                    |                                                 |
|                 |                   | Hidrología e Hidrogeología  |                                                          |                       |                        |                    |                                                 |
| Biótico         | Flora             | Plantas                     |                                                          | x                     | x                      |                    | x                                               |
|                 | Fauna             | Animales                    |                                                          | x                     | x                      |                    | x                                               |
| Socio-Económico | Social            | Salud y seguridad           | x                                                        |                       | x                      | x                  | x                                               |
|                 | Económico         | Generación de empleos       | x                                                        |                       |                        |                    |                                                 |
|                 | Cultural          | Paisajes                    |                                                          | x                     |                        |                    | x                                               |
|                 |                   | Arqueológico                |                                                          |                       |                        |                    |                                                 |

Tabla # 12: Matriz de impactos fase de explotación.

### Fase de Construcción

La Matriz obtenida para la etapa de construcción (Tabla # 9), presenta 11 factores ambientales factibles de impactar (filas); así como 10 acciones impactantes sobre el medio ambiente y la salud (columnas). Relacionando las 110 (11x10) posibles interacciones causa-efecto, se ha encontrado que las que son factibles de ocurrir, son solamente 68.

### Fase de Explotación

La Matriz obtenida para la etapa de explotación (Tabla # 10), presenta 11 factores ambientales factibles de impactar (filas); así como 5 acciones impactantes sobre el medio ambiente y la salud (columnas). Relacionando las 55 (11x5) posibles interacciones causa-efecto, se ha encontrado que las que son factibles de ocurrir, son solamente 24.

Los factores ambientales con mayor nivel de afectación negativa son la salud y seguridad de los trabajadores, la calidad del aire, la geología y geomorfología, las plantas, los animales, las actividades con mayor potencial de afectación son el movimiento de tierra, la construcción de accesos, la construcción de pavimentación y calles, el traslado y montaje de equipo, y el aumento de tráfico rodado; por lo que el plan de medidas debe hacer hincapié en dichos aspectos.

Por otro lado hay un moderado impacto positivo por generación de empleo debido a la contratación de maquinaria, personal y servicios.

### 3.5 Matriz de valoración de impactos.

| ETAPA        | IMPACTO   | CRITERIOS DE VALORACIÓN  |   |    |    |                         |    |    |    |    |   |   |    |                         |     |     |     |
|--------------|-----------|--------------------------|---|----|----|-------------------------|----|----|----|----|---|---|----|-------------------------|-----|-----|-----|
|              |           | S                        | I | EX | PE | EF                      | MO | RV | MC | SI | O | L | AC | PD                      | IM  | CLI | CLI |
| CONSTRUCCION | <u>1</u>  | 1                        | 2 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 4  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -26 | 25  | M   |
|              | <u>2</u>  | -1                       | 2 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -24 | 23  | M   |
|              | <u>3</u>  | -1                       | 1 | 1  | 2  | 4                       | 1  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -14 | 13  | C   |
|              | <u>4</u>  | -1                       | 1 | 1  | 2  | 4                       | 4  | 4  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -19 | 18  | C   |
|              | <u>5</u>  | 1                        | 1 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 4  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -23 | 22  | M   |
|              | <u>6</u>  | -1                       | 2 | 1  | 2  | 4                       | 4  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -19 | 18  | C   |
|              | <u>7</u>  | -1                       | 2 | 4  | 4  | 4                       | 4  | 4  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -30 | 29  | M   |
|              | <u>8</u>  | -1                       | 2 | 4  | 4  | 4                       | 4  | 4  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -30 | 29  | M   |
|              | <u>9</u>  | 1                        | 2 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -24 | 23  | M   |
|              | <u>10</u> | -1                       | 8 | 4  | 4  | 4                       | 4  | 4  | 4  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -52 | 51  | S   |
|              | <u>11</u> | -1                       | 2 | 2  | 2  | 4                       | 2  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -20 | 19  | C   |
|              | <u>12</u> | -1                       | 3 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -26 | 25  | M   |
|              | <u>13</u> | -1                       | 1 | 1  | 1  | 4                       | 2  | 2  | 1  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -15 | 14  | C   |
|              | <u>14</u> | -1                       | 2 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -24 | 23  | M   |
| EXPLOTACION  | <u>15</u> | -1                       | 1 | 2  | 2  | 4                       | 2  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -16 | 15  | C   |
|              | <u>16</u> | -1                       | 3 | 4  | 4  | 4                       | 5  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -31 | 30  | M   |
|              | <u>17</u> | 1                        | 2 | 2  | 1  | 4                       | 4  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -20 | 19  | C   |
|              | <u>18</u> | -1                       | 2 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -24 | 23  | M   |
|              | <u>19</u> | -1                       | 2 | 2  | 4  | 4                       | 2  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -22 | 21  | M   |
|              | <u>20</u> | -1                       | 2 | 2  | 4  | 4                       | 4  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -24 | 23  | M   |
|              | <u>21</u> | 1                        | 2 | 2  | 4  | 4                       | 2  | 2  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0                       | -22 | 21  | M   |
| Leyenda      |           | Compatible ( C ) (IM<25) |   |    |    | Moderado (M) (25<IM<50) |    |    |    |    |   |   |    | Severo ( S ) (50<IM<75) |     |     |     |

Tabla # 13: Matriz de valoración de impactos.



|                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|----------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
|                                        | 18 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Traslado y montaje de equipo           | 18 | 25 | 23 |    |    | 29 | 19 | 21 | 23 | 14 |    |  |
|                                        | 22 | 21 | 23 |    |    | 25 |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 18 |    | 23 |    |    | 30 |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Construcción de campamentos temporales | 18 | 25 | 23 | 23 | 15 | 29 | 19 | 19 | 23 | 14 |    |  |
|                                        | 22 | 23 | 23 |    |    | 25 |    | 21 |    |    |    |  |
|                                        | 18 | 21 | 23 |    |    | 30 |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Construcción de acceso                 | 13 | 25 | 23 | 23 | 15 | 51 | 19 | 19 | 23 | 14 | 18 |  |
|                                        | 18 | 19 | 23 |    |    | 29 |    | 21 |    |    | 22 |  |
|                                        | 22 | 23 |    |    |    | 25 |    | 21 |    |    | 18 |  |
|                                        | 18 | 21 |    |    |    | 30 |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Manejo de residuos                     | 18 | 25 | 23 | 23 | 15 | 29 | 19 | 19 | 23 | 14 |    |  |
|                                        | 22 | 19 | 23 |    |    | 51 |    | 23 |    |    |    |  |
|                                        | 18 | 23 | 23 |    |    | 25 |    | 21 |    |    |    |  |
|                                        | 13 | 21 |    |    |    | 30 |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|                                        | 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Construcción y pavimentación de calles | 18 | 25 | 23 | 23 | 15 | 29 | 19 | 19 | 23 | 14 |    |  |

|                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |     |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|-----|
|                                                   | 22 | 21 | 23 |    |    | 23 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   | 18 | 23 | 23 |    |    | 51 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   | 29 |    |    |    |    | 25 |    |    |    |    |  |     |
|                                                   | 23 |    |    |    |    | 30 |    |    |    |    |  |     |
|                                                   | 51 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |     |
| Aumento tráfico rodado                            | 18 | 25 | 23 |    |    | 29 | 19 | 19 | 23 | 14 |  | 511 |
|                                                   | 29 | 23 | 23 |    |    | 23 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   | 51 | 21 | 23 |    |    | 51 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   |    |    |    |    |    | 25 |    |    |    |    |  |     |
|                                                   |    |    |    |    |    | 30 |    |    |    |    |  |     |
| Obras civiles de la planta                        | 13 | 25 | 23 | 23 | 15 | 29 | 25 | 19 | 23 | 14 |  | 627 |
|                                                   | 18 | 23 | 23 |    |    | 23 | 19 | 21 |    |    |  |     |
|                                                   | 22 | 21 | 23 |    |    | 51 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   | 18 |    |    |    |    | 25 |    |    |    |    |  |     |
|                                                   | 29 |    |    |    |    | 30 |    |    |    |    |  |     |
|                                                   | 51 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |     |
| Conservación y mantenimiento de las instalaciones |    | 25 | 23 |    |    | 25 |    | 21 | 23 | 14 |  | 205 |
|                                                   |    | 21 | 23 |    |    | 30 |    |    |    |    |  |     |
| Explotación de la vía                             |    | 25 | 23 |    |    | 19 | 19 | 19 | 23 |    |  | 290 |
|                                                   |    | 21 | 23 |    |    | 30 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   |    | 23 | 23 |    |    |    |    | 21 |    |    |  |     |
| Aumento tráfico rodado                            | 18 | 25 | 23 |    |    | 29 | 19 | 19 | 23 | 14 |  | 511 |
|                                                   | 29 | 23 | 23 |    |    | 23 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   | 51 | 21 | 23 |    |    | 51 |    | 21 |    |    |  |     |
|                                                   |    |    |    |    |    | 25 |    |    |    |    |  |     |
|                                                   |    |    |    |    |    | 30 |    |    |    |    |  |     |

|                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |      |
|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|------|
| Manejo de residuos                    | 13 | 25 | 23 | 23 | 15 | 29 | 19 | 19 | 23 | 14 |  | 572  |
|                                       | 18 | 19 | 23 |    |    | 51 |    | 23 |    |    |  |      |
|                                       | 22 | 23 | 23 |    |    | 25 |    | 21 |    |    |  |      |
|                                       | 18 | 21 |    |    |    | 30 |    |    |    |    |  |      |
|                                       | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |      |
|                                       | 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |      |
| Aumento de velocidad de los vehículos |    | 25 | 23 |    |    |    |    | 21 |    |    |  | 134  |
|                                       |    | 21 | 23 |    |    |    |    | 21 |    |    |  |      |
| Total                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  | 6803 |

Tabla # 14: Matriz de evaluación de impactos.

### *3.7 Valoración de impactos.*

En la matriz de valoración se muestran los impactos de las diferentes acciones sobre los factores del medio ambiente, compatibles, moderados, o severos, en dependencia del valor que estos alcancen. Nótese como la mayoría de los impactos solo adquieren valores entre compatibles y moderados, siendo solo uno de carácter severo, el desbroce de la vegetación.

Por otro lado la matriz de evaluación de impactos, determina la importancia de los impactos sobre el medio ambiente, siendo los de mayor impacto: el movimiento de tierra, el manejo de residuos en ambas fases, la construcción y pavimentación de calles, y las obras civiles de la Planta.

#### Movimiento de tierra

El movimiento de tierra desarrollado para la preparación de la construcción de la Planta incluye esencialmente el desbroce de la vegetación, y la preparación del terreno, lo que traerá como consecuencia grandes cambios en la geología y la geomorfología, cambios en el relieve, en el paisaje del lugar, emisiones de partículas, se genera un incremento de los niveles de ruido, así como afectaciones a los escurrimientos de las aguas y contaminación de las mismas. Por otro lado se afecta en gran medida a la población de animales que puedan existir en lugar (siempre se debe tener en cuenta las especies afectadas haciendo énfasis en el estado en que se encuentra la población).

#### Construcción y pavimentación de calles

La construcción y pavimentación de calles, genera movimiento de tierra para la preparación de la construcción de las vías de la Planta, incluye desbroce de vegetación, y la preparación del terreno, lo que traerá como consecuencia grandes cambios en la geología y la geomorfología, cambios en el relieve, en el paisaje del lugar, emisiones de partículas, se genera un incremento de los niveles de ruido, así como afectaciones a los escurrimientos de las aguas y contaminación de las mismas. También se generará un impacto en el aire por la emisión de polvo, e impacto en el suelo, con la afectación sobre la



vegetación existente, así como posibles accidentes de quienes trabajan en la construcción y pavimentación de las vías por causas de maniobras con las maquinarias destinadas a la actividad.

Obras civiles de la planta:

La construcción de las obras civiles incluye básicamente, la preparación de los fondos, colocación de encofrados y mallas, vaciado y curado del concreto y retiro de encofrados; asimismo construcción de pisos, vigas, columnas, paredes y techos de edificio y sus acabados.

El impacto de dichas obras está relacionado mayormente con emisiones de ruido de maquinaria (concretera, apisonadoras, rodillos), así como posibles accidentes personales de quienes trabajan en las excavaciones por causas de derrumbamientos en las maniobras de encofrados y vaciados de concreto; asimismo accidentes por caídas, golpes, contusiones en trabajos en altura (techos, paredes). Los accidentes son posibles sino se observan las medidas de seguridad para contratistas.

La habilitación del terreno para la colocación de postes y torres, implica remoción de suelo y roca, generación de polvo, erosión, así como restos de rocas. Como consecuencia de esta actividad, se generará un impacto en el aire por la emisión de polvo, e impacto en el suelo, con la afectación principalmente sobre la vegetación existente en las áreas próximas a la zona de trabajo.

Manejo de residuos

Construcción

El manejo de los residuos que se generen en la preparación del terreno y en la instalación del Proyecto produce impactos si no se manejan adecuadamente, tales como:

- ✓ *En el almacenamiento:* contaminación del suelo si se ponen en contacto con suelo desnudo.

- ✓ *En el transporte de tierra y otros residuos:* emisiones de polvo del material transportado; emisiones de escape de los vehículos de transporte emisiones de ruido.
- ✓ *En la disposición:* contaminación del suelo si no se dispusiere adecuadamente en un relleno sanitario.

Los residuos de tierra y concreto no se consideran peligrosos si no están contaminados con hidrocarburos al retirarlos. Y se debe tener cuidado en disponer adecuadamente de los residuos de tipo peligroso como restos de solventes y pinturas, baterías, latas de productos químicos, usados en la construcción.

#### Explotación

Se tiene que tener especial cuidado en disponer adecuadamente algunos residuos de tipo peligroso como restos de solventes y pinturas, baterías, latas de productos químicos, usados en la reparación y mantenimiento. Otros residuos como chatarra, madera, papeles, cartones, y plásticos, tendrán un potencial de contaminación nulo, que incluso podrían reciclarse.

### *3.8 Descripción de los impactos.*

Sin reparar en magnitud o costo, toda obra constructiva, conlleva impactos sobre el medio ambiente; en el caso que ocupa, el territorio seleccionado para llevar a cabo la construcción del Proyecto Planta Regasificadora de GNL, no se encuentra definido aún, razones por las que nos se pueden determinar o definir las características generales de la vegetación específica de la zona en la que se emplazará el Proyecto.

Pero se tiene certeza de que la obra requiere el sacrificio de aproximadamente 23,3 hectáreas del entorno, sobre el que desarrollaran impactos ambientales significativos.

En la matriz de valoración de los impactos aparecen los principales, teniéndose: 1 impacto severo, 13 moderados y 7 compatibles.

### ***3.8.1 Geología y geomorfología.***

Fueron identificadas acciones del Proyecto que impactan sobre la Geología y la Geomorfología, las que producen modificaciones del estado del suelo al producirse alteraciones de su estado natural. Los impactos sobre la geología que más destacan son, el movimiento de tierra, que clasifica como Moderado, pues se tendrán que nivelar aproximadamente 23.3 hectáreas de un terreno.

La geomorfología del territorio, se verá alterado fundamentalmente el relieve. Se considera que este constituye uno de los factores del medio con mayor afectación directa en la etapa constructiva, pues el relieve será transformado con la conformación de dos terrazas tecnológicas donde se emplazarán los tanques y para el resto de la infraestructura, conllevando labores de excavaciones y nivelaciones del terreno de envergaduras.

### ***3.8.2 Calidad de aire.***

Fundamentalmente, la calidad del aire en el terreno escogido para el desarrollo del Proyecto, se verá afectada en el proceso constructivo por la emisión de polvo durante la ejecución de las obras, sus efectos actúan a mediano plazo y una vez terminada la obra deja de incidir sobre este factor del medio ambiental.

Se debe tener en cuenta que la emisión de polvo depende del peso de las partículas y las condiciones ambientales, las mismas, pueden ser transportadas a grandes distancias y afectar áreas aledañas.

### ***3.8.3 Ruido.***

Actúa también negativamente la generación de ruidos los cuales pueden alcanzar un radio de acción que sobrepase los límites de la obra, los equipos que se usarán durante la fase de construcción dan como resultado un incremento en el nivel del ruido en las proximidades del Proyecto. Las acciones generadoras de ruido son: el movimiento de tierra, la manipulación de los materiales extraídos, la operación de los equipos y de los vehículos de transporte de herramientas y de personal. La magnitud del ruido de los equipos

y el impacto de éstos depende del tipo de actividad, del nivel del ruido generado por los diversos componentes de los equipos, la duración de la actividad, la distancia entre la actividad y los receptores al ruido y si la topografía y las características del terreno brindan algún tipo de protección natural.

#### ***3.8.4 Calidad de agua.***

La calidad del agua se ve afectada por la nivelación del terreno, el movimiento de tierra y la construcción de obras, viales lo que puede provocar la contaminación del manto freático por los encharcamientos en el área.

#### ***3.8.5 Hidrología e hidrogeología.***

La hidrología e hidrogeología, se ve afectada por la afectaciones al drenaje y escurrimiento superficial. Lo que clasifica como compatible, por la recuperabilidad de las mismas a corto plazo.

#### ***3.8.6 Plantas.***

El desmonte de la superficie del territorio donde se construirá la Planta Regasificadora, representa una acción impactante de envergadura sobre el entorno natural, pues como resultado de la tala y desbroce de la vegetación diferentes factores del medio sufren daños. En las 23,3 hectáreas se impactará en principio todo el medio biótico pues al desmontar toda la vegetación se altera totalmente el hábitat de plantas. Quedando identificado los siguientes factores impactantes, desbroce de la vegetación, afectaciones a los cultivos, destrucción directa de la vegetación, aumentos de los riesgos de incendios, afectación directa de la fauna.

#### ***3.8.7 Animales.***

El desmantelamiento del área donde se construirá el Proyecto, representa una acción impactante sobre el entorno natural, la tala de la vegetación proporciona daños al medio biótico, pues se altera totalmente el hábitat de los animales del

lugar. Esta negativa actuación desde la óptica ambiental resulta indispensable para el Proyecto, cuya importancia para la economía nacional es conocida.

### *3.8.8 Salud y seguridad.*

Durante la etapa de construcción uno de los parámetros sociales que se verá afectado es la salud y seguridad tanto de la población que se pueda encontrar dentro o cerca del área de influencia del Proyecto, como de los trabajadores y personal que participará en el desarrollo de las diversas actividades constructivas.

De este modo, durante la etapa constructiva, la salud de los trabajadores de la obra y pobladores de la zona puede verse afectada por la emisión de polvaredas, humos y polvos por la maquinaria y equipos; así como por el riesgo de accidentes laborales, típicos de este tipo de actividades.

En cuanto a la emisión de polvaredas y polvos, éstos serán producto de las actividades constructivas en sí, como lo son el movimiento de tierras, que ocasionará el levantamiento de partículas, pudiendo ser transportadas, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona donde se desarrolla el Proyecto; por lo que se debe hacer énfasis en que las partículas menores a 10 micras son respirables, es decir que ingresan al sistema respiratorio ocasionando daños en la salud.

Se estima que los efectos en la salud por la contribución de carga de contaminantes en cuanto a partículas en suspensión, serán moderados, siendo los trabajadores que estarán más expuestos a este tipo de impacto.

Adicionalmente, debe indicarse que las maquinarias y equipo pesado requeridos para el desarrollo de las actividades constructivas, constituyen puntos de emisión de gases de combustión, los cuales a su vez poseen efectos en la salud de la población así como en los ecosistemas expuestos, el grado de afectación esta relacionado con el grado de emisión y con la eficiencia de combustión de la maquinaria, año de antigüedad.

Se espera que el agrado de afectación en la salud de la población sea de mediana a poca significancia

Por otro lado los potenciales impactos a la salud de la población están relacionados también con el manejo de los residuos sólidos como de efluentes líquidos. Durante la etapa constructiva, se instalarán campamentos temporales donde se deben diseñar las medidas para el manejo de residuos.

### ***3.8.9 Generación de empleos.***

Durante la fase de construcción, se generará una demanda y expectativa de empleo de diversa índole: operarios, técnicos, choferes, ingenieros; la mayor parte de los operarios y empleados pueden ser de la zona, lo cual impactará favorablemente sobre el aspecto económico de la zona de influencia. Uno de los impactos más importantes de la Planta se relaciona con la afluencia de trabajadores durante el período de construcción.

También en la fase de explotación se generan empleos lo cual resultará en un impacto positivo en el aspecto socioeconómico de la población de la zona. Tanto de forma temporal por los servicios que se requerirá para el futuro mantenimiento de la Planta, como para la plantilla que operará la misma.

Por tanto, es evidente que existe potencial para generar un impacto positivo en los núcleos familiares y con ello en la estructura socioeconómica existente, pudiendo producirse una condición de "crecimiento rápido" o desarrollo inducido aunque muy localizado.

### ***3.8.10 Paisajes.***

Prácticamente la mayor parte de las actuaciones durante la fase constructiva actúan sobre este factor del medio: Desbroce de la vegetación. Aumentos de los riesgos de incendios. Cambios de la estructura del paisaje. Afectación directa de la fauna. En conclusión, el paisaje visual original del área donde se desarrolla la construcción del Proyecto será modificado totalmente y aunque en el período constructivo su efecto será negativo, esta sujeto a cambio, una vez finalizada la obra transformándose en otro tipo de paisaje: el Industrial.

### ***3.8.11 Arqueológico.***

En esencia este factor ambiental se ve afectado por el movimiento de tierra, debido a que el área que sea seleccionada para la construcción de la Planta, puede poseer restos antiguos de valor arqueológico e histórico para el país.

## ***3.9 Impacto global.***

La idea de construir una Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba, emerge del programa “Suministro de Gas Natural para Áreas del Caribe y Centro América” de la Asociación PETROCARIBE dentro del ALBA; con toda intención de mitigar la crisis energética actual y futura mediante diversos programas para el desarrollo de la rama energética en los países del área.

La construcción y explotación en Cuba de dicha Planta Regasificadora permitirá recibir, procesar y distribuir 2.06 MM t/año de gas natural, con el objetivo estratégico de ir transformando la Matriz Energética del país, además de servir de combustible a otras industrias importantes, proporcionando también un creciente desarrollo económico.

No obstante a que durante las fases constructiva y de explotación de la Planta, sucederán impactos ambientales de carácter negativo, algunos clasificados como compatibles, moderados y severos; se puede considerar que la puesta en marcha de esta instalación será altamente beneficiosa para la economía nacional y permitirá, al mismo tiempo ahorrar petróleo y divisa, además de iniciar un proceso de cambio en la matriz energética; por lo que el Impacto Global clasifica como positivo y moderado.

Los principales impactos ambientales identificados podrán ser mitigados a través de acciones de Producción Más Limpia, y las medidas de mitigación que se identifiquen y apliquen; lo que permite establecer un equilibrio entre el desarrollo tecnológico y la conservación del medio ambiente, en el que no se verá frenado el progreso y se podrá apreciar una mejora continua desde varios puntos de vista, dada por la disminución de la sobre-explotación de los recursos naturales y la mitigación de los impactos negativos; que provoca el

desarrollo desordenado, teniendo en cuenta las técnicas modernas de manejo ambiental.

En este sentido, se debe disponer de un seguro Programa de Manejo Ambiental para dar solución a los problemas ambientales, orientando las acciones para lograr la integración de los factores ambientales con las operaciones industriales de la Planta, lo cual trascenderá favorablemente en la economía, en la sociedad y en el medio ambiente, proporcionando un manejo ambiental seguro, lo que es esencial actualidad para alcanzar el desarrollo y la sustentabilidad.

No obstante, se deberá tener muy en cuenta los impactos negativos que se ejercen sobre el medio ambiente durante las fases de construcción, y explotación, de manera que se deben respetar e implementar los Planes de Medidas propuestas en el presente trabajo.

### ***3.10 Medidas preventivas y correctoras.***

El objetivo principal del plan de medidas es prevenir, mitigar o corregir los principales impactos ambientales identificados a lo largo de las fases de construcción y explotación de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado.

En principio las partes responsables en cada fase, inversionista, constructora deberán garantizar el cumplimiento de las medidas y normas establecidas para la protección del medio ambiente dictadas por el CITMA, que se recogen en la Ley No. 81. Las mismas se muestran a continuación:

- ✓ Incorporar y evaluar los requerimientos de la protección del medio ambiente en sus políticas, planes y programas de desarrollo.
- ✓ Establecer los requisitos, procedimientos y otras especificaciones que deban cumplirse en el desarrollo de actividades que originen emisiones o depósitos susceptibles de producir daños al medio ambiente.
- ✓ Propiciar las condiciones técnicas que permitan monitorear los efluentes y emanaciones de las actividades a su cargo.



- ✓ Velar en la esfera de su competencia, por el aprovechamiento, movimiento, tratamiento y deposición final de los desechos generales en los procesos productivos.
- ✓ Proponer y controlar sobre bases científicas el cumplimiento de las normas técnicas requeridas para la protección del medio ambiente en particular las encaminadas a determinar categorías de fuentes de emisiones contaminantes y cuerpos receptores.
- ✓ Adaptar en las esferas de sus respectivas competencias las acciones y medidas necesarias para asegurar la conservación de la diversidad biológica nacional y la utilización sostenible de sus componentes.
- ✓ Proteger y conservar las aguas y ecosistemas acuáticos en condiciones que permitan atender de forma óptima a la diversidad de usos requeridos.
- ✓ Establecer un tratamiento adecuado a todas las sustancias susceptibles de provocar contaminación en bahías o alterar el equilibrio de los ecosistemas.
- ✓ Requerir la autorización del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente para la disposición de residuales en el medio marino.
- ✓ Adoptar medidas tendentes a evitar y corregir las acciones que favorezcan la erosión, salinización y otras formas de degradación o modificación de las características topográficas y geomorfológicas de los suelos.
- ✓ Realizar las prácticas de conservación y rehabilitación que se determinen de acuerdo con las características de los suelos y sus usos actuales y perspectivas.
- ✓ Utilizar prácticas correctas en la generación manejo y tratamientos de desechos industriales que puedan contaminar los suelos.
- ✓ Controlar la contaminación de los suelos y garantizar una adecuada disposición final de los residuos de origen industrial.
- ✓ Prohibir la disposición de desechos industriales en terrenos baldíos sin previa autorización de las autoridades competentes.
- ✓ Prohibición de la reducción de las áreas forestales. Excepcionalmente el Consejo de Ministro podrá autorizar la afectación.
- ✓ Asegurar que la contaminación de la atmósfera no sobrepase los niveles de sustancias extrañas permitidas por las normas establecidas.

- ✓ No modificar en cualquier forma la actividad original concebida y aprobada para garantizar la puesta en marcha de la industria, lo cual deberá ser solicitado por escrito con la información suficiente que permita valorar la afectación del medio ambiente.
- ✓ Contribuir al mantenimiento de las condiciones ambientales naturales y artificiales surgidas en las fases de construcción, explotación y/o remodelación de la industria, que permitan satisfacer las necesidades vitales de los trabajadores y la población cercana.
- ✓ Garantizar el mantenimiento de las superficies exteriores de la industria cumpliendo las exigencias aprobadas en los proyectos que permitan mantener la estética de su entorno.
- ✓ Asegurar que las nuevas tecnologías a emplear no resulten agresivas al medio, utilizando los patrones actuales de desarrollo tecnológico.
- ✓ Garantizar que la autorregulación (toma de medidas sistemáticas por la propia industria), sea un componente importante y permanente de la gestión ambiental.
- ✓ Cumplir las acciones contenidas en los acuerdos multilaterales sobre el Medio Ambiente firmado por Cuba y relacionados con la actividad de Comercio Exterior.
- ✓ Propiciar de forma activa la educación ambiental a través de la participación de toda la fuerza de trabajo empleada.
- ✓ Velar por el uso sostenible del recurso agua, así como asegurar que en toda nueva inversión se utilicen tecnologías para su eficaz consumo y posible reutilización.
- ✓ Asegurar que no se produzcan emisiones de contaminantes a la atmósfera, dadas por la operación de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, buscando reducirlas o controlarlas de manera que se asegure la calidad de la atmósfera, conforme a las normas que la regulan en salvaguarda de la salud humana y el Medio Ambiente.
- ✓ Cumplir con las normas técnicas, prohibiciones, restricciones y requerimientos relativos a los procesos tecnológicos y la importación de tecnologías, en lo referente a la emisión de gases, ruidos y otros factores contaminantes de la atmósfera.

- ✓ Cumplir con la normas técnicas para el establecimiento, operación y mantenimiento de sistemas de monitoreo de calidad del aire y de las fuentes contaminantes.
- ✓ Cumplir las medidas preventivas y correctivas necesarias para casos de contingencia ambiental por contaminación atmosférica.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas de los recursos paisajísticos principalmente en lo que se refiere a las nuevas constricciones, el diseño y la construcción de vías de comunicaciones, líneas de transmisión eléctrica, acueductos y otros objetos.

Acorde a los principios de preservación del medio ambiente y con el objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible, para el inicio de funcionamiento de la Planta Regasificadora de GNL, dada su magnitud e importancia económica, se debe desarrollar un Sistema de Gestión Ambiental orientado a la mejora continua del ambiente, sobre la base de la Norma ISO 14000<sup>30</sup>, norma técnica reconocida en Cuba que constituye un instrumento importante para la transformación de procesos productivos del país.

### *3.11 Medidas generales.*

-  El plan general de la Planta Regasificadora fue sometido a la consulta de expertos en este tipo de instalación y el Proyecto después de un proceso de licitación fue adjudicado para la realización de su primera fase de ingeniería a la Empresa Española Técnicas Reunidas con probada experiencia en proyectos análogos.
-  Se debe cumplir con las Regulaciones y Condicionales expuesta en el Certificado de Microlocalización emitido por el IPF para la inversión Planta Regasificadora de GNL.
-  El Inversionista debe presentar un Proyecto basado en el Plan de Monitoreo que se apruebe en la Licencia Ambiental.
-  Se debe designar un inspector por CITMA para el chequeo de la obra y del cumplimiento de los Planes de Medidas y Monitoreos aprobados.

---

<sup>30</sup> Estándar Internacional de Gestión Ambiental

- ✚ Durante la ejecución de todo el Proyecto se debe garantizar el cuidado del medio ambiente, desde la etapa de proyecto, constructiva y de explotación tratando de utilizar soluciones y tecnologías limpias.
- ✚ Llevar a la práctica el código de conducta ambiental impartido por el grupo de SHA y controlar la capacitación efectiva de todos los recursos humanos que laboren en el Proyecto en todas sus fases.

### ***3.12 Medidas preventivas, fase constructiva.***

- ✓ Debe cumplirse estrictamente el derrotero de la propiedad y las regulaciones establecidas en el *Certificado de Microlocalización* que sea emitido por *Planificación Física* para esta obra. El incumplimiento de alguna de las condicionantes plasmadas en el documento constituye una violación del Decreto Ley No. 272 ("Decreto Ley No. 272 - Contravenciones en materia de ordenamiento territorial y de urbanismo,," 2001), lo que conlleva a que no sea otorgada la *Licencia de Construcción*.
- ✓ Se debe establecer una organización de obra, según la experiencia de las entidades constructoras MICONS y HQC, que implique un programa de transportación de los materiales y elementos constructivos que minimice los impactos al entorno, de manera que se reduzcan el número de viaje a los indispensables, evitando así la contaminación del medio ambiente por CO<sub>2</sub>.
- ✓ Se debe concretar el territorio a desmontar, debiendo ser certificado por un especialista del Servicio Estatal Forestal, el cual debe además efectuar inspecciones periódicas durante el tiempo que duren los trabajos.
- ✓ Para proteger la flora y la fauna de los territorios aledaños a la obra se recomienda prohibir el acceso a ellos del personal que labora en la obra, por lo que se deben colocar señales que evidencien la prohibición. Por lo que los accesos a la Planta deben efectuarse por el mismo territorio, sin dañar zonas adyacentes.
- ✓ En el acceso principal a la zona destinada para la construcción se garantizará la seguridad de la vía y su conservación mediante una adecuada señalización vial y el tratamiento superficial (asfalto), según lo establecido por las normas técnicas cubanas.

- ✓ Con el objeto de delimitar la propiedad y disminuir los impactos adyacentes, el área será cercada de manera homogénea en todo su perímetro con malla eslabonada de 1.80 m de altura y estará sembrada de arbustiva bajas, con flores, para mejorarle la apariencia a la instalación industrial.
- ✓ En las construcciones de las infraestructuras se deben emplear recubrimientos anticorrosivos adecuados para las condiciones de alta agresividad existentes dada la cercanía al mar, el empleo de hormigón armado de baja permeabilidad, la utilización de plásticos y polímeros estabilizados, aplicación de métodos de protección contra el deterioro y un mantenimiento adecuado del equipamiento eléctrico y electrónico.
- ✓ Las nuevas edificaciones contarán con un mismo sistema constructivo para que todo se vea como un único conjunto industrial.
- ✓ Establecer un plan de medidas para el caso de derrame de combustibles y lubricantes durante los trabajos de construcción.
- ✓ Todos los recursos humanos deben tener un conocimiento y entrenamiento adecuados de las acciones a realizar en caso de accidentes.
- ✓ Usar obligatoriamente en las áreas que así lo requieran los medios de protección individual.
- ✓ Humedecer sistemáticamente de los áridos para aminorar las emisiones de polvos.
- ✓ Garantizar el estado técnico adecuado de los equipos y vehículos para que no viertan hidrocarburos al medio y que cuenten con mata chispas para evitar incendios en la vegetación.
- ✓ Emplear toldos en los camiones destinados al transporte de áridos, para evitar dispersión de polvo.
- ✓ Evitar vertimientos al mar de materiales de desechos, creando un sistema de control y vigilancia en la recogida de escombros y otros productos durante toda la etapa constructiva.

### *3.13 Medidas preventivas, fase explotación.*

- ✓ Cumplir estrictamente con las normas y procedimientos operacionales, para disminuir el riesgo de accidentes y de emisiones de gases a la atmósfera.
- ✓ Se cumplirá con los niveles límites admisibles de las sustancias nocivas en el aire NC 39: 1999<sup>31</sup> ("Norma Cubana 39: 1999 Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios," 199), así como los niveles admisibles y los aspectos de protección contra el ruido.
- ✓ Controlar que la diferencia de las temperaturas del agua de mar utilizada y devuelta a través de un emisario no sea inferior a los 5°C y la concentración de cloro residual no supere los 0,2mg/l. Evitar la clorinación intermitente o por pulsos, ya que emplea altas dosis de cloro (10 ppm<sup>32</sup> de Cloro Residual), la cual afectaría considerablemente a la biodiversidad marina en el sitio de vertimiento.
- ✓ Se extremarán las medidas de seguridad en los puestos de trabajo sometidos a presiones anormales.
- ✓ Operar correctamente los sistemas de tratamiento de aguas residuales, afín de entregar el efluente al medio según la Norma Cubana NC: 27/1999<sup>33</sup> ("Norma Cubana: 27/1999 Norma Cubana: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones," 1999). El tratamiento y disposición final de las aguas domésticas será independiente al de las aguas industriales.
- ✓ Priorizar la colocación de trampas de grasas y el sistema de drenaje en las zonas industriales, áreas de mantenimiento, talleres, parqueo, calles y otras instalaciones potencialmente contaminadoras. Las trampas de grasa deben limpiarse periódicamente y sus residuos incinerados.
- ✓ Utilización de bolsas con colores para cada instalación (además de los contenedores), con esto se simplificará la selección de la materia reciclable

---

<sup>31</sup> Calidad del aire. Requisitos higienicosanitarios.

<sup>32</sup> Partes por millón.

<sup>33</sup> Norma Cubana: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones

y se disminuyen los volúmenes a transportar, siendo la transportación más específica. La clasificación pudiera ser:

- ✚ Materia biodegradable.
- ✚ Vidrios.
- ✚ Plástico y latas.
- ✚ Cartón y papel.

### *3.14 Medidas correctoras, fase constructiva.*

- ✓ El proyecto civil debe concebir un diseño adecuado de la reorientación de las escorrentías superficiales para evitar inundaciones.
- ✓ Colocar en el vial de acceso obras de fábrica en las zonas de confluencia de flujos superficiales con el objetivo de mantener la circulación de las escorrentías, la energía y la biota.
- ✓ Rectificar los taludes artificiales inestables suavizando el ángulo de las pendientes que se originen como resultado de las excavaciones y nivelación del terreno.
- ✓ La vegetación proveniente de la tala, debe ser clasificada de manera de poderle dar uso aquella que sea útil, como son las maderables.
- ✓ El proyecto de jardinería y paisajismo debe concebir elementos vegetales locales para su integración al entorno y cubrir el 10% de la superficie con césped. Se prohíbe la introducción de especies exóticas de la flora, solo se deben aceptar aquellas previamente valoradas y certificadas por CITMA.

### *3.15 Medidas correctoras, fase explotación.*

- ✓ Analizar la posibilidad de empleo del agua de mar residual utilizada en el proceso de regasificación para el sistema de enfriamiento de otras entidades aledañas a esta.

### ***3.16 Fase de abandono.***

Sobre esta fase no se realiza estudio porque concluya la vida útil del proyecto y el uso propuesto, los locales puedan ser destinados a satisfacer necesidades de locales del territorio para diferentes entidades.

### ***3.17 Ubicación de la Planta.***

Hasta el momento la alta dirección del país ha estudiado dos posibles ubicaciones para el Proyecto, una en el lado oeste de la bahía de Cienfuegos, muy cerca de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”; y la otra al norte del país en la provincia de Matanzas. Ambas ubicaciones tienen ventajas y desventajas, que pesan en la decisión de donde finalmente quedará emplaza la Planta, a continuación se citan:

Con la construcción de la Planta en Cienfuegos, se reduce el costo de inversión, debido a que los estudios y las fases de ingeniería realizados hasta el momento fueron desarrolladas aquí. Esta variante permite dejar las facilidades hechas para cuando se decida continuar las obras previstas que serían aplazadas: Expansión Refinería y Petroquímica. Se mejora además la maniobrabilidad para la entrada de buques de mayor porte a la bahía de Cienfuegos, lo que beneficia de forma general el desarrollo industrial de la zona y el país. Se asegura, el suministro de gas para la Fase II del Proyecto Expansión Refinería Cienfuegos, en el momento en que pueda ser ejecutada. El tiempo para el inicio del Proyecto comienza a partir de disponer del financiamiento (puede comenzarse de inmediato). La desventaja de esta opción es que en el futuro inmediato, no hay consumidores de GNL.

Por otro lado la construcción de la Planta en Matanzas tiene los consumidores de GNL en el propio Matanzas y Mayabeque, al acercar la generación a los centros de consumo, se disminuyen las pérdidas eléctricas en líneas. El estimado de Costo del Proyecto de GNL (MMUSD) disminuye. Y la diferencia estimada con el monto aprobado del IPCA, que queda disponible para construir el nuevo ciclo combinado. Pero, a partir de disponer del financiamiento, se requiere ejecutar los trabajos de permisos, estudios y nueva ingeniería; los que



tomarían más de 1 año. Requiere también ejecutar la ingeniería del ciclo combinado, los permisos y estudios. Y queda pendiente de solución el suministro de gas para la Fase II del Proyecto Expansión Refinería Cienfuegos, en el momento en que pueda ser ejecutada.

### ***3.18 Plan de vigilancia y monitoreo ambiental.***

El plan de vigilancia, garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras propuestas con anterioridad en el presente trabajo, llegando a ser un instrumento dinámico de previsión y control de efectos que permitirá:

- ✓ Verificar los impactos previstos y detectar los impactos no previstos en el Estudio de Impacto Ambiental.
- ✓ Comprobar que las medidas preventivas y correctoras propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental son eficaces.
- ✓ Obtener información útil para mejorar el conocimiento de las repercusiones ambientales de proyectos del mismo tipo en ámbitos similares

Debido a las alteraciones que el Proyecto provoca sobre el entorno, se hace aconsejable la adopción de un Plan de Vigilancia Ambiental.

#### *Vigilancia del Entorno:*

- ✓ Se vigilará el paso a la zona de ubicación de la construcción de la Planta, para evitar la invasión y deterioro de las áreas colindantes por maquinaria pesada.
- ✓ Se comprobará durante la ejecución de las obras de construcción de la Planta que no se proceda a la instalación de plantas de tratamiento, parques de maquinaria, acopio de materiales, vertederos y préstamos en Espacios Naturales Protegidos, áreas residenciales.

#### *Vigilancia de la Contaminación Atmosférica:*

- ✓ Durante todo el periodo constructivo, se debe comprobar que se llevan a cabo riegos periódicos en las zonas de almacenamiento, tratamiento y transporte de áridos y materiales procedentes de movimientos de tierra, a

fin de asegurar la mínima contaminación por partículas de polvo en suspensión en el aire.

*Vigilancia de la Contaminación Acústica:*

- ✓ Verificar que los niveles de ruido reales cumplen la normativa vigente.

*Vigilancia del Sistema Hidrológico:*

- ✓ Comprobar que las obras se llevan a cabo con la mínima afección a los cursos de agua, evitando en lo posible las derivaciones de cauces, el tránsito de vehículos o maquinaria sobre los mismos y el vertido de tierras o cualquier otro tipo de materiales sobre los ríos y sus riberas.
- ✓ Comprobar que las estructuras de paso de los ríos y arroyos garanticen la evacuación de caudales y el paso de los sólidos de arrastre.
- ✓ Velar porque no se produzcan cambios en la calidad de las aguas. Se debe comprobar la existencia de un sistema de depuración de las aguas residuales. Asimismo se comprobará que dicho sistema de depuración cumpla con las normas legislativas existentes al respecto.

✚ Los parámetros de calidad de aguas que se deben medir son los siguientes:

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| pH                            | < 6-9        |
| Conductividad eléctrica       | < 2 000      |
| Sólidos Sedimentables Totales | < 2 ml/l     |
| DBO5                          | < 40 mg/l    |
| DQO                           | < 90 mg/l    |
| Coliformes Fecales            | <1000 n.m.p  |
| Coliformes Totales            | < 5000 n.m.p |

*Tabla # 13: Parámetros de calidad de aguas.*

Las muestras se tomarán por duplicado a la salida del sistema de tratamiento y a la entrada de la zanja de infiltración. La contra-muestra guardada se analizará cuando la relación entre la DBO5<sup>34</sup> y DQO<sup>35</sup> indique la posibilidad de

<sup>34</sup> Demanda Biológica de Oxígeno a los 5

<sup>35</sup> Demanda Química de Oxígeno

contaminación no asimilable. El procedimiento de toma de muestras, los métodos de medida y los valores máximos admisibles deberán ser los aprobados por las normas vigentes, en función de lo establecido por la legislación vigente.

Deben existir puntos de monitoreo fundamentalmente para las aguas subterráneas, las que deben ser monitoreadas el primer semestre con una frecuencia mensual y posteriormente se monitoreará semestral o anualmente.

*Protección del Suelo:*

- ✓ Se debe comprobar que durante la ejecución de las obras, los movimientos de tierra se ejecutan según lo establecido en las medidas correctoras

*Protección de la Fauna:*

- ✓ Se debe comprobar que no existe efecto barrera para la fauna derivado de la construcción.

*Seguimiento de Residuos:*

- ✓ Se debe comprobar que la creación de vertederos se realiza en los lugares autorizados para ello y siguiendo las pautas que se especifican en las medidas correctoras.

*Seguimiento de la Re-vegetación:*

- ✓ Se debe comprobar que la densidad de plantación en las zonas que rodean los pasos de fauna es mayor que en el resto de la superficie a tratar.

La entidad encargada de la explotación del Proyecto tiene la responsabilidad de concebir en sus planes económicos anuales, el presupuesto para las actividades de monitoreo.

### ***3.19 Conclusiones Parciales.***

- ✓ Se determinó que la fórmula usada por Vicente Conesa, es la más adecuada para la Evaluación de Impacto Ambiental porque permite identificar medidas preventivas y correctoras, así como aplicar un plan de monitoreo o vigilancia.
- ✓ Se identificaron 68 interacciones en la fase de construcción y 24 en la fase de explotación, existiendo 6 impactos compatibles, 8 moderados y 1 severo en la fase de construcción y 1 impacto compatibles, 5 moderados en la explotación.
- ✓ Se propone un plan de medidas preventivas y correctoras para las fases de construcción y explotación, compuesto por 63. Así como un plan de vigilancia y monitoreo.

## *Conclusiones Generales.*

- ✓ Las EIA en Cuba son obligatorias y regidas por la Resolución No.132 /2009 y su proceso elaboración con calidad son un factor importante para las Producciones Más Limpias.
- ✓ Se evaluaron los principales impactos ambientales del Proyecto de GNL en la fase de construcción y la de explotación siendo los más significativos por fases los siguientes:

### Fase de Construcción

- ❖ El movimiento de tierra.
- ❖ El manejo de residuos.
- ❖ La construcción y pavimentación de calles.
- ❖ Las obras civiles de la planta.

### Fase de Explotación

- ❖ El manejo de residuos.
- ✓ La evaluación de estos impactos ambientales para las fases de construcción y explotación mostró que existen 8 moderados, 1 severo, 6 compatibles y 5 moderados y 1 compatible, respectivamente a cada fase.
- ✓ Se propone un seguimiento de las fases de construcción y explotación que garantice la generalización de dicha EIA y las acciones de PML.

## *Recomendaciones*

- ✓ Generalizar esta metodología para el estudio de EIA una vez definido el lugar de ubicación de la Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado.
- ✓ Discutir la presente investigación con los especialistas de Seguridad Higiene y Ambiente y con la/s entidad/es encargadas de realizar la Evaluación de Impacto Ambiental de la Planta Regasificadora de GNL una vez determinado su lugar de localización.
- ✓ Aplicadas las medidas propuestas en la presente investigación, realizar la matriz de residuales para medir la disminución de los impactos sobre el medio ambiente.

## *Bibliografía*

- Areas, J. M. (2006). Instituto Argentino de la energía, información GNL. Retrieved from [http://www.iae.org.ar/archivos/educ\\_gnl.pdf](http://www.iae.org.ar/archivos/educ_gnl.pdf).
- Artículo Impacto Ambiental. (2011). . Retrieved from [www.urbipedia.org](http://www.urbipedia.org).
- Bonilla Martínez, J. (2012). Explosión de una cisterna con gas natural licuado.
- Bonilla, M. (2008). *Guía de Evaluación Ambiental Estratégica, Comisión económica para América Latina y el Caribe CEPAL*. Santiago de Chile.
- Canter, L. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental* (2º ed.). Madrid, España: McGraw Hill.
- Castro, F. (1990). *Ciencia, Tecnología y Sociedad (1959-1989)*. La Habana. Cuba.: Editora Política.
- Concepto de Gas Natural Licuado. (n.d.). . Retrieved from <http://www.areaciencias.com/que-es-el-gas-natural.htm>.
- Concepto de medio ambiente. (n.d.). . Retrieved from <http://definicion.de/impacto-ambiental/>.
- Conesa, V. (2000). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental* (3º ed.).
- Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo. (1992, June 2). .
- Constitución de la República de Cuba. (1976, February 24). .
- Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (2013). . Retrieved from [http://www.ecured.cu/index.php/Medio\\_ambiente](http://www.ecured.cu/index.php/Medio_ambiente).
- Decreto - Ley No. 201 Sistema nacional de áreas protegidas. (1999, diciembre 23). .
- Decreto ley No. 212 Gestión de la zona costera. (2000, Agosto 8). .
- Decreto Ley No. 272 - Contravenciones en materia de ordenamiento territorial y de urbanismo. (2001, February 21). .

Dee, N. (1972). *Final report on environmental evaluation system for water resources planning / [for] Bureau of Reclamation, U.S. Dept. of the Interior*. Ohio:

Battelle Memorial Institute, Columbus Laboratories.

Diagnóstico ambiental del sector industrias de GNL Quintero. (n.d.). . Retrieved from [http://seia.sea.gob.cl/archivos/Anexo\\_I\\_Informe\\_Anexos\\_Diagnostico\\_PUCV.pdf](http://seia.sea.gob.cl/archivos/Anexo_I_Informe_Anexos_Diagnostico_PUCV.pdf).

División de Estudios Medio Ambientales (DEMA) Grupo Empresarial GEOCUBA.

(2009). *Proyecto Planta Regasificadora y Obras de Atraque*.

Estévez, J. (2011). *Biomonitoreo de la contaminación atmosférica en La Habana durante la campaña 2004-2005*. Retrieved from <http://mst.ama.cu>.

Evaluación del impacto ambiental. Directrices para los proyectos De campo de la FAO organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2011). . Retrieved from <http://www.fao.org>.

*EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO*. (n.d.). .

Evaluación del impacto ambiental; procedimientos básicos para países en desarrollo Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Evaluación del impacto ambiental. (2002, Agosto). . Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org>.

Ficha de datos de seguridad GAS NATURAL LICUADO. (2003, May). . Retrieved from <http://www.ecosmep.com>.

GÓMEZ de LEÓN, F. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial* (1º ed.). Murcia.

Hernández de la Oliva, I. (2006). Metodología para la evaluación de impactos en sitios arqueológicos. Retrieved from <http://www.cubaarqueologica.org>.

HIGGINS, L. (2002). *Maintenance Engineering Handbook* (6º ed.).

Holling, C. (1978). *Adaptative Enviromental Assessment And Management*. England.

Impacto Ambiental. (2013). . Retrieved from <http://definicion.de/impacto-ambiental/>.

INVENTARIO NACIONAL DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES. (2002). .



- KANTCHEV,, V. I. (1979). *Informe sobre la geología de la provincia de Las Villas*.
- Kiely, G. (2012). *Ingeniería Ambiental*. España: McGraw-Hill.
- LEÓN PELÁEZ, J. D. (1994). *EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO*. Retrieved from [www.bibliocomunidad.com/](http://www.bibliocomunidad.com/).
- Leopold, L. B. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington, USA.
- Ley 33 “De Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales. (1981, de enero de 10). .
- Ley 81 del Medio Ambiente. (1997, Enero 11). .
- Ley No. 85 LEY FORESTAL. (1998, Agosto 31). .
- Ley No.62 Código Penal Libro Uno. (, diciembre de 1987 29). .
- Magrini, A. (1990). *A avaliação de impactos ambientais*. Brasília: Ipea.
- Margulis, S. (2005). *Meio Ambiente. Aspectos Técnicos e Econômicos*. Brasília: Ipea.
- Marrero Basulto, J. M. (n.d.). La evaluación ambiental estratégica como herramienta para el ordenamiento ambiental y el desarrollo sostenible en Cuba. Propuesta metodológica 2012. Retrieved from <http://www.geotech.cu>.
- Michot Foss, M. (2003, Enero). Introducción al GNL Descripción general del gas natural licuado (GNL), sus propiedades, la industria de GNL y aspectos de seguridad. Retrieved from [http://www.beg.utexas.edu/energyecon/lng/documents/CEE\\_INTRODUCCION\\_AL\\_GNL.pdf](http://www.beg.utexas.edu/energyecon/lng/documents/CEE_INTRODUCCION_AL_GNL.pdf).
- Morell, F. (2008). *FINCA LA ROSITA. II: FACTORES LIMITANTES DE LOS SUELOS. Cultivos Tropicales*. Retrieved from <http://www.inca.edu.cu/>.
- NFPA 59A: Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG). (2009). .
- Norma Cubana 39: 1999 Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios. (199). .
- Norma Cubana: 27/1999 Norma Cubana: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. (1999). .

- Olson, K. (2011). Gas Natural Licuado (GNL). Retrieved from <http://nfpajla.org>.
- Pérez de Madrid, M. (2009). *Evaluación Ambiental Estratégica para la Planificación Distrital de Ciudad de Guatemala*.
- PROGRAMA NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO Adecuación cubana al documento Agenda 21 aprobado en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992. (n.d.). . Retrieved from [www.patrimoniociudad.cult.cu](http://www.patrimoniociudad.cult.cu).
- Project Technical Liaison Associates Inc, & Company Information. (, <http://www.ptllng.com>). Las instalaciones en tierra de GNL.
- Resolución No. 132 /2009: "Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental". (2009). .
- Resolución No. 91/ 2006 del Ministerio de Economía y Planificación: INDICACIONES PARA EL PROCESO INVERSIONISTA. (2006). .
- RESOLUCION No.77/99 Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental gaceta oficial de la republica de Cuba Edición Ordinaria, La Habana. (n.d.). .
- Rozo, E. (1999). Naturaleza, paisaje y sensibilidad en la Comisión Corográfica.
- SÁNCHEZ MARÍN, F. T. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas* (2º ed.). Castellón.
- Sanz Contreras, J. (1991). *Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales*. España: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Sanz Contreras, J. (1991). *Concepto de impacto ambiental y su evaluación*. Madrid, España.
- Snijder, R. (2008). El futuro del gas y el papel del Gas Natural Licuado (GNL): implicaciones económicas y geopolíticas.
- Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) NFPA, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471 An International Codes and Standards Organization. (n.d.). .
- Talavera Herrera, H. (2011). Medios de Transporte de Gas natural Licuado: GNL.

- TIVENCA. (2008). *Estudio de Visualización: Instalaciones para regasificación de gas natural (GNL) en la República de Cuba*.
- Ulloa, H. J. (2003). *Arqueología y rescate de la presencia aborigen en Cuba y el Caribe*. Santiago de Cuba.
- Varcarcel Rojas, L. (2010). *Modelacion de la calidad del agua en el segmento medio del Rio Luyano*. Retrieved from <http://mst.ama.cu>.
- Ventajas PML. (2013, Consultado de enero de 15). . Retrieved from [http://www.ubp.edu.ar/todoambiente/produccion\\_mas\\_limpia.php](http://www.ubp.edu.ar/todoambiente/produccion_mas_limpia.php).
- Verheem, R. (1996). *Strategic Environmental Assessment: status, challenges and future directions, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment*.
- Veslind, P. (2012). *NATIONAL GEOGRAPHIC ON ASSIGNMENT USA*. Retrieved from <http://www.ecologismo.com/2010/09/16/definicion-de-impacto-ambiental-2/>.

## *Anexo # 1*

### *Entrevista a la gerencia del Proyecto.*

Dirigida a la gerencia del Proyecto Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba.

**Objetivo:** Conocer el sistema organizativo del Proyecto, en cuanto a la fuerza laboral.

#### **Cuestionario**

1. ¿Cómo se prevé la fuerza laboral en el proceso de construcción de la Planta?
2. ¿Cómo se prevé la fuerza laboral en el proceso de explotación de la Planta?
3. ¿Cuál es la calificación requerida para con los trabajadores a contratar?

## *Anexo # 2*

### *Observación participante en el Proyecto.*

Dirigida a especialistas que trabajan en los departamentos de ingeniería, arranque y SHA del Proyecto Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba.

**Objetivo:** Conocer el proceso de la Planta y los posibles impactos de esta sobre el medio ambiente.

#### **Aspectos a tener en cuenta:**

- Como se lleva a cabo el proceso de descarga desde un buque metanero a la Planta.
- La regasificación del gas licuado como proceso fundamental de la Planta de GNL.
- El almacenamiento en los tanques de contención total.
- Sistemas de seguridad previstos para el proceso de Planta.
- La evaluación de riesgos en el proceso de regasificación.

## *Anexo # 3*

### *Entrevista a especialistas del Proyecto.*

Dirigida a especialistas que trabajan en los departamentos de ingeniería, arranque y SHA del Proyecto Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado en Cuba.

**Objetivo:** Conocer los puntos de vista, y motivaciones de los especialistas del Proyecto, en cuanto a la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental.

#### **Cuestionario**

1. ¿Consideras necesario la realización de la EIA? ¿Por qué?
2. ¿Qué aspectos usted considera necesarios se evalúen para la realización de la EIA?
3. ¿Existe relación entre el proceso de la Planta y el medio ambiente? ¿Por qué?

## *Anexo # 4*

### *Línea base ambiental, Proyecto Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado.*

#### ✓ Historia ambiental.

##### Geología.

- ⌘ Formaciones geológicas presentes en el área de estudio.
- ⌘ Condiciones ingeniero geológicas de los elementos.

##### Geomorfología.

- ⌘ Tipos y formas del relieve
- ⌘ Pendientes.

##### Condiciones Sísmicas.

- ⌘ Sismicidad de la Zona de Ubicación del Área de Estudio.
- ⌘ Magnitudes Máximas de las Principales Zonas Sismogeneradoras.

##### Suelos.

- ⌘ Caracterización de los suelos.
- ⌘ Usos de suelo.

##### Clima.

- ⌘ Principales procesos sinópticos.
- ⌘ Elementos del clima local en el área de estudio.
  - ❖ Insolación y Nubosidad.
  - ❖ Temperatura del Aire.
  - ❖ Humedad del aire.
  - ❖ Precipitaciones.
  - ❖ Vientos.

❖ Fenómenos atmosféricos.

✚ Calidad del Aire.

- ∞ Gases.
- ∞ Deposiciones Atmosféricas.
- ∞ Polvo en Suspensión.

✚ Aguas terrestres superficiales y subterráneas.

- ∞ Hidrogeología.

✚ Aguas Marinas

- ∞ Características físicas, químicas y biológicas de las aguas costeras y marinas.

- ❖ Régimen Termohalino.
- ❖ Transparencia y Turbidez de las aguas.
- ❖ Oxígeno disuelto.
- ❖ Valor pH.
- ❖ DBO5
- ❖ Ciclo de nutrientes (Nitrógeno de Nitratos, Nitritos, Amonio, Fósforo de Fosfatos y Fósforo total).
- ❖ Hidrocarburos.
- ❖ Grasas y aceites.
- ❖ Metales pesados.
- ❖ Caracterización microbiológica de las aguas.

- ∞ Calidad de los Sedimentos Marinos.

- ❖ Hidrocarburos Totales.
- ❖ Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)
- ❖ Contaminantes organoclorados.
- ❖ Bifenilos Policlorados (PCBs).
- ❖ Metales Pesados.



∞ Fuentes Contaminantes.

∞ Calidad de las Aguas.

❖ Evaluación cualitativa.

∞ Dinámica de las Aguas.

❖ Marea.

❖ Corrientes Marinas.

❖ Período de Renovación de las aguas.

❖ Oleaje.

❖ Sobrelevación del nivel del mar.

✓ Vegetación y Recursos Forestales.

✚ Formaciones vegetales.

✚ Flora.

✚ Presencia de ecosistemas frágiles o de alta vulnerabilidad.

✚ Fauna.

✚ Inventario y distribución de la fauna terrestre.

✚ Caracterización de los Grupos fundamentales de la fauna y la región.

∞ Mamíferos.

∞ Aves.

∞ Reptiles.

∞ Anfibios.

∞ Moluscos.

∞ Estado de conservación de las especies.

∞ Localización de los sitios tróficos de importancia para las especies.

∞ Localización de especies raras, endémicas o en peligro de extinción, de valor comercial, deportivo y ornamental.

∞ Asociación del hábitat de la fauna con determinados ecosistemas.

- ⌘ Migraciones de las especies de importancia.
- ⌘ Potencial de los recursos: pesquerías, domésticos o silvestres.
- ⌘ Caza ilícita.

🌐 Relaciones Ecológicas.

- ⌘ Áreas protegidas y categorías de manejo.
- ⌘ Áreas de alta sensibilidad ambiental y sus limitaciones con respecto al proyecto.
- ⌘ Estabilidad en el equilibrio de los ecosistemas
- ⌘ Cadenas tróficas y ecología de vectores

❖ Vectores.

🌐 Ciclos biogeoquímicos.

🌐 Procesos de interdependencia.

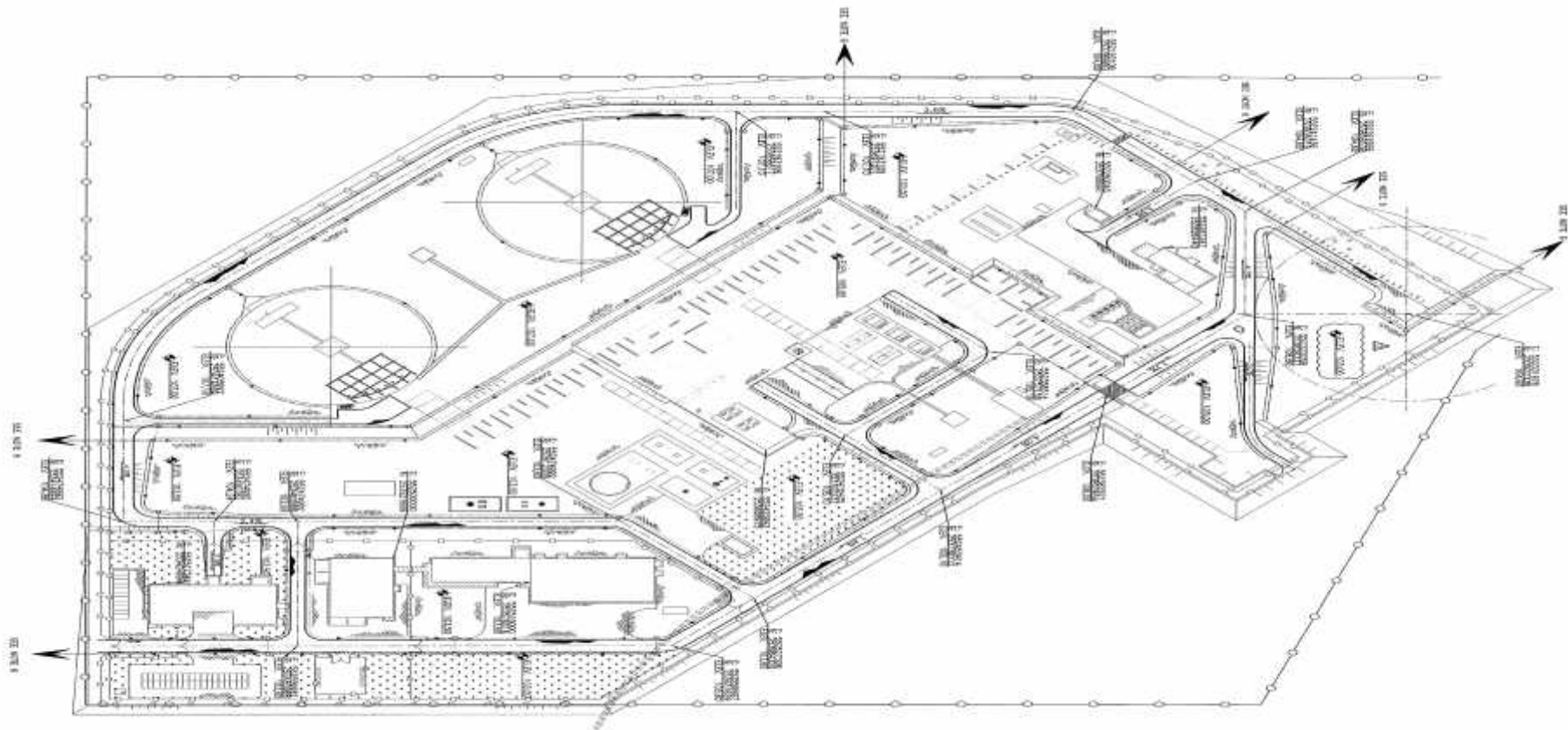
✓ Caracterización económica, social y cultural.

🌐 Relaciones económicas y laborales.

- ⌘ Consejos populares cercanos.

## Anexo # 5

### Plot Plant.



## *CONSENTIMIENTO INFORMADO*

### *AVAL PROYECTO GNL.*

Cienfuegos, 2013

Los que suscriben, Ing. Félix Ramón Martínez, avalan que una vez revisada la documentación contentiva en la tesis de maestría titulada: Evaluación de Impacto Ambiental Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado. Desarrollada por la compañera Ing. Anabel Martín Aparicio, no contiene información oficial clasificada, por lo que puede proceder a su exposición en público, así como ser material de consulta para otras tesis, una vez entregada en la Biblioteca de la Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".

Sin más:

Ing. Félix Ramón Martínez  
Sub-Gerente Proyecto GNL