

## LA INDUSTRIA DE GALVANOPLASTIA

La galvanoplastia es el proceso en el que por medio de la electricidad, se cubre un metal sobre otro a través de una solución de sales metálicas (electrólisis) con el objetivo de modificar sus propiedades superficiales, aumentar su resistencia a la corrosión y al ataque de sustancias químicas e incrementar su resistencia a la fricción y al rayado, es decir, se confieren a las piezas, propiedades diferentes a la de los materiales base.

Los procesos de galvanoplastia se dividen en dos: electroformación de láminas para moldes y revestimientos de protección o decoración. Para el primer caso, los metales de más uso son el estaño y el cromo, y para el segundo caso, el níquel, el cobre y la plata.

En la actualidad los usos de la galvanoplastia son variados: se aplica para la industria automotriz, electrodomésticos, construcción, hospitalaria, joyería, plomería, máquinas de oficina, electrónicas, ferretería, entre otras.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU, las actividades desarrolladas en la industria de galvanoplastia, pertenecen al sector C-2592 denominado "Tratamiento y revestimiento de metales; maquinado".

### 31.1 Proceso de galvanoplastia

El CIIU específico de esta actividad es el C-2592.23 denominado "Actividades de servicio de revestimiento no metálico de metales; plastificado, esmaltado, lacado, cromado, etcétera, realizadas a cambio de una retribución o por contrato".

#### 31.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

A continuación se describen las etapas del proceso de galvanoplastia:

- a. Recepción de materia prima.
- b. Desengrase o limpieza química.
- c. Lavado de desengrase.
- d. Decapado o desoxidación.
- e. Lavado de decapado.
- f. Preparación mecánica de la pieza.
- g. Limpieza física.
- h. Electrólisis (estañado, cromado, niquelado).
- i. Lavado en caliente.

- j. Secado.
- k. Aceitado.
- l. Almacenamiento.

A continuación se describe cada una de las etapas en mención:

- **Recepción de materias primas.** Las piezas metálicas que van a ser utilizadas en el proceso de galvanización para efecto protector contra la corrosión o efecto decorativo, ingresan a la bodega de insumos y materias primas. Para el desarrollo de esta etapa, se requiere las piezas metálicas a recubrir, en particular las piezas de hierro, acero, latón, cobre, entre otras. Además se requiere de otros insumos tales como solventes (tricloretileno, percloroetileno y tetracloruro de carbono), álcalis (potasa cáustica, sosa cáustica, carbonato sódico, carbonato potásico, fosfato trisódico, ortosilicatos y metasilicatos alcalinos, vidrio soluble, bicarbonato sódico, carbonato amónico, entre otros), sales para el galvanizado (sulfatos, cloruros, cianuros de níquel, cromo o estaño), trisulfonato naftaleno sódico y formaldehído.

Como resultado de esta etapa, se generan piezas metálicas no aptas para el proceso de galvanización (piezas no conformes).

- **Desengrase o limpieza química.** Esta etapa consiste en la eliminación de las grasas y aceites de la superficie de las piezas metálicas, para ello se utilizan tres tipos de desengrase considerando el tipo de grasa adherida en el material, éstos son:
  - a. **Limpieza con álcalis por inmersión o rociado.** Consiste en la eliminación de grasas de la superficie del material mediante el uso de soluciones acuosas de álcalis fuertes.
  - b. **Desengrase con solventes orgánicos.** En esta forma de desengrasado se utilizan hidrocarburos clorados no inflamables. Estos desengrasantes tienen la ventaja de disolver igualmente bien todas las grasas y aceites presentes en los materiales, sin atacarlos ni alterar su color, quedando los objetos secos y desengrasados. Además, los solventes pueden ser recuperados mediante destilación.
  - c. **Desengrasado electrolítico con álcalis.** Es el procedimiento más efectivo de desengrase. Mediante este método las piezas son desengrasadas en un electrolito alcalino con la ayuda de la corriente eléctrica, ejerciendo la mayor parte de las veces, la función de cátodo y rara vez la de ánodo. El polo contrario lo forman los recipientes de hierro del baño o placas de hierro o cobre que se introducen en él. Sin embargo, para la revisión y limpieza de los electrodos es conveniente que éstos puedan extraerse del baño y no estén constituidos por el mismo recipiente.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza energía eléctrica, hidrocarburos clorados y álcalis fuertes. Como resultado se generan envases vacíos de los productos químicos utilizados, residuos de desengrasantes utilizados y compuestos orgánicos volátiles.

- **Lavado de desengrase.** Consiste en el lavado de las piezas con agua a fin de eliminar los residuos de la etapa anterior, ya que estos pueden producir manchas y recubrimientos irregulares.

Para esta etapa, es requerida la utilización de agua y como resultado de la misma, se generan aguas residuales contaminadas con los químicos utilizados en el desengrase.

- **Decapado o desoxidación.** Consiste en eliminar las capas de óxido formadas en las superficies de las piezas que se realiza cuando el recubrimiento es de tipo protector. El decapado se realiza sumergiendo las piezas en una solución que puede ser ácida o alcalina.

Las soluciones alcalinas utilizadas pueden ser: hidróxidos y carbonatos, aditivos orgánicos e inorgánicos y surfactantes. Las soluciones ácidas utilizadas pueden ser: ácido sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico.

Como resultado de esta etapa, se originan aguas residuales y lodos debido a la remoción de los óxidos.

- **Lavado de decapado.** Consiste en el enjuague de las piezas metálicas o plásticas en un tanque con agua para evitar el arrastre del ácido a las siguientes etapas del proceso.

Para esta etapa, se utiliza agua para el enjuague, de lo cual se generan aguas residuales contaminadas con las soluciones aplicadas en el decapado.

- **Preparación mecánica de la pieza.** Consiste en dejar la pieza tan homogénea, lisa y brillante como sea posible para obtener un recubrimiento de alta calidad y apariencia. Esta etapa puede realizarse mediante el desbaste, esmerilado y pulido.

El desbaste se realiza por medio de discos abrasivos de distintos tamaños y dureza. El esmerilado puede realizarse por medio de discos duros de estructuras medianas, afinados con esmeriles de grano o con cerámicos de estructuras, igualmente medianas; y el pulido puede ser mecánico, como electrolítico mediante salmueras de metales que dejan las superficies brillantes.

Para esta etapa del proceso, se utilizan ácidos sulfúrico, fosfórico, crómico, nítrico, cítrico o bien combinaciones de ellos para el caso del pulido electrolítico, así como agua de enfriamiento para evitar el calentamiento de las piezas sensibles al calor.

Los desechos generados en esta etapa, son básicamente los envases de los químicos usados, agua caliente y material particulado del pulido

mecánico; lodos del pulido electrolítico y generación de ruido por el funcionamiento de las máquinas. Existe el riesgo de derrames de los ácidos.

- **Limpieza física.** Luego de la homogenización y mediante la utilización de cepillos de fibras de 0.05-0.4 mm de espesor, fibras sintéticas o lana, se procede a la eliminación de las partículas que quedaron impregnadas en las piezas metálicas, formando grumos en la superficie de las mismas.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de materiales de limpieza (lana, fibras sintéticas), y agua a temperatura ambiente para eliminar las partículas que los cepillos no logran retirar.

Los desechos generados en esta etapa son: aguas residuales, residuos de fibras y lanas, y material particulado.

- **Electrólisis.** Es la etapa del recubrimiento de las piezas metálicas o plásticas propiamente dicha. Esta etapa consiste en la conservación de la materia, ya que, siempre que exista una sustancia que ceda electrones (se oxide), existirá otra que los tome (se reduzca). Un oxidante y un reductor completamente mezclados en una solución, permiten el intercambio electrolítico entre ellos.

Entonces, el único nexo entre el agente oxidante y el reductor, son los electrones ganados o perdidos, por lo tanto, se puede hacer que las reacciones de oxidación y reducción sucedan en recipientes separados, unidos por un conductor metálico que transporte electrones.

Cuando la electrólisis ocurre en una solución conductora llamada electrolito o baño electrolítico, la cual, a su vez se divide en anolito (parte de la solución que abarca el ánodo) y catolito (parte de la solución que abarca el cátodo), el movimiento iónico es causado por el campo eléctrico existente entre los electrodos y la corriente resultante consiste de iones cargados positivamente emigrando hacia el cátodo y iones cargados negativamente emigrando hacia el ánodo. Una corriente en estado estable requiere que la misma cantidad de carga, fluya a través de todas las partes del circuito eléctrico formado.

Para el desarrollo de esta actividad se utilizan materiales metálicos de recubrimiento tales sulfatos, cloruros, cianuros de níquel, cromo y estaño. También se utilizan agentes químicos adicionales como: trisulfonato naftaleno sódico y formaldehído.

Los desechos que se originan principalmente son desechos líquidos de las soluciones de níquel, cromo o estaño, y recipientes vacíos de los químicos usados.

- **Lavado en caliente.** En esta etapa, se retira la totalidad de las impurezas presentes en la pieza, debido al contacto con el baño electrolítico.

El lavado puede realizarse por inmersión de las piezas en un tanque

de lavado con la solución, ya sea dentro de un tambor o por paso continuo de agua por medio de boquillas a un tanque con volumen constante con dispositivos de entrada y salida de solución de limpieza.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se utiliza principalmente una solución diluida de ácido clorhídrico y agua, generándose agua residual con ácido clorhídrico residual.

- **Secado.** Las piezas metálicas deben secarse, lo más rápidamente posible después del galvanizado y del lavado final para evitar la aparición de manchas sobre los depósitos metálicos. El secado se puede realizar en mesas de secado, hornos de secado o por medio del rociado con aire caliente.

Para esta etapa del proceso se utiliza las mesas de madera para secado, aserrín como absorbente de la humedad de las piezas, aire a temperatura entre 85 y 90 °C que por medio de un rociado entra en contacto con el material arrastrando la humedad superficial. Como resultado de este proceso se generan principalmente vapores y desechos de aserrín.

- **Aceitado.** El objetivo principal de esta etapa es el de colocar sobre la pieza una capa protectora contra la humedad del aire y que a la vez facilite su manejo. Para esto, la lámina o la pieza se pasa por un aceitador electrostático que permite colocarle pequeñas cantidades de aceite a la superficie de forma homogénea. Una vez concluido el todo el proceso antes descrito, se despacha el producto.

Para el desarrollo de esta etapa se usa aceite, el cual brinda a las piezas un brillo característico y las protege de la humedad del aire. Como residuo puede producirse una pérdida de este aceite por goteo.

- **Almacenamiento.** Los productos galvanizados son almacenados en bodega previo a su despacho.

Para el desarrollo de esta etapa, se necesita gas licuado de petróleo para el transporte de la carga hasta la bodega de los cuales se generan gases de combustión.

- **Servicios auxiliares necesarios para el proceso.** Es necesario la implementación de los siguientes servicios auxiliares:

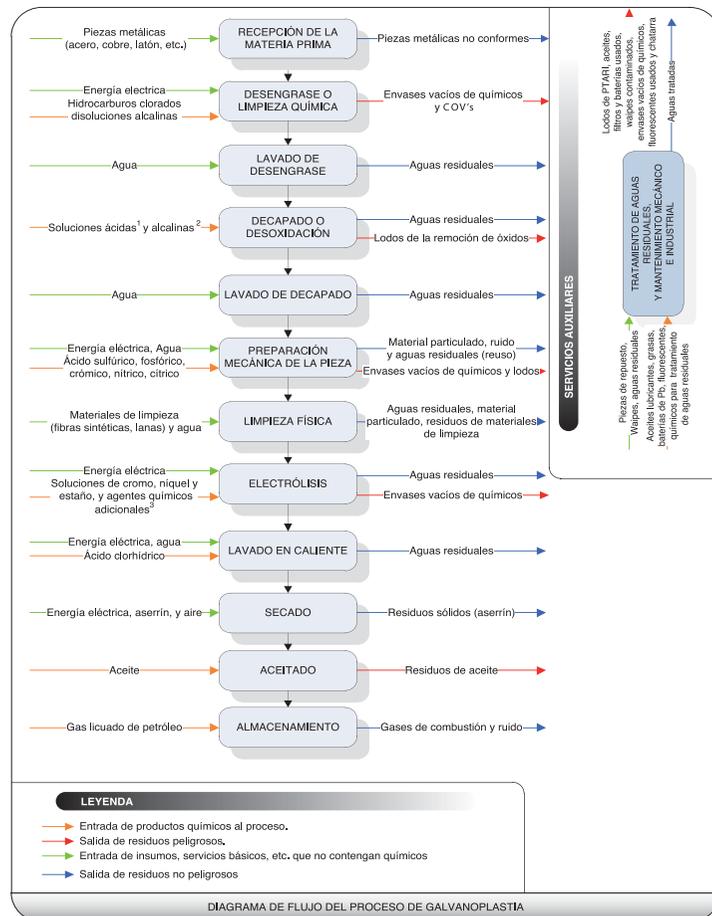
- **Tratamiento de aguas residuales.** Las aguas residuales del proceso de galvanoplastia deben ser sometidas a un tratamiento previo a su descarga al exterior de la planta, para lo cual es necesaria la utilización de químicos para disminuir su carga contaminante. También se generan lodos que por su composición (contienen metales como níquel, cromo, zinc y otros metales pesados), deben ser analizados y tratados antes de su disposición final.

- **Mantenimiento mecánico e industrial.** Se requiere durante todo el proceso de galvanoplastia realizar el mantenimiento de

la maquinaria utilizada en cada una de sus etapas, por ende, se utilizan lámparas fluorescentes, piezas de repuesto, baterías de plomo, waipes, aceites lubricantes y grasas que a su vez generarán waipes empapados con aceites y grasas, filtros de aceite, chatarra, aceites, baterías y fluorescentes usados.

En el Gráfico 31.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de galvanoplastia

**Gráfico 31.1. Diagrama de flujo del proceso de galvanoplastia**



1. Hidróxidos y carbonatos, aditivos orgánicos e inorgánicos y surfactantes  
 2. Acido sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico,  
 3. Trisulfonato naltaleno sódico y formaldehído.

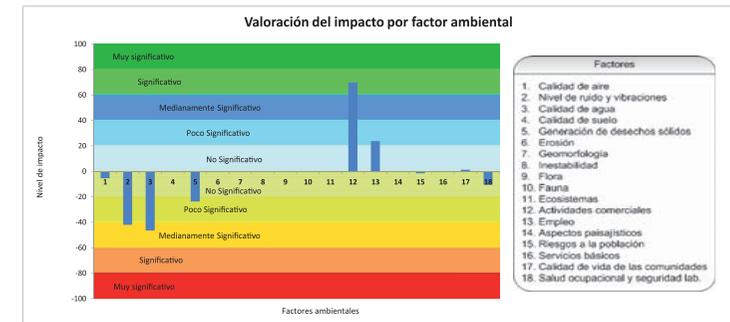
**31.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de galvanoplastia**

En la Tabla 31.1 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso, además de la representación gráfica de los mismos en el Gráfico 31.2.

**Tabla 31.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes                           | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|---------------------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire                          | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -5,50            | -2,4%                    |
|                                       | Nivel de ruido y vibraciones                      | -42,00           | -18,4%                   |
| Recurso agua                          | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -46,50           | -20,4%                   |
| Recurso suelo                         | Calidad de suelo                                  | -0,60            | -0,3%                    |
| Desechos                              | Generación de desechos sólidos                    | -23,75           | -10,4%                   |
| Proceso geomorfodinámico              | Erosión   | -0,40            | -0,2%                    |
|                                       | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,2%                    |
|                                       | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,2%                    |
| Medio biótico                         | Flora   | -0,40            | -0,2%                    |
|                                       | Fauna   | -0,40            | -0,2%                    |
|                                       | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,2%                    |
| Socioeconómico                        | Actividades comerciales                           | 69,75            | 30,5%                    |
|                                       | Empleo  | 23,75            | 10,4%                    |
|                                       | Aspectos Paisajísticos                            | -0,40            | -0,2%                    |
|                                       | Riesgos a la población                            | -1,50            | -0,7%                    |
|                                       | Servicios básicos                                 | -0,50            | -0,2%                    |
|                                       | Calidad de vida de las comunidades                | 1,30             | 0,6%                     |
| Salud Ocupacional y seguridad laboral | -10,50  | -4,6%            |                          |
| <b>Impacto total</b>                  |   | <b>-38,85</b>    | <b>-17,0%</b>            |
| <b>Porcentaje del impacto</b>         |   |                  |                          |

**Gráfico 31.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 31.2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos en los factores nivel de ruido y vibraciones (media-

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

namente significativo), calidad de agua (medianamente significativo) y generación de desechos sólidos (poco significativo). Los impactos positivos producto de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo) y empleo (poco significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -38.85 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo.

### 31.2 Evaluación de cargas contaminantes para la actividad

En la Tabla 31.2 se indica las cargas contaminantes generadas por la ejecución de la presente actividad.

**Tabla 31.2 Carga contaminante de la actividad de galvanoplastia**

| Proceso de producción de la industria galvanoplastia |  |                   |                    |                   |                  |  |                                    |  |  |                                    |
|--|--|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|--|------------------------------------|--|--|------------------------------------|
| Evaluación de Cargas Contaminantes                   | Proceso Industrial   |                   |                    |                   |                  |  |                                    |  | Unidad   |                                    |
|  | Calcos de desecho crudo de la cantidad de ánodos usados  | Deposito de cobre | Deposito de níquel | Deposito de cromo | Deposito de cinc | Galvanoplastia de Cu. Ánodos de Cu                       | Galvanoplastia de Ni. Ánodos de Ni | Galvanoplastia de Cr, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |  | Galvanoplastia de Zn. Ánodos de Zn |
| Partículas (kg/unidad)                               | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | t                                  |
| SO <sub>2</sub> (kg/unidad)                          | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | t                                  |
| NO <sub>x</sub> (kg/unidad)                          | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | t                                  |
| HC (kg/unidad)                                       | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | t                                  |
| CO (kg/unidad)                                       | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | t                                  |
| VOL. DES. (m <sup>3</sup> /unidad)                   | 1403 (t Cu*)<br>1519 (t Ni*)<br>36300 (t Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *)<br>1815 (t Zn*)<br>883 (t Cd*)<br>1125 (t Sn) | 94                | 103                | 95                | 93               | -  | -                                  | -  | -  | t                                  |
| pH   | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | -                                  |
| DBO (kg/unidad)                                      | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | -                                  |
| DQO (kg/unidad)                                      | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | -                                  |
| SS (kg/unidad)                                       | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | -                                  |
| SDT (kg/unidad)                                      | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | -                                  |
| Aceites (kg/unidad)                                  | -  | -                 | -                  | -                 | -                | -  | -                                  | -  | -  | -                                  |
| Residuos Sólidos (kg/unidad)                         | -  | -                 | -                  | -                 | -                | 9 *  | 4 *                                | 250 *  | 220 *  | -                                  |
| Naturaleza del desecho                               | -  | -                 | -                  | -                 | -                | Cu, en el lodo de efluente tratado (puede haber cianuro) | Ni, en el lodo de efluente tratado | Cr, en el lodo de efluente tratado                   | Zn, en el lodo de efluente tratado (también puede presentarse cianuro) | -                                  |

\*Cargas de desechos sólidos sobre base seca

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

## LA INDUSTRIA DE ENSERES DOMÉSTICOS

La cadena productiva de aparatos electrodomésticos en el Ecuador comprende dos grandes líneas de producción: línea blanca y enseres menores (pequeños electrodomésticos). La línea blanca incluye cocinas, refrigeradores, aires acondicionados, calentadores y lavadoras, entre otros; en tanto que la línea de enseres menores comprende licuadoras, ventiladores, planchas, tostadoras, secadores de pelo y en general productos de cocina y de limpieza personal.

La cadena de electrodomésticos involucra la fabricación y ensamblaje de productos de refrigeración comercial y doméstica, enseres menores de cocina y hornos. Para la fabricación de éstos se utilizan materias primas nacionales e importadas, las cuales varían con relación a las especificaciones y modelos para producir o ensamblar el artefacto.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), la industria de enseres domésticos se encuentra dentro de la categorización C-2750 "Fabricación de aparatos de uso doméstico".

Entre la gran variedad de productos electrodomésticos que se fabrica en el país, tales como las refrigeradoras y las cocinas, cuyos procesos de producción se describen a continuación.

### 32.1 Proceso de fabricación de los enseres domésticos (refrigeradores y cocinas)

Para la fabricación de los electrodomésticos, específicamente refrigeradoras y cocinas, el tratamiento que reciben las planchas metálicas, es igual para ambos casos; la diferencia radica en el proceso de ensamblado donde son clasificados los accesorios y las piezas metálicas necesarias para cada línea de producción.

El CIIU específico para la actividad de fabricación de refrigeradoras es el C-2750.01 "Fabricación de aparatos eléctricos de uso doméstico: refrigeradores, congeladores, lavaplatos, lavadoras y secadoras, aspiradoras, encendedoras de pisos, trituradoras de desperdicios, molinillos de café, licuadoras, exprimidoras, abrelatas, máquinas de afeitar eléctricas, cepillos dentales eléctricos y otros aparatos, eléctricos de cuidado personal, afiladoras de cuchillos, campanas de ventilación o de absorción de humos".

El CIIU específico para la actividad de fabricación de cocinas es el C-2750.03 "Fabricación de equipo de cocina y calefacción de uso doméstico no eléctrico: calentadores de ambiente, cocinillas, parrillas, cocinas, calentadores de agua (calefones), aparatos de cocina y calentadores de platos no eléctricos".

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

### 32.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

En el proceso de fabricación de enseres domésticos (refrigeradoras y cocinas), se realizan las siguientes actividades:

- a. Recepción de materia prima.
- b. Corte.
- c. Metalistería.
- d. Elaboración de accesorios.
- e. Decapado.
- f. Fosfatizado.
- g. Pintado.
- h. Porcelanizado.
- i. Ensamble.
- j. Empaque y embalaje.
- k. Almacenamiento.

A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de enseres domésticos

- **Recepción de materia prima.** La principal materia prima para la elaboración de la línea blanca la constituyen los rollos o láminas de acero, las cuales están sujetas a una estricta inspección de control, con lo cual se asegura la calidad del producto final.

Además de las láminas de acero, se requiere una gran variedad de insumos tales como ácido clorhídrico y ácido sulfúrico, carbonato de sodio, carbonato de potasio, fosfato de zinc, ácido fosfórico, pintura anticorrosiva, solventes, pintura en polvo, sales de circonio.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se requiere de láminas de acero para la elaboración de electrodomésticos (cocina y refrigeradoras). Como resultado de esta actividad se generan láminas de acero no conformes para la producción.

- **Corte.** Los rollos o láminas de acero negro o inoxidable, con ayuda de un bucle son transportados al área del desenrolle para proceder a realizar el corte, donde con una cizalla automática se procede a cortar según el tamaño y modelo del artículo a fabricar.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de la cizalla. Durante el corte se generan residuos sólidos (recortes metálicos) y ruido causado por los equipos de corte.

- **Metalistería.** La metalistería es la transformación de la lámina metálica en pieza física. En esta etapa del proceso se hacen dobleces y filos de acuerdo a los moldes que indican el tamaño y modelo de las piezas, para lo cual se hace uso de prensas mecanizadas, matrices y dispositivos.

Las piezas son enviadas al área de crudo, lugar donde se fabrica la mayoría de las partes metálicas que conforman la estructura del producto final (cocina o refrigeradora).

Para el desarrollo de esta actividad se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de las máquinas. Como resultado se generan residuos sólidos (recortes metálicos) y ruidos, causado por el funcionamiento de las diferentes maquinarias utilizadas en la formación de las piezas.

- **Elaboración de accesorios.** Como parte del proceso de producción de electrodomésticos se requiere de accesorios, varios de los cuales son adquiridos a terceros, los cuales son fabricados siguiendo las especificaciones descritas a continuación:

- **Decapado.** En esta etapa las piezas de acero negro y parrillas son sumergidas en una serie de baños para ser liberadas de impurezas (óxidos), realizando luego un desengrasado por inmersión en solución alcalina. Posteriormente las piezas son lavadas con agua caliente y a temperatura ambiente, para luego ingresar al baño de solución de ácido sulfúrico, concluyendo con el secado de las piezas. Con el decapado se obtiene una superficie totalmente descontaminada y libre de marcas de soldaduras, garantizando las propiedades anticorrosivas del acero inoxidable.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas, soluciones ácidas (de ácido clorhídrico y sulfúrico) y alcalinas (de carbonato de sodio, carbonato de potasio) para el decapado, vapor como fuente de calor y agua caliente. Como resultado se generan aguas residuales del decapado, las cuales son enviadas a la PTARI, envases vacíos de las soluciones ácidas y alcalinas, condensados de vapor.

- **Fosfatizado.** Se aplica para el recubrimiento de los tubos con una película fosfatizante. En este proceso se utilizan soluciones fosfatizantes (productos químicos a base de fosfatos como fosfato de zinc, ácido fosfórico), las cuales reaccionan con el metal para formar una barrera química contra la corrosión, permitiendo una mejor adherencia de las pinturas. Finalizado el fosfatizado, los tubos son sellados con sales de circonio para proceder luego al secado y agregarle la pintura en polvo. Para enjuagar las piezas tratadas se utiliza agua desmineralizada.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas de los baños de fosfatizado, soluciones fosfatizante (fosfato de zinc y ácido fosfórico), sales de circonio, agua desmineralizada y calor para el secado del accesorio. Como

resultado de esta actividad se generan aguas residuales del fosfatizado, envases vacíos de los productos químicos utilizados y condensados de vapor.

- **Pintado.** En esta área se realiza el pintado de piezas que no tienen contacto directo con la temperatura del horno de la cocina y de los refrigeradores (laterales, base de cocina, manijas, cornisas, zócalos, tubos de combustión, etc.). Estas son dispuestas en unos dispositivos especiales y colocadas en una cadena transportadora. Posterior a ello, pasan a la primera cabina, donde le dan el primer recubrimiento de pintura anticorrosiva (bicromato de zinc), para proteger la lámina de cualquier oxidación. Seguidamente, las piezas pasan a una segunda cámara, donde se les aplica la pintura (pinturas en polvo, esmalte, en varios colores, pasta en varios tonos, arcillas en diversas coloraciones y cristal de urea) solamente en las aristas. Después, las piezas pasan a una tercera cámara, donde se efectúa el proceso de pintado por electrólisis; este proceso garantiza que la pieza obtenga la capa adecuada de pintura y no presente problemas como piel de naranja, chorreado o tonalidad diferente

Después las piezas pasan a una cuarta cámara a 120 °C, donde se efectúa el cocido de la pintura. Terminado el proceso de pintado, todas las piezas y los accesorios pasan al ensamble.

Para el desarrollo de esta actividad se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de la cadena transportadora, sopletes, vapor como fuente de energía para el funcionamiento del horno y para el secado, pintura anticorrosiva, diluyentes y pinturas en polvo de varios colores. Como resultado de esta actividad se genera radiación térmica del horno, envases vacíos de las pinturas y emisiones de COV'S y material particulado de las pinturas. El excedente de las pinturas es recuperado y reintegrado al proceso.

- **Porcelanizado.** El porcelanizado consiste en la inmersión de las piezas metálicas en una mezcla acuosa espesa de porcelana, compuesta por arcilla y óxidos de base orgánica. Una vez que las piezas están debidamente decapadas, fosfatizadas y secas se les aplica la base o fundente (por inmersión o por aspersión). Transcurrido el proceso de aplicación las piezas son conducidas a un secador con una temperatura de 90-95 °C. Posteriormente las piezas pasan al horno de curado (800°C) donde permanecerán durante 40 minutos para lograr la cristalización de la base.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de agua para la preparación de las soluciones de porcelanizado, vapor para el funcionamiento del secador y energía eléctrica para mover las cadenas transportadoras. Como resultado de esta actividad se genera agua residual producto del porcelanizado, condensados de vapor.

- **Ensamble.** La etapa final del proceso de manufactura de las

refrigeradoras y cocina, es el ensamblado de las piezas y accesorios (tubos, parrillas, tuercas, arandelas) dependiendo del artículo que se va a formar.

Para el ensamblado de las refrigeradoras se requiere colocar el material aislante (lana de vidrio) en la puerta y paredes interiores, procediendo luego al sellado de las mismas con paneles de plásticos. Este proceso finaliza con la instalación eléctrica y la carga del agente refrigerante.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de los taladros, agente refrigerante (R-134-A), accesorios y material eléctrico. Se generan residuos sólidos de los materiales utilizados (cables eléctricos, materiales aislantes y remaches dañados), envases vacíos de los refrigerantes y ruido.

Para el ensamblado de las cocinas, primeramente se arma el cuerpo o cajón, se instalan los conductos para el gas y se coloca el material aislante en las paredes interiores del horno. Luego se procede al sellado de la cocina con paneles metálicos, sujetos con remaches. El proceso finaliza con la instalación de los accesorios, puerta y hornillas.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de los taladros y remachadoras. Se generan residuos sólidos de los materiales utilizados (materiales aislantes, remaches, cables eléctricos, tuercas, etc.) y ruido causado por las herramientas usadas en el ensamblado.

- **Empaque.** Finalizada la etapa del ensamblado, los electrodomésticos (cocinas y refrigeradoras), pasan al departamento de control de calidad donde se realiza la inspección y se liberan los productos. Una vez cumplida esta etapa, se procede a realizar el empaque de los equipos.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se requiere de cajas de cartón, zunchos, plásticos y espumaflex. Como resultado se generan residuos sólidos (cartones, plástico, zunchos y espumaflex dañados).

**Almacenamiento.** Una vez que son empacados los artefactos eléctricos, éstos son transportados a las bodegas de producto terminado con ayuda de los montacargas.

Para el desarrollo de esta actividad se requiere de GLP para el funcionamiento del montacargas. Como resultado de esta actividad se generan emisiones no significativas de gases de combustión y ruido.

- **Servicios auxiliares necesarios para el proceso.** Para un buen desarrollo de las diferentes etapas del proceso de fabricación de enseres electrodomésticos se requieren los siguientes servicios auxiliares:

**a. Mantenimiento mecánico e industrial.** Para llevar a cabo las actividades de mantenimiento de la infraestructura tecnológica,

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

se requieren aceites lubricantes e hidráulicos, filtros de aceite, grasas, solventes, pintura, lámparas fluorescentes, waipes y piezas de repuestos. Estas actividades generan desechos, tales como: aceites, fluorescentes y filtros usados, chatarra, envases vacíos de aceites lubricantes, waipes impregnados con hidrocarburos, etc.

**b. Manejo de combustibles.** El bunker que se utiliza para la generación de vapor en los calderos y para el funcionamiento de los hornos, es almacenado en tanques estacionarios, los cuales generan lodos de combustibles, así como potenciales derrames no intencionales que pudieran provocar la contaminación de los suelos y las aguas superficiales.

**c. Generación de vapor.** Para el tratamiento del agua de las calderas, se emplean productos químicos formulados, dando origen a la generación de envases y fundas vacíos de sustancias químicas. Como resultado de la quema de combustibles para la generación de vapor se generan gases de combustión.

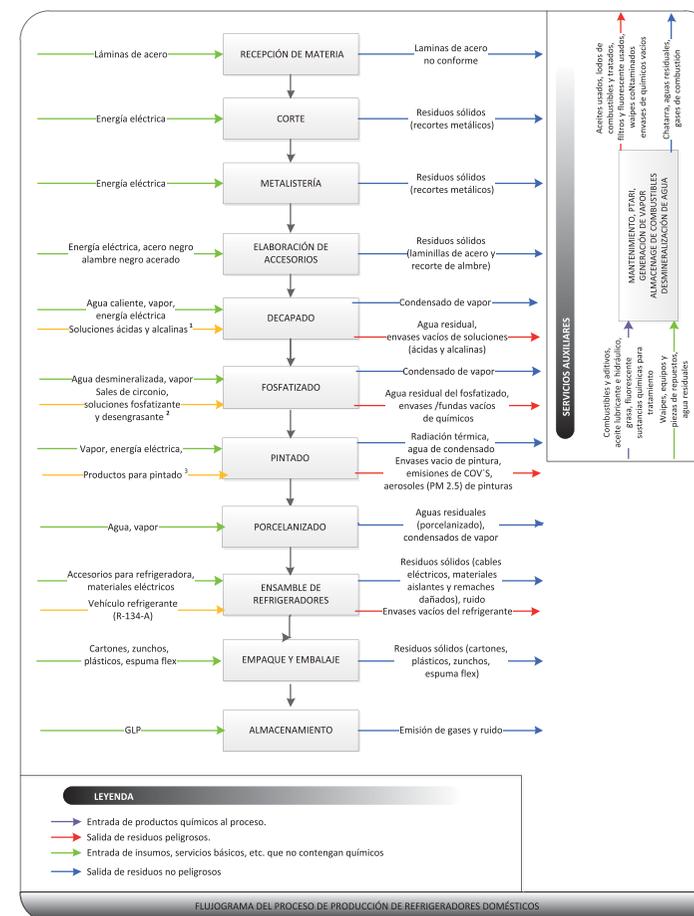
**d. Planta de agua desmineralizada.** Como parte de su proceso se requiere de agua desmineralizada. En este proceso se generan aguas acidas y alcalinas para la reactivación de las resinas de intercambio iónico. También se generan envases vacíos del ácido y álcali. Eventualmente se generan resinas (catiónica y aniónica) agotada.

• **Tratamiento de efluentes.** Los efluentes generados por la limpieza de equipos, tanques de almacenamiento, áreas de producción, etc., son evacuados a través de canales, sumideros y cajas de registros, al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, para ser tratados antes de su descarga al medio.

Para el tratamiento de aguas residuales se requiere de productos químicos, generándose lodos del tratamiento, aguas residuales tratadas y envases vacíos de productos químicos.

En el Gráfico 32.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de refrigeradores.

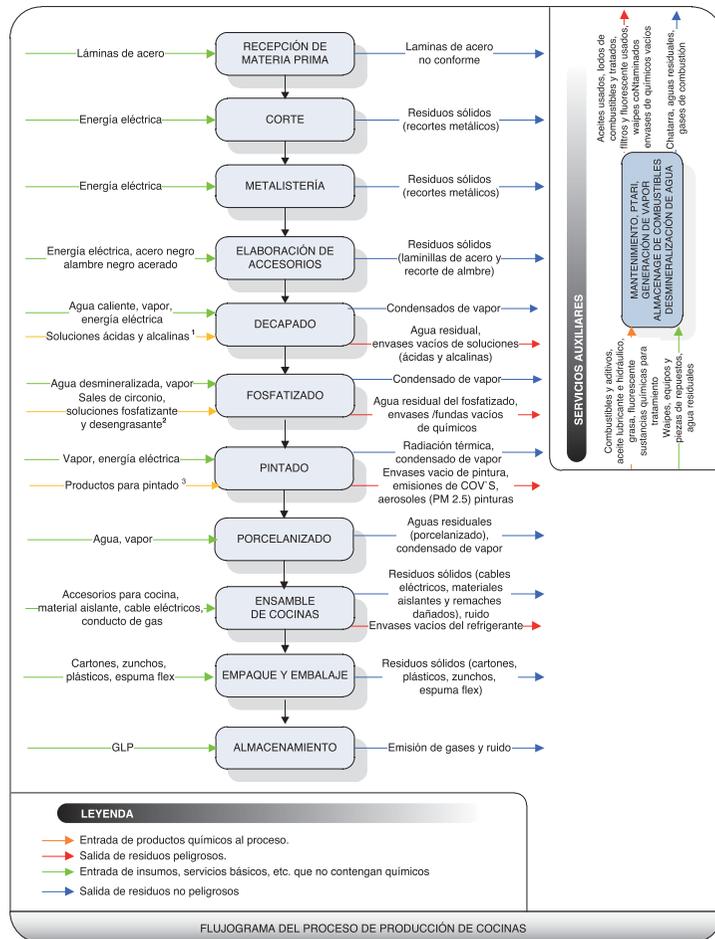
**Gráfico 32.1 Diagrama de flujo del proceso de producción de refrigeradores domésticos**



1. soluciones ácidas: (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico), soluciones neutralizantes: (hidróxido de sodio, carbonato de sodio, carbonato de potasio).  
 2. soluciones fosfatizante ácido fosfórico y fosfato de zinc, desengrasante (alcohol isopropílico).  
 3. pintura en polvo, pigmentos y esmaltes en varios colores, pintura anticorrosiva, diluyente, pasta en varios tonos, arcillas en diversas coloraciones y cristal de urea

En el Gráfico 32.2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de cocinas.

**Gráfico 32.2 Diagrama de flujo del proceso de producción de cocina**



1. soluciones ácidas: (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico), soluciones neutralizantes: (carbonato de sodio, carbonato de potasio).  
 2. soluciones fosfatizante ácido fosfórico y fosfato de zinc, desengrasante (hidróxido de sodio, alcohol isopropílico).  
 3. pintura en polvo, pigmentos y esmalte varios colores, pintura anticorrosiva, diluyente, pasta en varios tonos, arcillas en diversas coloraciones y cristal de urea

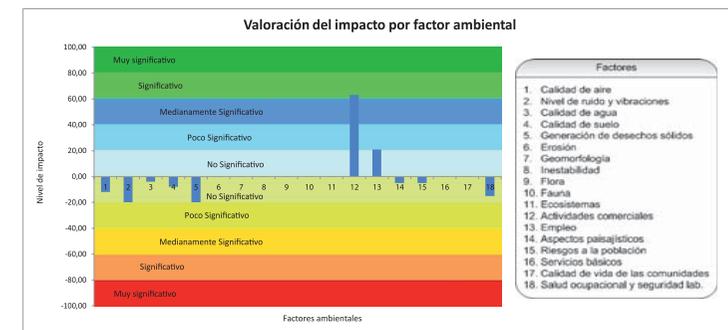
**32.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de producción de refrigeradores domésticos**

En la Tabla 32.1 y Gráfico 32.2 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso de producción de refrigeradoras

**Tabla 32.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes              | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|--------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire             | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -16,00           | -8,9%                    |
|                          | Nivel de ruido y vibraciones                      | -20,00           | -11,2%                   |
| Recurso agua             | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -4,00            | -2,2%                    |
| Recurso suelo            | Calidad de suelo                                  | -8,00            | -4,5%                    |
| Desechos                 | Generación de desechos sólidos                    | -18,75           | -10,5%                   |
|                          | Erosión   | -0,40            | -0,2%                    |
|                          | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,2%                    |
| Proceso geomorfodinámico | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,2%                    |
|                          | Flora   | -0,40            | -0,2%                    |
|                          | Fauna   | -0,40            | -0,2%                    |
| Medio biótico            | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,2%                    |
|                          | Actividades comerciales                           | 63,00            | 35,2%                    |
|                          | Empleo  | 21,00            | 11,7%                    |
| Socioeconómico           | Aspectos Paisajísticos                            | -5,00            | -2,8%                    |
|                          | Riesgos a la población                            | -5,00            | -2,8%                    |
|                          | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,2%                    |
|                          | Calidad de vida de las comunidades                | -0,40            | -0,2%                    |
|                          | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -15,00           | -8,4%                    |
|                          | Impacto total                                     |                  | -10,95                   |
| Porcentaje del impacto   |   |                  |                          |

**Gráfico 32.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 32.2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos especialmente sobre la calidad del agua, ruido y vibraciones (no significativo). Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo) y empleo (poco significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -10.95 catalogado como impacto no significativo de carácter negativo.

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

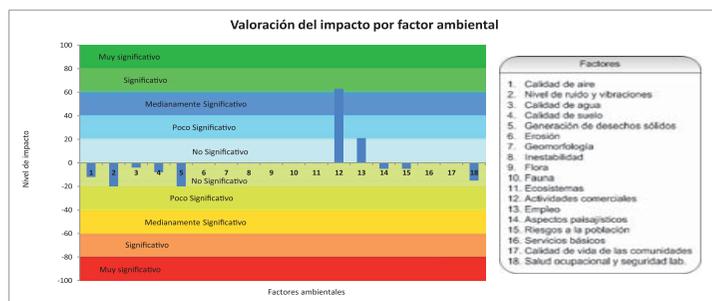
"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

En la Tabla 32.2 y Gráfico 32.3 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso de producción de cocinas

**Tabla 32.2 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes                | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |              |
|----------------------------|---|------------------|--------------------------|--------------|
| Recurso aire               | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -12,00           | -6,8%                    |              |
|                            | Nivel de ruido y vibraciones                      | -20,00           | -11,4%                   |              |
| Recurso agua               | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -4,00            | -2,3%                    |              |
| Recurso suelo              | Calidad de suelo                                  | -8,00            | -4,5%                    |              |
| Desechos                   | Generación de desechos sólidos                    | -20,00           | -11,4%                   |              |
|                            | Erosión   | -0,40            | -0,2%                    |              |
| Proceso geomorfofodinámico | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,2%                    |              |
|                            | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,2%                    |              |
|                            | Flora   | -0,40            | -0,2%                    |              |
| Medio biótico              | Fauna   | -0,40            | -0,2%                    |              |
|                            | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,2%                    |              |
|                            | Actividades comerciales                           | 63,00            | 35,8%                    |              |
| Socioeconómico             | Empleo  | 21,00            | 11,9%                    |              |
|                            | Aspectos Paisajísticos                            | -5,00            | -2,8%                    |              |
|                            | Riesgos a la población                            | -5,00            | -2,8%                    |              |
|                            | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,2%                    |              |
|                            | Calidad de vida de las comunidades                | -0,40            | -0,2%                    |              |
|                            | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -15,00           | -8,5%                    |              |
|                            | <b>Impacto total</b>                              |                  | <b>-8,20</b>             | <b>-4,7%</b> |
|                            | <b>Porcentaje del impacto</b>                     |                  |                          |              |

**Gráfico 32.3 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 32.3, el desarrollo del proceso causa impactos negativos en los factores generación de desechos sólidos (no significativo) y sobre la calidad del agua. También genera ruido. Los impactos positivos producto de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo) y empleo (poco significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -8.20 catalogado como impacto no significativo de carácter negativo.

## 32.2 Evaluación de cargas contaminantes para la actividad

En la Tabla 32.3 se indica las cargas contaminantes generadas por la ejecución de la presente actividad.

**Tabla 32.3 Carga contaminante de la actividad de fabricación de enseres domésticos**

| Proceso de producción de enseres domésticos |                                    |                         |                           |  |
|---|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Evaluación de Cargas Contaminantes          |                                    | Proceso Industrial      |                           |  |
|   |                                    | Enseres domésticos      | Generación de energía (d) |  |
| Unidad                                      |                                    | t de la minas de hierro | t                         |  |
| Emisiones                                   | Partículas (kg/unidad)             | -                       | 1,04                      |  |
|   | SO <sub>2</sub> (kg/unidad)        | -                       | 19,9                      |  |
|   | NO <sub>x</sub> (kg/unidad)        | -                       | 13,2                      |  |
|   | HC (kg/unidad)                     | 16,2 (1)                | 16,33                     |  |
|   | CO (kg/unidad)                     | -                       | 0,6                       |  |
| Efluentes                                   | VOL. DES. (m <sup>3</sup> /unidad) | 55                      | -                         |  |
|   | pH                                 | -                       | -                         |  |
|   | DBO (kg/unidad)                    | 19,3                    | -                         |  |
|   | DQO (kg/unidad)                    | 82                      | -                         |  |
|   | SS (kg/unidad)                     | 8,3                     | -                         |  |
|   | SDT (kg/unidad)                    | 22,6                    | -                         |  |
|   | Aceites (kg/unidad)                | 3,4                     | -                         |  |
|   |                                    |                         |                           |  |
|   |                                    |                         |                           |  |
|   |                                    |                         |                           |  |
| Residuos Sólidos                            | Desechos sólidos                   | -                       | -                         |  |
|   | Naturaleza del desecho             | -                       | -                         |  |

(1) Perdidas por la evaporación de la pintura; la cantidad de pintura usa aproximadamente 19 kg/t de laminas de hierro

## LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Esta industria se encarga del diseño, desarrollo, fabricación, ensamblaje, comercialización y venta de automóviles a nivel mundial. Es considerada con una gran generadora de empleo ya que además de la mano de obra directa que necesita, genera una completa industria paralela de componentes, por lo que la mano de obra indirecta que emplea es sumamente importante.

El automóvil fue inventado por el francés Nicholas Joseph Cugnot siendo el primer estreno de su invención en el año de 1769. Estos fueron los orígenes primitivos de lo que ahora conocemos como automóvil gracias a los diseños de Karl Friedrich Benz, alemán oriundo de la ciudad de Mannheim, que en 1865 construyó su primer modelo el cual lo patentó el 29 de enero de 1886. Está aceptado que la invención del automóvil fue simultánea entre ingenieros alemanes que trabajaron independientemente. Por un lado tenemos a Karl Benz y por otra parte a Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach que también diseñaron su propio modelo en 1889.

El CIU designado para esta actividad es el C-2910, denominado "Fabricación de vehículos automotores".

### 33.1 Proceso de ensamblaje de autos

El auto o automóvil es definido como un vehículo autopropulsado por un motor que sirve para el transporte de personas o mercancías sin necesidad de carriles.

En la actualidad los autos poseen diferentes métodos para llegar a generar su propulsión. Esta propulsión es generada por motores que pueden ser de combustión interna de combustibles fósiles o eléctricos, que usan reacciones REDOX (óxido-reducción) en baterías para generar carga eléctrica, y a su vez transformarla en energía mecánica.

El ensamblaje de automóviles se encarga de conformar estos equipos para la satisfacer la creciente demanda del mercado a través de dos líneas: la metálica y la mecánica, las cuales inicialmente comienzan separadas, pero convergen a la mitad del proceso para dar lugar al automóvil.

En el Ecuador, la actividad de ensamblaje de automóviles cuenta con cuatro ensambladoras en el territorio nacional: Omnibus BB (Quito), Maresa (Quito), Aymesa (Quito) y Coenansa (Montecristi). Omnibus BB es considerada como la principal ensambladora del país.

#### 33.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

- a. Recepción.
- b. Armado de carrocería.
- c. Desengrasado.
- d. Fosfatado.
- e. Lavado.
- f. Horneado.
- g. Sellado y curado.
- h. Fondeado y horneado.
- i. Pintado, horneado y abrillantado.
- j. Ensamblado de cabina.
- k. Ensamblado mecánico – “wedding”.
- l. Liberación del producto.
- m. Almacenamiento.
- n. Servicios auxiliares.

A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de ensamblaje de autos:

- **Recepción.** Este proceso inicia con la recepción de las piezas y partes que van a conformar la carrocería del vehículo. Además se adquiere una gran variedad de insumos, entre los que se destacan solventes, agentes desengrasantes, pinturas, agentes fosfatizantes, etc.

Como resultado de la actividad se generan posibles piezas no conformes y ruido.

- **Armado de la carrocería.** La línea de ensamblaje inicia con la ubicación del piso del vehículo el cual se lo deposita sobre la cadena de transporte, al cual se le van añadiendo las piezas que conforman los costados del chasis o compacto, barras de seguridad, soporte, etc., dependiendo del modelo y tipo de auto, obteniéndose de esta manera el armazón del vehículo a fabricarse. Para la unión de las piezas se utiliza suelda por resistencia (fusión de las piezas por temperatura a través de energía eléctrica) y soldadura MIG en medio inerte (se utiliza CO<sub>2</sub>).

En esta etapa del proceso se utiliza energía eléctrica para el sistema de grúa que transporta las piezas y para el funcionamiento de la maquinaria de armado, soldadura y gases industriales comprimidos (CO<sub>2</sub>) para la unión de las partes. Como resultado de la actividad se genera humo de la soldadura, residuos sólidos (limaduras de la carrocería y lijas usadas) y ruido.

- **Desengrasado.** Una vez que la parte metálica de la carrocería está completamente armada, ésta pasa al desengrasado por medio de la

aplicación de agua con detergentes de tal modo que se obtiene la carrocería completamente limpia, lista para la fosfatación.

En esta etapa del proceso se utiliza agua y detergentes para el proceso de desengrasado. Como resultado se genera agua residual y residuos sólidos (envases vacíos de detergentes).

- **Fosfatado.** Esta etapa se lleva a cabo únicamente cuando las piezas adquiridas para el chasis no hayan sido fosfatizadas previamente. Este proceso consiste en sumergir consecutivamente toda la carrocería en piscinas que contienen solventes y fosfatos. La capa de fosfatado será impregnada en las piezas metálicas por medio de electrodeposición (cataforesis), para lo cual se requiere de electrodos y carga eléctrica que permitirá el cumplimiento de la fase. Esta solución de solventes y fosfatos en la cual se sumerge la carrocería, es recirculada en el proceso.

Para el cumplimiento de esta etapa se requiere de energía eléctrica para el proceso de cataforesis en la piscina y para el funcionamiento de la maquinaria de transporte de la carrocería. Además, se requiere de productos químicos (solventes y fosfatos) para conformar la mezcla en la cual será sumergida la carrocería. Como resultado se genera ruido por el funcionamiento de la maquinaria, COV's por el uso de solventes y envases vacíos de productos químicos.

- **Lavado.** Después de que la carrocería ha sido fosfatada se realiza un lavado de la misma usando agua desmineralizada.

Para el cumplimiento de esta etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria utilizada y agua desmineralizada. Como resultado se genera agua residual con fosfatos, la cual es recirculada en el proceso y también se genera ruido por el funcionamiento de la maquinaria empleada.

- **Horneado.** Cuando la carrocería está totalmente limpia, ésta es conducida a los hornos eléctricos, donde es horneada por el lapso de una hora aproximadamente a una temperatura de 190 °C.

Para el cumplimiento de la etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de los hornos y maquinaria de transporte. Como resultado se genera ruido.

- **Sellado y curado.** Luego la carrocería pasa a la fase de sellado, en la cual se aplica una capa de “mastique” (consistente en un tipo de pintura especial, rugosa, la cual se aplica en la parte inferior del vehículo) en crema y pulverizada, la cual cumple la función de protección de la base del vehículo y de todas las zonas de unión de las piezas de ensamble. En esta fase también son colocados los paneles o piezas aisladoras de sonido en el interior de la carrocería. Una vez que la carrocería cuente con todas las partes requeridas y la pintura aplicada, pasa a la etapa de curado en los hornos eléctricos.

“Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador”

“Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador”

Para esta etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria y horno, mastique como producto de aplicación y aire para el pulverizado del mastique. Como resultado de la actividad se genera ruido, material particulado, COV's por el uso de solventes y envases vacíos de químicos.

- **Fondeado y horneado.** En esta fase se aplica la primera capa de pintura a toda la carrocería, conocida como pintura de fondo. Por lo general se utilizan dos tonos (gris claro y gris oscuro) en dependencia del color definitivo que se le va a dar al vehículo. La aplicación de pintura se hace en túneles aislados del ambiente, mediante pulverización, donde se usan solventes, pintura y aire. Al igual que en la fase anterior, cuando el vehículo está completamente pintado, pasa a un horno de curado para continuar con la línea de pintura.

Para el fondeado se utiliza energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria y equipos empleados, pintura de fondo, solventes y aire para el pulverizado de la pintura. Como resultado se genera ruido, material particulado, COV's por el uso de solventes y envases vacíos de químicos.

- **Pintado, horneado y abrillantado.** Se aplica la capa final de pintura a toda la carrocería, lo cual proporciona el color definitivo al vehículo. Por lo general se utilizan pinturas con base de poliuretano, las cuales son aplicadas mediante pulverización. Se usan solventes, poliuretano y aire para el pintado en túneles aislados del ambiente. Al igual que en la fase anterior, cuando el vehículo está completamente pintado, pasa a un horno de curado, donde recibe el acabado. Posteriormente se le aplica una capa de barniz para conseguir el brillo característico para luego pasar a otro horno, donde la última capa es secada y endurecida, quedando así la carrocería lista para el ensamblado del automóvil.

Para esta fase se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria y equipos empleados, pinturas en base a poliuretano, solventes y aire para el pulverizado y barniz para el acabado final. Como resultado se genera ruido, material particulado, COV's por el uso de solventes y envases vacíos de químicos.

- **Ensamblado de cabina.** A esta fase entra la carrocería terminada, y se comienza el montaje de los componentes de la cabina del vehículo de acuerdo al modelo del mismo. Entre las actividades que se desarrollan en esta fase se encuentran las siguientes:
  - Instalación de los pedales y barra del timón.
  - Instalación del tablero central y sistema de aire y ventilación interna.
  - Instalación del cableado eléctrico y esponjas del piso.
  - Colocación de la cubierta de todo el tablero central del auto, tacómetros, indicadores de agujas y el cielo raso del techo.

- Montaje de cristales fijos (parabrisas frontal, trasero y laterales).
- Colocación de todo el sistema eléctrico que pasa por la cabina, alfombras, rieles de los asientos, sensores para el sistema de airbag y piezas plásticas internas laterales.
- Instalación de las líneas de combustible, frenos y soportes del tubo de escape.
- Instalación de los elevadores de vidrios, vidrios móviles y demás accesorios en puertas.
- Acople de los recubrimientos internos, colocación de los asientos y el tablero.
- Instalación de retrovisores y demás cristales reflectivos.

En esta etapa del proceso se requiere de energía eléctrica, aire para el funcionamiento de maquinaria eléctrica y neumática, adhesivos para el pegado de cristales y todas las partes eléctricas y de cabina (cables, conectores, tableros, cristales, etc.). Se generan envases vacíos de adhesivos y ruido por el funcionamiento de la maquinaria.

- **Ensamblado mecánico – “wedding”.** Esta fase consiste en el montaje de las piezas que conformaran los trenes de tracción y rodadura del vehículo (motor, las suspensiones, barras estabilizadoras, barras de dirección, mordazas, discos de freno, etc.) con la carrocería. Se realizan las siguientes operaciones:
  - Montaje del radiador, ventiladores, filtros y soporte de faros.
  - Colocación de los sistemas de luces delanteros, traseros y laterales.
  - Colocación del salpicadero (pieza metálica o plástica que recubre la base del motor y parte baja del vehículo).
  - Se introduce la máquina (previamente ensamblada desde la casa matriz, la cual cuenta con el motor de arranque y piezas de ventilación). En la ensambladora lo único que se le adiciona a la máquina es la caja de transmisión.
  - Cableado y conexiones necesarias, incluyendo la conexión a tierra, para poner la batería y conectarla al sistema eléctrico del vehículo.
  - Configuración del software del vehículo (ECU, airbags, ABS, llaves, códigos de arranque, etc.).
  - Colocación de los aros y neumáticos al vehículo.
  - Se le adiciona combustible y se realiza el primer arranque del vehículo para comprobar su funcionalidad.

- Se incorporan los logotipos, pegatinas, decoraciones, entre otros acabados finales del coche.

Esta es la etapa más crítica o trascendental del proceso conocida como “wedding – boda”, la cual consiste en la unión de las dos líneas de ensamblaje, la metálica con la mecánica. En esta etapa del proceso se acopla todo el tren de tracción y rodadura del vehículo (suspensión, frenos, motor, transmisión, dirección, neumáticos) con su carrocería y forman uno solo.

En esta etapa se requiere de energía eléctrica y aire para el funcionamiento de maquinaria eléctrica y neumática, líquido de frenos, gasolina y todas las piezas mecánicas (motor, caja de transmisión, suspensión, motor de arranque, aros, llantas, batería, radiador, etc.). Se generan envases vacíos de líquido de freno, residuos sólidos y ruido.

- **Libерación del producto.** Cuando el auto está ensamblado en su totalidad, se procede a realizar las pruebas de rigor, cuyos resultados permiten la liberación del vehículo, asegurando la calidad, fiabilidad y buen funcionamiento del mismo. Las pruebas realizadas consisten en:

- Arranque y frenado del vehículo realizado en rodillos.
- Chequeo de fallas en pintura.
- Prueba en pista del desenvolvimiento del vehículo (aislamiento, vibración, etc.).
- Pruebas de sellado, en donde el auto entra a un túnel de lavado a presión para localizar posibles infiltraciones.

Si el vehículo pasa satisfactoriamente todas las pruebas de calidad, pasa a la etapa de almacenamiento, caso contrario, el vehículo retorna a la línea de producción para la corrección de las fallas detectadas.

Para el cumplimiento de esta etapa se requiere del uso de energía eléctrica para el funcionamiento de equipos de control, agua para la prueba de sellado. Como resultado de la etapa se generan vehículos rechazados, los cuales vuelven a la correspondiente fase del proceso para corregir su defecto; agua residual; ruido y gases de combustión.

- **Almacenamiento.** Representa la fase final del proceso de ensamblado de vehículos, donde el producto terminado es embalado para su protección con plásticos autoadhesivos y almacenado para su posterior comercialización.

Para esta etapa del proceso se requiere de plásticos autoadhesivos para la protección del vehículo. Como resultado de la actividad se generan plásticos deteriorados.

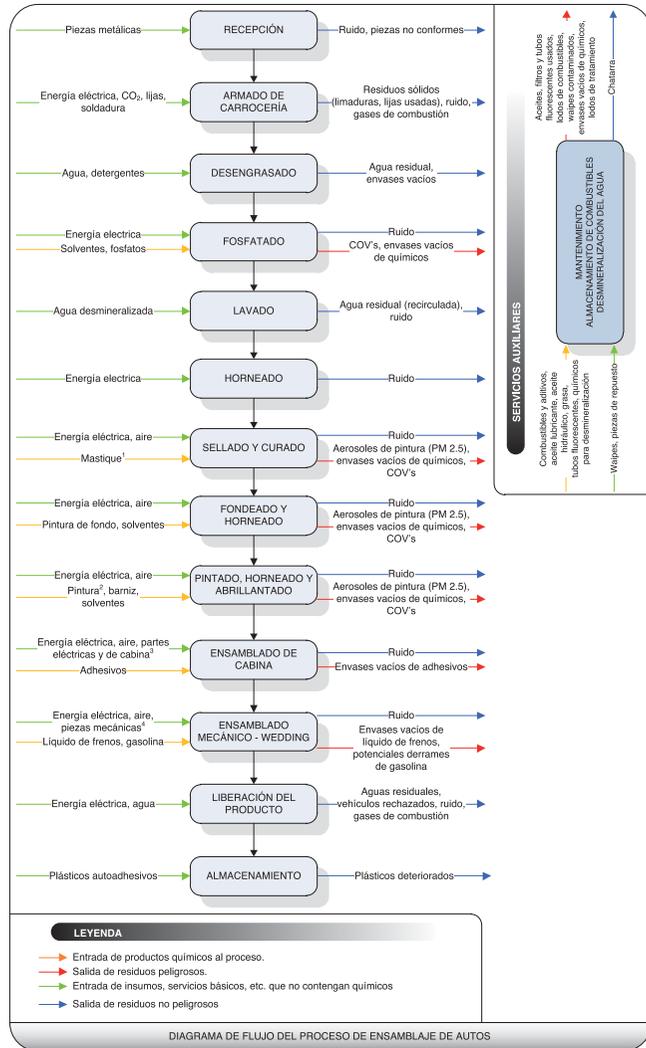
- **Servicios auxiliares necesarios para el proceso.** Para un buen

desarrollo de las diferentes etapas del proceso de ensamblaje de autos, se requiere de la presencia de servicios auxiliares, tales como:

- Mantenimiento mecánico e industrial.** Para llevar a cabo estas actividades de mantenimiento de la infraestructura tecnológica de la planta ensambladora, se requieren aceites lubricantes, filtros de aceite, waipes, aceites hidráulicos, tubos fluorescentes, solventes, pintura, piezas de repuesto, grasas, etc. Estas actividades generan desechos, tales como: aceites y filtros usados, envases contaminados, chatarra, waipes impregnados con hidrocarburos, tubos fluorescentes usados, etc.
- Manejo de combustibles.** El combustible que se emplea para el funcionamiento inicial de los automotores es almacenado en tanques estacionarios, lo que implica el riesgo de potenciales derrames no intencionales que pudieran provocar la contaminación de los suelos y las aguas superficiales.
- Desmineralización del agua.** En la línea de pintura, para la fase de lavado se requiere de agua desmineralizada por lo que es necesario el servicio de desmineralización del agua para asegurar el óptimo desarrollo de esta fase. La desmineralización se la ejecuta mediante el uso de resinas (aniónica y catiónica) y agentes regenerantes de las resinas (ácidos y álcalis). Como resultado, se generan envases vacíos de productos químicos.
- Tratamiento de aguas residuales.** Los efluentes que se generan durante el proceso, son tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Se generan desechos sólidos (envases vacíos de los químicos), lodos de la planta de tratamiento.

En el Gráfico 33.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de ensamblaje de autos.

**Gráfico 33.1 Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje de autos**



- Tipo de pintura especial rugosa colocada en la parte inferior del vehículo que va a estar expuesta a la carretera, grava, etc.
- Pintura en base a poliuretano
- Cables, conectores, tableros, cristales, etc.
- Piezas, tornillos, tuercas, arandelas, máquina, tanques, conductos, mangueras, paneles, llantas, aros, etc.

**33.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de ensamblaje de autos**

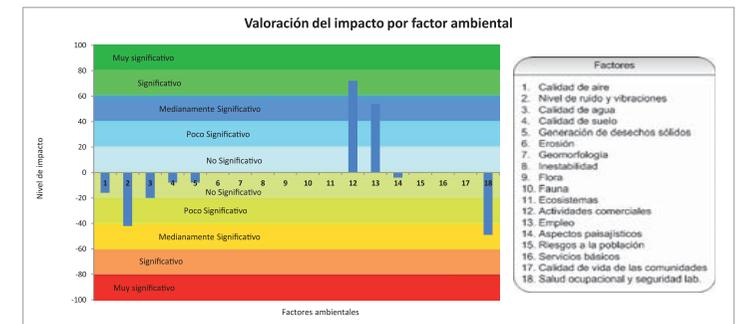
En la Tabla 33.1 y Gráfico 33.2 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

**Tabla 33.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes            | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire           | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -16,00           | -5,8%                    |
|                        | Nivel de ruido y vibraciones                      | -42,00           | -15,2%                   |
| Recurso agua           | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -20,00           | -7,2%                    |
| Recurso suelo          | Calidad de suelo                                  | -8,00            | -2,9%                    |
| Desechos               | Generación de desechos sólidos                    | -8,00            | -2,9%                    |
|                        | Erosión   | -0,30            | -0,1%                    |
|                        | Geomorfología                                     | -0,30            | -0,1%                    |
| Proceso geomorfológico | Inestabilidad                                     | -0,30            | -0,1%                    |
|                        | Flora   | -0,30            | -0,1%                    |
|                        | Fauna   | -0,30            | -0,1%                    |
| Medio biótico          | Ecosistemas                                       | -0,30            | -0,1%                    |
|                        | Actividades comerciales                           | 72,00            | 26,1%                    |
|                        | Empleo  | 54,00            | 19,6%                    |
| Socioeconómico         | Aspectos Paisajísticos                            | -4,00            | -1,4%                    |
|                        | Riesgos a la población                            | -0,40            | -0,1%                    |
|                        | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,1%                    |
|                        | Calidad de vida de las comunidades                | -0,40            | -0,1%                    |
|                        | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -49,00           | -17,8%                   |
|                        | Impacto total                                     |                  | -24,00                   |
| Porcentaje del impacto |   |                  |                          |

**Gráfico 33.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 33.2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos sobre el nivel de ruido y vibraciones, generación de humos de soldadura, desechos sólidos y aguas residuales, salud ocupacional y seguridad laboral. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo) y empleo (medianamente significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -24.00 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo.

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

## LA ACTIVIDAD MINERA (NO METÁLICA Y METÁLICA)

La actividad minera en general es definida como la obtención selectiva de los minerales y otros materiales, a partir de la mena. Esto también corresponde a la actividad económica primaria relacionada con la extracción de elementos de los cuales se puede obtener un beneficio económico. Dependiendo del tipo de material a extraer y beneficiar, la minería se divide en metálica y no metálica

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), las actividades relacionadas con la minería se encuentran clasificadas dentro de la categorización B-0729 "Extracción de otros minerales metalíferos no ferrosos".

Entre los procesos de esta actividad industrial, se encuentran el proceso artesanal de extracción de oro y el proceso de producción de cal a partir de la extracción de caliza, los cuales serán descritos a continuación.

### 34.1 Proceso artesanal de extracción de oro (método mercurio)

La minería aurífera es una actividad económica que a lo largo del tiempo ha cambiado de lugar e intensidad. Es considerada como una actividad a corto y mediano plazo pero con efectos ambientales negativos que pueden mantenerse por largo plazo debido al uso de las sustancias químicas utilizadas para la recuperación (mercurio o cianuro) y refinamiento del metal precioso, así como por las grandes cantidades de agua que demanda el proceso.

El proceso de extracción artesanal del oro, emplea procedimientos rudimentarios a diferencia de la extracción a gran escala. Este tipo de minería es caracterizado por el uso de mercurio (Hg) como medio para la separación y recuperación del metal precioso. Este proceso de recuperación es conocido como amalgamación el cual produce como resultado las amalgamas, las cuales son calentadas hasta su evaporación, quedando como remanente el oro puro. Cabe destacar que las emisiones gaseosas, producidas por la quema de las amalgamas son altamente tóxicas, fundamentalmente para la salud de las personas que realizan esta actividad, además de la contaminación de los cuerpos hídricos receptores por vertidos con altas concentraciones de Hg al medio ambiente. Esta problemática ha creado la necesidad de optar por nuevas tecnologías para este tipo de minería, como la deposición gravimétrica, cianuración y el uso de campos magnéticos. Sin embargo estos procedimientos no son utilizados por la minería artesanal, debido al costo de la tecnología.

El CIIU específico de esta actividad es el B-0729.02, denominado "Extracción de metales preciosos: oro, plata, platino".

### 34.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

El proceso artesanal de la extracción del oro está compuesto por las siguientes etapas:

- a. Extracción del mineral.
- b. Trituración.
- c. Molienda.
- d. Bateo.
- e. Amalgamación.
- f. Quema.
- g. Comercialización.

A continuación se describe cada una de las etapas del proceso artesanal de extracción de oro:

- **Extracción de la materia prima.** La materia prima es extraída artesanalmente de vetas o filones auríferos con maceta y cincel desde las minas. Por lo general el oro se encuentra incorporado en formaciones de cuarzo.

En esta etapa ingresan las formaciones de cuarzo, extraídas como materia prima. Como resultado se generan residuos sólidos de la extracción del mineral.

- **Trituración.** En esta etapa se procede a triturar mecánicamente el material extraído de la mina (formaciones de cuarzo) mediante el uso de las denominadas “chancadoras”

Como resultado de la trituración de las formaciones de cuarzo extraídas de las minas, se genera ruido, material particulado y residuos sólidos por la trituración del material.

- **Molienda.** El proceso de molienda se realiza con el fin de transformar el material triturado en un polvo fino, lo cual permitirá la liberación del oro de la ganga (resto de componentes que conforman el cuarzo, donde está alojado el metal precioso), por medio de artesas con morteros de roca.

En esta etapa se requiere del uso de agua para la molienda del material extraído. Como resultado de esta etapa del proceso se genera ruido, residuos sólidos y agua residual con partículas suspendidas.

- **Bateo.** Una vez que el mineral ha sido molido y se ha obtenido lo que comúnmente llaman “pulpa”, se procede al bateo o platoneo de esta pulpa. Este proceso consiste en la separación del oro contenido en la pulpa del resto de los componentes que lo acompañan, por diferencia de densidades.

En esta etapa del proceso se requiere del uso de agua como medio de transferencia, produciéndose aguas residuales turbias con alto contenido de material en suspensión y lodos.

- **Amalgamación.** Una vez que las partículas de oro de la pulpa bateada han sido extraídas se procede a mezclar dicho producto con mercurio (proceso conocido como amalgamación), con el fin de extraer el oro puro del material.

En esta etapa del proceso se requiere del uso de mercurio y agua para el proceso de amalgamación. Como resultado de la actividad se generan aguas residuales con contenido de mercurio. Estos efluentes son considerados peligrosos para la salud de los trabajadores, debido a las características de alta toxicidad, bioacumulación y biomagnificación del mercurio.

- **Quema.** Una vez obtenida la amalgama, ésta es lavada minuciosamente asegurando la limpieza completa del producto (fundamentalmente para liberarlas de las partículas de arena fina y restos de hierro). Usualmente en el proceso artesanal de extracción del oro se utilizan como elementos para el lavado: panela, limón, azúcar, entre otros. Una vez que las amalgamas han sido lavadas, se procede a secarlas por medio de presión exprimiéndola para posteriormente hacer “bolitas” de la pasta, para posteriormente proceder a quemarlas en la retorta. Luego del proceso de quema se obtiene el oro puro.

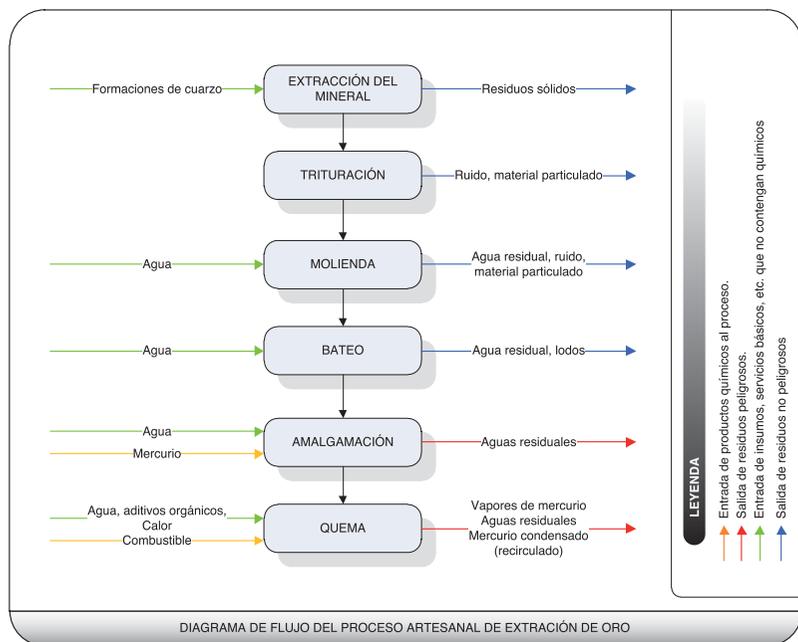
El producto obtenido de la quema de las amalgamas, es comercializado directamente, por lo que no requiere de almacenamiento.

Para esta etapa del proceso se requiere una serie de insumos que son usados como aditivos (limón, azúcar, panela, entre otros), agua para el lavado de las amalgamas, calor generado usualmente con mecheros o sopletes y combustible para la quema del material. Como resultado de la actividad se generan aguas residuales contaminadas con mercurio y emisiones de vapores de mercurio (dependiendo de la tecnificación de la quema, se puede recuperar el mercurio volatilizado por condensación para su recirculación).

Debido a que este proceso se lo realiza de forma artesanal, no se prevén servicios auxiliares de ningún tipo.

En el Gráfico 34.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso artesanal de extracción de oro.

**Gráfico 34.1 Diagrama de flujo del proceso artesanal de extracción de oro**



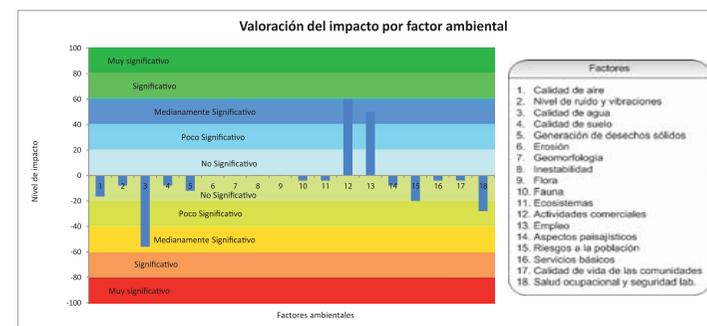
**34.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso artesanal de extracción de oro**

A continuación se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso (Tabla 34.1), además de la representación gráfica de los mismos (Gráfico 34.2).

**Tabla 34.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes                   | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|-------------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire                  | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -16,50           | -5,8%                    |
|                               | Nivel de ruido y vibraciones                      | -8,00            | -2,8%                    |
| Recurso agua                  | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -56,00           | -19,7%                   |
| Recurso suelo                 | Calidad de suelo                                  | -8,00            | -2,8%                    |
| Desechos                      | Generación de desechos sólidos                    | -12,00           | -4,2%                    |
|                               | Erosión   | -0,40            | -0,1%                    |
|                               | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,1%                    |
| Proceso geomorfo dinámico     | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,1%                    |
|                               | Flora   | -0,40            | -0,1%                    |
|                               | Fauna   | -4,00            | -1,4%                    |
| Medio biótico                 | Ecosistemas                                       | -4,00            | -1,4%                    |
|                               | Actividades comerciales                           | 60,00            | 21,1%                    |
| Socioeconómico                | Empleo  | 50,00            | 17,6%                    |
|                               | Aspectos Paisajísticos                            | -8,00            | -2,8%                    |
|                               | Riesgos a la población                            | -20,00           | -7,0%                    |
|                               | Servicios básicos                                 | -4,00            | -1,4%                    |
|                               | Calidad de vida de las comunidades                | -4,00            | -1,4%                    |
|                               | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -28,00           | -9,9%                    |
| <b>Impacto total</b>          |   | <b>-64,10</b>    | <b>-22,6%</b>            |
| <b>Porcentaje del impacto</b> |   |                  |                          |

**Gráfico 34.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 34.2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos sobre la calidad del aire y agua, constituye un riesgo para salud ocupacional y seguridad laboral. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (medianamente significativo) y empleo (medianamente significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -64.10 catalogado como impacto significativo de carácter negativo.

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

### 34.2 Proceso de producción de cal viva

El óxido de calcio (CaO) conocido también como cal viva, es un compuesto químico que se obtiene a partir de la calcinación de la roca caliza, que al desprender anhídrido carbónico se transforma en óxido de calcio. La cal se ha usado desde la antigüedad como aglomerante en la construcción, también para pintar muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial.

Por lo general las industrias de producción de cal viva también extraen la piedra caliza en canteras a cielo abierto, para lo cual se realiza una perforación de al menos 2 metros de profundidad y de 2 a 4 metros de longitud. Luego se colocan cargas explosivas en las barrenas para quebrar el material y poder extraerlo. El acopio del material se realiza en el sector y se lo transporta a las planta de tratamiento.

Este apartado, se enfocará a describir la producción de cal viva a partir del procesamiento de piedras calizas en las plantas de producción.

El CIIU específico de esta actividad es el B-0810.12 denominado "Extracción, trituración y fragmentación de piedra caliza".

#### 34.2.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

- Recepción de la materia prima
- Trituración.
- Calcinación.
- Enfriamiento.
- Cribado.
- Trituración y pulverización.
- Envasado.
- Almacenamiento.

En el Gráfico 34.3 se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de cal viva. A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de producción:

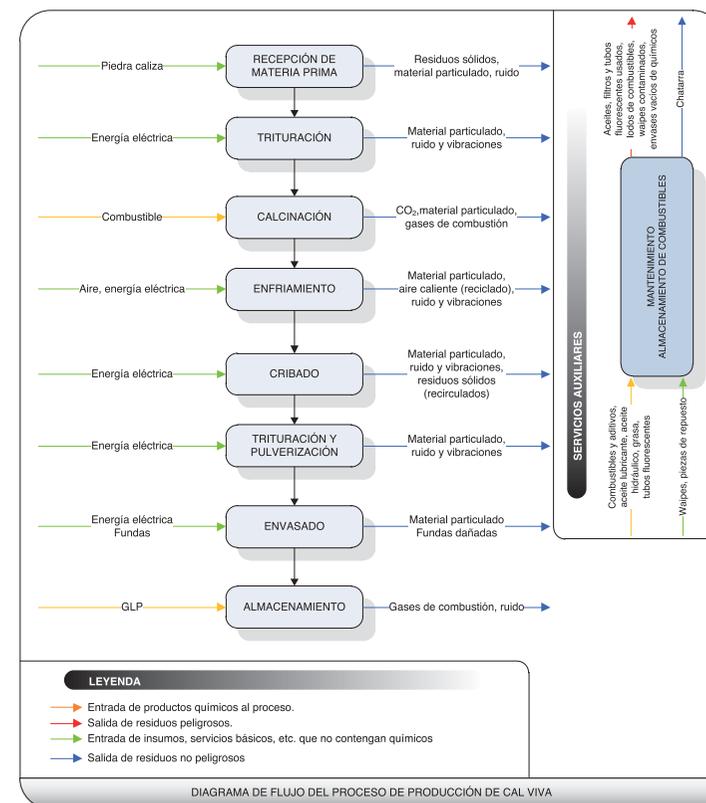
- **Recepción de materia prima.** Esta fase consiste en la recepción de la piedra caliza, extraídas de las canteras a cielo abierto y transportada hasta las instalaciones de la planta.

Como resultado de la etapa de recepción de la piedra caliza, se generan residuos sólidos de las rocas, material particulado y ruido por el proceso de descarga.

- **Trituración.** La piedra caliza es sometida a trituración, donde se producen trozos de menor tamaño los cuales serán conducidos a los hornos para su calcinación.

En esta etapa del proceso se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de las trituradoras. Como resultado del proceso de trituración, se genera material particulado, ruido y vibración.

**Gráfico 34.3 Diagrama de flujo del proceso de producción de cal viva**



- **Calcinación.** Esta etapa tiene por objeto aplicar calor a la caliza para lograr la descarbonatación (eliminación de dióxido de carbono), en la cual la caliza pierde cerca de la mitad del peso del mineral original.

Para esta etapa del proceso se requiere de grandes cantidades de energía para calcar las rocas a una temperatura de 900-1200 °C, por lo que se requiere bunker como combustible para los hornos. Actualmente, algunas empresas utilizan aceites usados en la fase de coprocesamiento. Como resultado se genera CO<sub>2</sub> por la descarbonatación de la piedra caliza, material particulado y gases de combustión.

- **Enfriamiento.** La cal obtenida de la calcinación es sometida a enfria-

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

miento para que pueda ser manejada. Por lo general se lo realiza por medio de enfriadores giratorios los cuales mueven el material calcinado a través de una corriente de aire para producir su enfriamiento. El aire caliente es recuperado y retornado a los hornos como aire secundario.

Para el cumplimiento de esta etapa del proceso se requiere del uso de energía eléctrica para el funcionamiento de los enfriadores giratorios y aire para el enfriamiento. Como resultado de la actividad se genera material particulado, aire caliente que es reciclado en los hornos como aire secundario, ruido y vibraciones.

- **Cribado.** La fase de cribado tiene como objetivo separar el material grueso del fino por medio de mallas o tamices vibratorios con la finalidad de clasificarlo para una mejor gestión del mismo en la siguiente etapa del proceso.

En esta etapa se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de las cribas vibratorias. Se generan residuos sólidos (material grueso), los cuales son recirculados en el proceso; abundante material particulado, ruido y vibraciones.

- **Trituración y pulverización.** La trituración y pulverización de las piedras descarbonatadas se realiza con el fin de reducir aún más el tamaño del material y de esta forma obtener la cal viva molida como producto terminado.

En esta etapa del proceso se requiere del uso de energía eléctrica para el funcionamiento de las trituradoras y pulverizadoras. Como resultado de la actividad se genera material particulado, ruido y vibraciones.

- **Envasado.** La cal es llevada a una tolva desde la cual se envasa en sacos de papel, obteniéndose de esta forma el producto terminado.

En esta etapa se utilizan fundas de papel para el envasado y energía eléctrica para el funcionamiento de las envasadoras y bandas transportadoras. La actividad genera material particulado y fundas dañadas.

- **Almacenamiento.** Representa la etapa final del proceso, donde el producto terminado es almacenado para su posterior comercialización.

Para la actividad se requiere del uso de montacargas, por lo que se hace indispensable el uso de GLP como combustible. Se generan emisiones no significativas de gases de combustión y ruido.

- **Servicios auxiliares necesarios para el proceso.** Para un buen desarrollo de las diferentes etapas del proceso de producción de cal viva, se requiere de la presencia de servicios auxiliares, tales como:

- Mantenimiento mecánico e industrial.** El mantenimiento de la infraestructura tecnológica requiere del uso de waipes, aceites lubricantes, tubos fluorescentes, baterías plomo-ácido, filtros de

aceite, piezas de repuesto, grasas, etc. Estas actividades generan desechos, tales como: aceites y filtros usados, envases contaminados, chatarra, waipes impregnados con hidrocarburos, tubos fluorescentes, baterías usadas etc.

- Manejo de combustibles.** Debido al uso de bunker como combustible para el funcionamiento de los hornos, el cual es almacenado en tanques estacionarios, se generan lodos de almacenamiento, así como potenciales derrames no intencionales que pudieran provocar la contaminación de los suelos y las aguas superficiales.

### 34.2.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de producción de cal viva

En la Tabla 34.2 y Gráfico 34.4 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso.

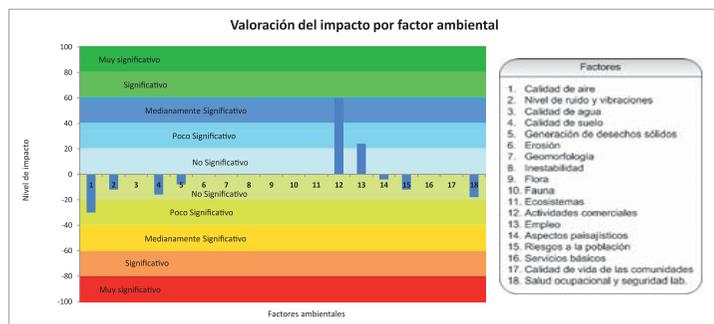
**Tabla 34.2 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes                | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|----------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire               | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -30,00           | -16,0%                   |
|                            | Nivel de ruido y vibraciones                      | -12,00           | -6,4%                    |
| Recurso agua               | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -0,40            | -0,2%                    |
| Recurso suelo              | Calidad de suelo                                  | -16,00           | -8,5%                    |
| Desechos                   | Generación de desechos sólidos                    | -8,00            | -4,3%                    |
|                            | Erosión   | -0,40            | -0,2%                    |
|                            | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,2%                    |
| Proceso geomorfofodinámico | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,2%                    |
|                            | Flora   | -0,40            | -0,2%                    |
|                            | Fauna   | -0,40            | -0,2%                    |
| Medio biótico              | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,2%                    |
|                            | Actividades comerciales                           | 60,00            | 32,0%                    |
|                            | Empleo  | 24,00            | 12,8%                    |
| Socioeconómico             | Aspectos Paisajísticos                            | -4,00            | -2,1%                    |
|                            | Riesgos a la población                            | -12,00           | -6,4%                    |
|                            | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,2%                    |
|                            | Calidad de vida de las comunidades                | -0,40            | -0,2%                    |
|                            | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -18,00           | -9,6%                    |
| Impacto total              |   | -19,60           | -10,4%                   |
| Porcentaje del impacto     |   |                  |                          |

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

**Gráfico 34.4 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



En el Gráfico 34.4 se presenta la evaluación ambiental del proceso y se establece que causa impactos negativos sobre la calidad de aire (material particulado) y genera ruido. Los impactos positivos producto de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (medianamente significativo) y empleo (poco significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -19.60 catalogado como impacto no significativo de carácter negativo.

### 34.3 Evaluación de cargas contaminantes para la actividad

En la Tabla 34.3 se indica las cargas contaminantes generadas por la ejecución de la presente actividad.

**Tabla 34.3 Carga contaminante de la actividad minera no metálica y metálica**

| Proceso de producción de la minería de oro |   |           |     |                                    |
|--|---|-----------|-----|------------------------------------|
| Evaluación de Cargas Contaminantes         | Proceso Industrial                              |           |     |                                    |
|  | Explotación informal de yacimientos secundarios |           |     |                                    |
| Unidad                                     | kg de oro                                       | t mineral | t   |                                    |
| Emisiones                                  | Partículas (kg/unidad)                          | -         | -   | -                                  |
|  | SO <sub>2</sub> (kg/unidad)                     | -         | -   | -                                  |
|  | NO (kg/unidad)                                  | -         | -   | -                                  |
|  | HC (kg/unidad)                                  | -         | -   | -                                  |
|  | CO (kg/unidad)                                  | -         | -   | -                                  |
|  | Hg (kg/unidad)                                  | 2,0       | -   | -                                  |
| Efluentes                                  | VOL. DES. (m <sup>3</sup> /unidad)              | -         | 150 | -                                  |
|  | pH  | -         | 6-9 | -                                  |
|  | DBO (kg/unidad)                                 | -         | -   | -                                  |
|  | DQO (kg/unidad)                                 | -         | -   | -                                  |
|  | SS (kg/unidad)                                  | -         | 10  | -                                  |
|  | SDT (kg/unidad)                                 | -         | -   | -                                  |
|  | Aceites (kg/unidad)                             | -         | -   | -                                  |
| Residuos Sólidos                           | Desechos sólidos                                | -         | -   | N/D                                |
|  | Naturaleza del desecho                          | -         | -   | Desechos de arena y roca triturada |

## LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO

El petróleo es un recurso natural no renovable, cuyo nombre proviene del latín *petra* (piedra) y *oleum* (aceite) y está formado por una mezcla compleja de hidrocarburos, de consistencia muy variada, más ligero que el agua (densidad alrededor de 0,8-0,95 kg/dm<sup>3</sup>), de color negro o pardo muy oscuro y olor penetrante.

Según la teoría orgánica del petróleo, su formación es debida a la acumulación de detritos de organismos vivos, animales y vegetales, que vivían en mares, lagunas, etc., y fueron cubiertos por sedimentos, produciendo una degradación que en principio fue por bacterias anaerobias y luego aerobias. A medida que los sedimentos se fueron acumulando, se produjo un fuerte aumento de la presión (170 -180 kg/cm<sup>2</sup>) y temperatura (hasta 150° C) y el petróleo fluía por las capas permeables hasta encontrar otras impermeables (margas y arcillas), alojándose en anticlinales o fallas, llamadas trampas geológicas, a profundidades que oscilan entre los 7000 y los 15000 metros.

Las formaciones de petróleo suelen estar flotando en agua salada y sobre él, un casquete de hidrocarburos gaseosos, cuya capacidad es muy variable, siendo este parámetro, junto con la profundidad del yacimiento, los factores que determinan la posible explotación industrial.

La explotación petrolera en el Ecuador tiene dos épocas claramente marcadas. La primera corresponde al período 1911-1960, caracterizada por cinco elementos fundamentales: la zona de exploración y explotación fue la península de Santa Elena; el crudo liviano encontrado correspondió a más de 32° API; la tecnología aplicada fue primaria; tanto el impacto social como ambiental no fue considerado en la contratación pública y, por último, la modalidad legal fue la concesión a una compañía extranjera: la Anglo, la cual era subsidiaria de la transnacional British Petroleum.

La segunda etapa petrolera se inició en 1970 con el descubrimiento del campo Lago Agrio en la región amazónica del Aguarico, etapa que se extiende hasta la actualidad con la construcción de un nuevo oleoducto de crudos pesados OCP.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU, las actividades desarrolladas en la extracción de petróleo crudo pertenecen al sector B-0610 denominado "Extracción de petróleo crudo".

### 35.1 Proceso de exploración de petróleo

Exploración es el término utilizado en la industria petrolera para designar a la búsqueda de petróleo, empleando distintos métodos y técnicas que se especifican en la etapa de prospección.

El petróleo suele encontrarse en ciertos tipos de estructuras geológicas, como anticlinales, trampas por falla y domos salinos que se hallan bajo algunos terrenos y en muy distintos climas. Tras seleccionar una zona de interés se llevan a cabo numerosos tipos de prospecciones geofísicas y se realizan mediciones a fin de obtener una evaluación precisa de las formaciones del subsuelo.

Existen distintas técnicas de exploración, entre las que se destacan las siguientes:

**Prospecciones magnetométricas.** Las variaciones del campo magnético terrestre se miden con magnetómetros suspendidos de un aeroplano a fin de localizar formaciones de rocas sedimentarias, cuyas propiedades magnéticas son generalmente débiles en comparación con las de otras rocas.

**Prospecciones fotogramétricas aéreas.** Las fotografías tomadas con cámaras especiales desde aeroplanos proporcionan vistas tridimensionales de la tierra que se utilizan para determinar formaciones geológicas en las que puede haber yacimientos de petróleo y gas natural.

**Prospecciones gravimétricas.** Como las grandes masas de roca densa aumentan la atracción de la gravedad, se utilizan gravímetros para obtener información sobre formaciones subyacentes, midiendo pequeñas diferencias de gravedad.

**Prospecciones sísmicas.** La sísmica es un proceso geofísico que consiste en crear temblores artificiales de tierra, mediante el uso de explosivos que causan ondas con las que se hace una ecografía del subsuelo, donde aparecen las diversas estructuras existentes, incluyendo estructuras que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos.

El producto final es una representación del subsuelo, ya sea en dos dimensiones (2D) o en tres dimensiones (3D). La ventaja de la sísmica en 3D radica en la enorme cantidad de información que proporciona, reduciendo sensiblemente la incertidumbre acerca de la posición y geometría de las capas subterráneas.

**Prospecciones radiográficas.** La radiografía consiste en el uso de ondas de radio para obtener información similar a la que proporcionan las prospecciones sísmicas.

**Prospecciones estratigráficas.** El muestreo estratigráfico es el análisis de testigos extraídos de estratos rocosos del subsuelo para ver si contienen trazas de gas y petróleo. Se corta con una barrena hueca un trozo cilíndrico de roca, denominado testigo y se empuja hacia arriba por un tubo (sacatestigos) unido a la barrena. El tubo sacatestigos se sube a la superficie y se extrae el testigo para su análisis.

El CIIU específico de esta actividad es el B0910.01 denominado "Actividades de servicios de extracción de petróleo y gas realizadas a cambio de una retribución o por contrato: servicios de exploración relacionados

con la extracción de petróleo y gas, por ejemplo, métodos tradicionales de prospección, como la realización de observaciones geológicas en los posibles yacimientos".

### 35.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

De las técnicas de prospecciones antes mencionadas, una de las más utilizadas en el Ecuador es la sísmica, la cual comprende las siguientes etapas:

- Apertura de trochas.
- Desbroce de vegetación.
- Perforación.
- Detonación.
- Registro de datos.

A continuación se describe cada una de las etapas que comprende el proceso de prospección, utilizando la técnica sísmica:

- **Apertura de trochas.** La apertura de trochas, conocida también en el argot petrolero como "pica", es necesaria para el levantamiento planimétrico y altimétrico de los perfiles y líneas sísmicas establecidas, así como para permitir el paso de personal y equipos.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza geoposicionadores satelitales (GPS), equipos de topografía y herramientas manuales y mecánicas para el corte selectivo de vegetación: machetes, hachas, sierras eléctricas, etc.

Como resultado de esta etapa del proceso se genera ruido y residuos sólidos de la vegetación cortada.

- **Desbroce de vegetación.** Esta etapa comprende la tala de árboles y arbustos que puedan dificultar las labores de perforación en el área de trabajo definida.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizan herramientas manuales y mecánicas para el desbroce de la vegetación, obteniéndose como desecho árboles y arbustos cortados.

- **Perforación.** Comprende la perforación de pozos en los puntos de disparo para colocar la carga sísmica o detonante. Los pozos tienen generalmente las siguientes características:
  - Distancia entre pozos: 15 a 100 m
  - Diámetro: 5 a 10 cm
  - Profundidad: 2 a 20 m
  - Revestimiento: tubos de PVC de 2 pulgadas (opcional).

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de combustibles para el funcionamiento de los taladros de perforación, de los cuales se generan residuos sólidos (lodos y ripio), gases de combustión, ruido y vibraciones.

- **Detonación.** En primera instancia se coloca el material explosivo (pentolita) en el fondo de los pozos, normalmente entre 3 y 9 metros de profundidad, luego se cubre el pozo hasta la superficie con el material extraído durante la perforación. Simultáneamente, se colocan los equipos encargados de transformar las ondas de sonido en datos (geófonos), los cuales van unidos entre sí por cables y conectados a una estación receptora.

En segunda instancia se ejecuta la detonación de las cargas explosivas colocadas en los pozos cuya actividad se realiza en un pozo a la vez.

En esta etapa del proceso se utilizan explosivos (pentolita) y mechas, y como producto de esta fase se genera material particulado, ruido, vibraciones, desechos plásticos y empaques.

- **Registro de datos.** Luego de la detonación se producen ondas que atraviesan las capas subterráneas y regresan a la superficie. Los geófonos las captan y las envían a la estación receptora (sismógrafo), donde mediante equipos especiales de cómputo, se dibuja el interior de la tierra.

Además se mide el tiempo transcurrido entre el momento de la explosión y la llegada de las ondas reflejadas, pudiéndose determinar la posición de los estratos y su profundidad, describiendo la ubicación de los anticlinales favorables para la acumulación del petróleo.

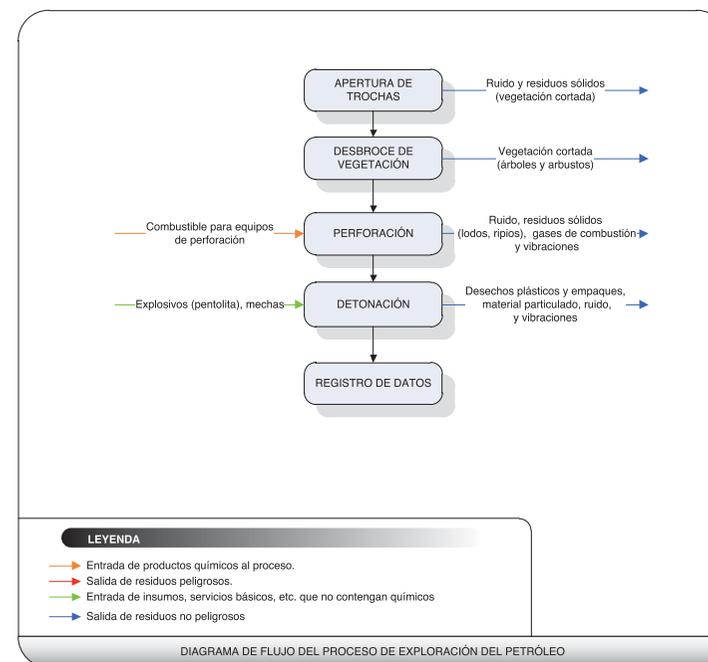
El producto final es una representación gráfica del subsuelo, ya sea en dos (2D) o tres dimensiones (3D), donde se establece las áreas que pueden contener mantos con depósitos de hidrocarburos, el potencial contenido de hidrocarburos y donde se deben perforar los pozos exploratorios.

En el Gráfico 35.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de exploración del petróleo.

### 35.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de exploración del petróleo

En la Tabla 35.1 y Gráfico 35.2 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el proceso de exploración de petróleo.

**Gráfico 35.1. Diagrama de flujo del proceso de exploración del petróleo**



**Tabla 35.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes              | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|--------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire             | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -6,00            | -8,1%                    |
|                          | Nivel de ruido y vibraciones                      | -27,50           | -36,9%                   |
| Recurso agua             | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -0,60            | -0,8%                    |
| Recurso suelo            | Calidad de suelo                                  | -0,90            | -1,2%                    |
| Desechos                 | Generación de desechos sólidos                    | -6,00            | -8,1%                    |
|                          | Erosión   | -1,00            | -1,3%                    |
|                          | Geomorfología                                     | -0,80            | -1,1%                    |
|                          | Inestabilidad                                     | -1,50            | -2,0%                    |
| Proceso geomorfodinámico | Flora   | -0,40            | -0,5%                    |
|                          | Fauna   | -0,40            | -0,5%                    |
| Medio biótico            | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,5%                    |
|                          | Actividades comerciales                           | 5,00             | 6,7%                     |
| Socioeconómico           | Empleo  | 20,00            | 26,8%                    |
|                          | Aspectos Paisajísticos                            | -1,00            | -1,3%                    |
|                          | Riesgos a la población                            | -0,80            | -1,1%                    |
|                          | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,5%                    |
|                          | Calidad de vida de las comunidades                | 0,50             | 0,7%                     |
|                          | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -1,30            | -1,7%                    |
|                          | Impacto total                                     |                  | -23,50                   |
| Porcentaje del impacto   |   |                  |                          |

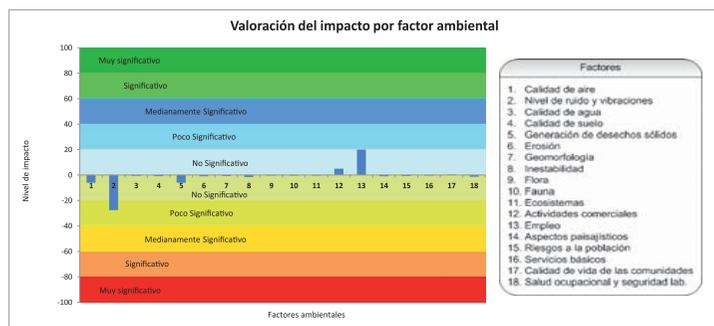
"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

Como se observa en el Gráfico 35.2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos relacionados con ruido y vibraciones, leve afectación a la flora y fauna, riesgos asociados con el manejo de los explosivos. Los impactos positivos producto de la actividad se generan en los factores empleo (no significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -23.50 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo.

**Gráfico 35.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



- f. Perforación.
- g. Extracción.
- h. Transporte.
- i. Desgasificación.
- j. Deshidratación.
- k. Demulsificación.
- l. Almacenamiento.

En el Gráfico 35.3 se presenta el diagrama de flujo del proceso de perforación y extracción del crudo. A continuación se describe cada una de las etapas en mención:

- **Desbroce de vegetación.** Una vez encontrado y delimitado el yacimiento de petróleo se diseñan los planos de apertura y construcción de carreteras y/o caminos, considerando ocasionar el menor daño ambiental posible. Luego, se procede a eliminar la vegetación existente en el área de construcción de los caminos que conducen al yacimiento de petróleo. Esta actividad se deberá desarrollar acorde a lo establecido en el ROAHE 1215.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza combustible para el funcionamiento de la maquinaria pesada.

Como resultado de esta etapa se genera ruido, material particulado, vegetación cortada y gases de combustión.

- **Construcción de vías de acceso.** Consiste en la construcción de las vías que facilitarán la movilización de equipos, maquinarias y personal hasta el sitio de extracción del yacimiento.

Para el desarrollo de esta actividad se utiliza combustible para la maquinaria pesada, equipos topográficos, materiales de construcción (piedra, grava, arena y asfalto) para la construcción de carreteras. Como resultado de esta actividad se generan escombros de los materiales de construcción, vegetación cortada, material particulado, ruido y gases de combustión de la maquinaria.

- **Desbroce de vegetación.** Consiste en talar y retirar del área designada para la extracción del petróleo todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable. Para el desarrollo de esta etapa se utiliza combustible para el funcionamiento de la maquinaria pesada.

Como resultado de esta etapa se genera ruido, material particulado, residuos sólidos (vegetación cortada) y gases de combustión.

- **Montaje del campamento y torre.** Los campamentos pueden ser

## 35.2 Proceso de extracción de crudo

Una vez identificado el yacimiento se procede al levantamiento de la infraestructura y el montaje de toda la maquinaria para proceder a la extracción del petróleo que consiste básicamente en la perforación de los pozos y el bombeo del petróleo hacia la superficie.

El CIIU específico de esta actividad es el B-0610.00 denominado "Extracción de aceites crudos de petróleo, esquistos bituminosos y arenas alquitranadas, producción de petróleo crudo de esquistos y arenas bituminosas, procesos de obtención de crudos: decantación, desalado, deshidratación, estabilización, etcétera".

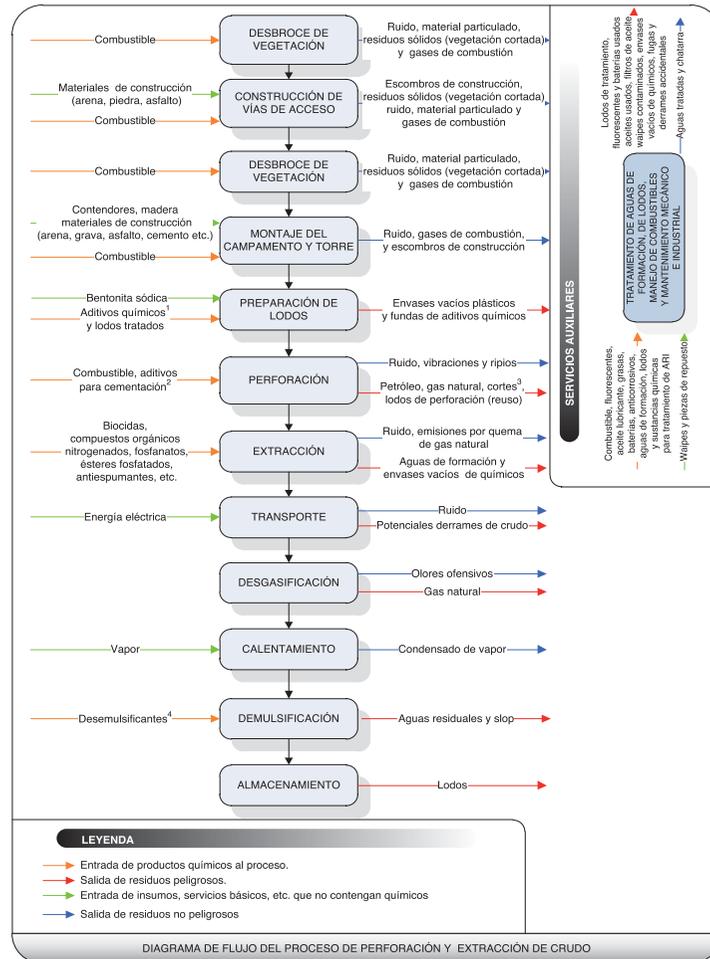
### 35.2.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Las etapas secuenciales del proceso de extracción de crudo son las siguientes:

- a. Desbroce de vegetación.
- b. Construcción de vías de acceso.
- c. Desbroce de vegetación.
- d. Montaje del campamento y torre.
- e. Preparación de lodos.

estables o móviles, aunque los más usados en la actualidad son los segundos porque son fáciles de transportar y retirar al finalizar la actividad extractiva.

**Gráfico 35.3 Diagrama de flujo del proceso de perforación y extracción del crudo**



1. Lodos a base de agua (baritina, carbonato de calcio, sales inorgánicas, dispersantes, detergentes, biocidas) y lodos a base de aceite (petróleo mineral, con cantidades variables de hidrocarburos aromáticos, químicos en base a lignita, emulsificantes y detergentes).  
 2. Cloruro, carbonato y silicato de sodio, lignina, lignosulfonato de calcio y derivados de celulosa, bentonita, barita, antiespumantes.  
 3. Cortes (mezclas heterogéneas de rocas, cuya composición puede incluir metales pesados).  
 4. Polioles especiales, aminas etoxiladas.

Con respecto a las torres de perforación, éstas son estructuras metálicas que se utilizan para perforar el subsuelo a profundidades que oscilan entre 800 y 6000 m y se arman con el equipamiento necesario

para bombear el fluido de perforación, bajar y elevar la línea, controlar las presiones bajo tierra, separar las rocas del fluido que retorna y generar in situ la energía necesaria eléctrica y mecánica para la operación, generalmente mediante grandes motores diesel.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizan materiales de construcción que en el caso de campamentos estables son: arena, asfalto, cemento, grava, herramientas manuales, agua, madera, etc.; o en su defecto, los comúnmente usaos son los prefabricados o contenedores. También se utiliza combustible para los equipos que intervendrán en el armado de los campamentos móviles. En el montaje de las torres se utilizan equipos varios (malacate, motores, bombas, tuberías, cableado, etc.) y combustible.

Como resultado de esta etapa, se generan escombros de construcción, ruido y gases de combustión.

- **Preparación de lodos.** Para la perforación de los pozos se utilizan lodos que se obtienen de la mezcla de bentonita sódica con una variedad de aditivos químicos y son utilizados como lubricante y refrigerante de la broca.

Estos lodos pueden ser a base de agua, que son los que se obtienen de la mezcla de bentonita, baritina, carbonato de calcio, sales inorgánicas, detergentes, biocidas; o también a base de aceite, cuyo contenido es: petróleo mineral, con cantidades variables de hidrocarburos aromáticos, químicos en base a lignita, emulsificantes y detergentes.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de bentonita sódica, lodos de perforación tratados y aditivos químicos para la preparación de los lodos a base de agua o aceite, generándose como desechos envases vacíos plásticos y fundas de aditivos químicos utilizados.

- **Perforación.** El método más empleado en la perforación es el llamado «rotatorio», que consiste en “clavar” un tubo que lleva en un extremo un trépano formado por tres muelas dentadas y giratorias o por abrasivo de diamante que perforan la roca y permita el ingreso del tubo hasta la profundidad deseada.

Este tubo de perforación va enroscado en el otro extremo de forma que se puedan empalmar otros tubos, a medida que va progresando la perforación hasta llegar al tubo de arrastre. Ya en el exterior, este tubo de arrastre suele ser de sección cuadrada y en su extremo inferior va acoplado a una mesa que le imprime un movimiento giratorio, mientras que en el extremo superior se monta la cabeza de inyección de lodos. Estos lodos son introducidos a través del interior de los tubos hasta el fondo del pozo con el fin de refrigerar, lubricar, hacer girar el trépano e impulsar las rocas trituradas hasta la superficie (corte).

Una vez que se lleva perforada una cierta profundidad se procede a entubar el taladro con tubos de acero, con el fin de garantizar la consistencia de las paredes y evitar que se produzcan derrumbes en

el interior, es decir se da un revestimiento denominado cementación.

El revestimiento se utiliza inicialmente cerca de la superficie y se cimenta para guiar la tubería de perforación. Para ello se bombea una lechada de cemento a la tubería y se la fuerza a subir por el espacio comprendido entre el revestimiento y las paredes del pozo. Una vez fraguado el cemento y colocado el revestimiento, se continúa con la perforación, utilizando un barreno de menor diámetro.

Para el desarrollo de esta etapa se necesita combustible para el funcionamiento de torre de perforación, material de cimentación, aditivos químicos para acelerar (cloruro de sodio, silicato de sodio y carbonato de sodio) o retardar (lignina, lignosulfonato de calcio y derivados de celulosa) el proceso de cementación.

Además se añaden derivados de celulosa que prevén la pérdida de fluidos dispersantes (productos orgánicos sintéticos), controladores de densidad. Para reducir la densidad de la lechada de cemento, se usa bentonita y para aumentarla se utiliza barita (mineral de bario) y arena. Finalmente se agregan compuestos antiespumantes, entre los que se incluyen ésteres fosfatados, ácidos grasos y alcoholes polioxilados.

Como resultado de esta etapa del proceso se genera principalmente ruidos, petróleo, gas, ruido, vibraciones, envases vacíos de químicos, cortes (mezclas heterogéneas de rocas, cuya composición puede incluir metales pesados, hasta sustancias radioactivas) y lodos de perforación, los mismos que son tratados y reutilizados en la preparación de lodos.

- **Extracción.** Una vez que el trépano entra en el yacimiento donde está depositado el petróleo se producirá una primera emanación de hidrocarburos gaseosos que, si no son voluminosos, son quemados en el mechero (tea) y se inicia la extracción de una cantidad de crudo de prueba, cuyo desecho es descargado en las piscinas de desechos aceitosos (crudo). Cuando el pozo empieza a extraer petróleo de manera regular, se realiza 1-2 veces al año el reacondicionamiento de los pozos, cuyos residuos de crudo son almacenados en piscinas impermeabilizadas. En contenido de las piscinas debe ser sometido a tratamiento para evitar la contaminación ambiental por efecto del crudo y del agua salada.

Cabe mencionar, que junto con el petróleo del subsuelo salen dos tipos de compuestos asociados: aguas de formación (salada) y el gas natural (metano, etano, propano y butanos).

- **Agua de formación.** Es el agua sedimentaria de millones de años que debido al prolongado contacto agua/roca, concentra altos niveles de salinidad (particularmente cloruro de sodio y otros sólidos) que pueden llegar a variar de 30.000 ppm (por ejemplo en el caso de los campos operados por Petroecuador) a 100.000 ppm en yacimientos de crudos pesados. El contenido de las aguas de formación varía en

los diferentes yacimientos, pero puede contener: petróleo (5005000 ppm), sulfatos, bicarbonatos, sulfuro de hidrógeno, cianuro, dióxido de carbono, cadmio, arsénico, cromo, plomo, mercurio, zinc vanadio, etc. Por su alta agresividad al ambiente el agua de formación debe ser tratada y reinyectada al yacimiento. Su descarga descontrolada altera severamente el ecosistema.

- **Gas.** En muchos campos petroleros se extrae gas natural que está asociado con el petróleo. Aunque a veces el gas natural es utilizado como fuente de energía en las mismas instalaciones o es procesado, en otros casos simplemente se lo quema en el mechero. El gas natural es muy poco soluble en el agua. El metano (gas que se encuentra en mayor concentración), en agua destilada tiene una solubilidad de 90 ml/l. En agua marina su solubilidad es de 36 g/l.

Las principales emisiones atmosféricas provenientes de la quema de gas son básicamente CO<sub>2</sub> y CO. Además, durante el proceso de extracción pueden emitirse metano, etano, propano, butanos y pequeñas cantidades de hidrógeno, helio y argón, óxido de nitrógeno, dióxido de sulfuro, ozono e hidrocarburos aromáticos volátiles.

Los principales químicos utilizados en la etapa de extracción son: biocidas, compuestos orgánicos nitrogenados, fosfanatos, ésteres fosfatados, antiespumantes, antiemulsificantes, entre otros. Los aspectos de salida son: envases vacíos de químicos utilizados y ruido.

- **Transporte.** Consiste en la conducción del crudo desde el pozo productor a la estación de tratamiento del crudo a través de ductos expuestos a la intemperie o enterrados. En el primer caso, ha sido motivo para que se produzcan derrames, ya sea por motivo del mal estado de la tubería (corrosión), por sabotaje o de forma intencional. Esta situación ha generado la contaminación de los cuerpos hídricos receptores, de amplias extensiones de terreno o la alteración del ecosistema.
- **Desgasificación.** Los separadores horizontales o verticales sirven para separar el gas asociado al crudo que proviene desde los pozos de producción. El procedimiento consiste en que la mezcla de fluidos entrante choca con las placas de impacto o baffles desviadores a fin de separar el gas del líquido mediante la reducción de velocidad y diferencia de densidad. El número de separadores varía en función del volumen de producción de gas y petróleo en las estaciones.

Los separadores verticales operan con mayor eficiencia a una baja relación gas-petróleo menor de 500 pie<sup>3</sup>/barril, mientras que los separadores horizontales poseen mayor área superficial y tienen controladores de espuma.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de energía eléctrica para funcionamiento de equipos separadores de los gases (horizontales o verticales), de los cuales se genera gas natural y olores ofensivos.

- **Calentamiento.** El crudo es previamente calentado en un intercambiador de calor, que permite disminuir su viscosidad y luego pasar a la demulsificación.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza vapor para el funcionamiento de los hornos, de lo cual se generan condensados de vapor.

- **Demulsificación.** Es el proceso de ruptura de las emulsiones a/p (agua dispersa en petróleo) lo que permite la eliminación del agua. La mayoría de los procesos de demulsificación en campos petroleros se basa en calor y la aplicación de agentes tensoactivos.

Adicionar calor a la emulsión puede ser efectivo ya que reduce la viscosidad, disminuye la tensión superficial del agua y aumenta las corrientes térmicas.

El calentamiento del crudo tiene los siguientes efectos:

- ✓ El crudo más caliente es menos viscoso, aumenta el movimiento aleatorio y permite que las gotas de agua tengan mayor probabilidad de colisiones y por lo tanto de formar gotas más grandes y pesadas, lo que propiciará la deshidratación.
- ✓ El calentar las emulsiones beneficia las densidades relativas, la del crudo disminuye más rápidamente con la temperatura que la del agua (hasta determinado punto).
- ✓ Las partículas del agua se expanden haciendo más larga y estrecha la capa.
- ✓ El calor aumenta la solubilidad de los emulsificantes.

Los demulsificantes químicos son agentes tensoactivos que mejoran la resolución de la interfase agua-petróleo.

Un demulsificante efectivo debe migrar rápidamente a través de la fase continua y aislar por sí mismo el contacto agua-petróleo a pesar de la presencia de un emulsificador, tendrá la habilidad de romper la capa alrededor de las gotas permitiendo su coalescencia y resolver rápidamente la emulsión utilizando bajas dosis de agente tensoactivo.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizan demulsificantes (polioles especiales, aminas etoxiladas, etc.) Como resultado, se genera agua residual, producto de la separación de las emulsiones.

- **Almacenamiento.** El crudo tratado es almacenado temporalmente en las correspondientes estaciones de tratamiento y luego es evacuado a grandes centros de acopio donde almacenan crudo de diferentes yacimientos. Estos centros de acopio posee grandes depósitos con capacidades de hasta 100 000 m<sup>3</sup>, desde donde será conducido a través de los oleoductos para su refinación y/o exportación

El crudo almacenado se lo puede conservar a presión y temperatura ambiente, por lo tanto los tanques utilizados para este fin son cilíndricos de fondo plano, techo flotante, abovedado, esférico o elipsoidal, a fin de evitar la acumulación de gases inflamables dentro de los mismos, que pueden o no tener incorporado algún sistema de calentamiento, según el tipo de petróleo.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas. En esta etapa se pueden generar potenciales derrames de crudo y ruido por el funcionamiento de las bombas. También se emiten gases de hidrocarburos, producto de la evaporación de las fracciones livianas. En los tanques de crudo periódicamente se extraen lodos con hidrocarburos, producto de la decantación de sólidos presentes en el petróleo.

- **Servicios Auxiliares.** Es necesario la implementación de los siguientes servicios auxiliares:
  - a. **Tratamiento de lodos.** Los lodos con contenido de hidrocarburos generados en el tratamiento del petróleo son caracterizados, tratados (física o biológicamente) y posteriormente dispuestos en sitios adecuados para evitar la contaminación ambiental, afectar la salud de los seres vivos o alterar el ecosistema.
  - b. **Manejo de Combustibles.** Durante el proceso de perforación se utilizan maquinarias que funcionan con combustibles fósiles, que generan gases de combustión, incluyendo el óxido de nitrógeno, óxido de sulfuro, CO<sub>2</sub> y partículas.

El combustible para el funcionamiento de las maquinarias de perforación, revestimiento y bombeo del petróleo es almacenado en tanques estacionarios, y por lo tanto existe el riesgo de fugas, derrames accidentales. Periódicamente se generan lodos con hidrocarburos.

- **Mantenimiento mecánico e industrial.** Para atender oportunamente los requerimientos del proceso de extracción de petróleo se necesita una gran variedad de productos y materiales: material adsorbente para atender posibles derrames, skimmer de petróleo, aceites lubricantes, grasas, solventes, agentes desengrasantes, waipes, baterías plomo-ácido, pinturas anticorrosivas, tubería, tubos fluorescentes y piezas de repuesto. Como resultado se generan waipes contaminados, aceites, filtros, baterías y fluorescentes usados, chatarra y envases vacíos de pinturas.

### 35.2.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de perforación y extracción del crudo

A continuación se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso (Tabla 35.2).

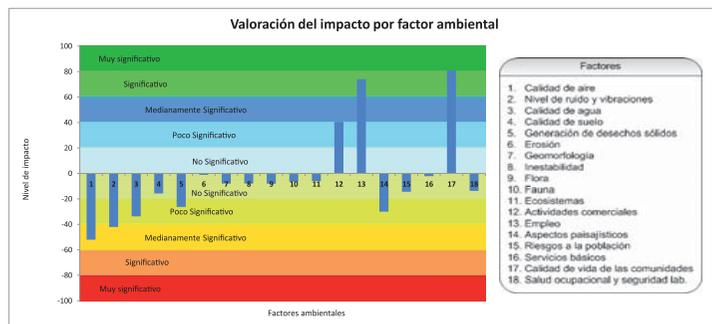
\*Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador\*\*

\*Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador\*\*

**Tabla 35.2 Valoración del impacto ambiental**

| Componentes              | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|--------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire             | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -52,00           | -11,2%                   |
|                          | Nivel de ruido y vibraciones                      | -42,00           | -9,1%                    |
| Recurso agua             | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -33,75           | -7,3%                    |
| Recurso suelo            | Calidad de suelo                                  | -15,75           | -3,4%                    |
| Desechos                 | Generación de desechos sólidos                    | -26,25           | -5,7%                    |
|                          | Erosión   | -1,10            | -0,2%                    |
|                          | Geomorfología                                     | -8,00            | -1,7%                    |
| Proceso geomorfodinámico | Inestabilidad                                     | -8,00            | -1,7%                    |
|                          | Flora   | -8,13            | -1,8%                    |
| Medio biótico            | Fauna   | -6,50            | -1,4%                    |
|                          | Ecosistemas                                       | -6,00            | -1,3%                    |
|                          | Actividades comerciales                           | 40,50            | 8,7%                     |
| Socioeconómico           | Empleo  | 74,00            | 16,0%                    |
|                          | Aspectos Paisajísticos                            | -30,00           | -6,5%                    |
|                          | Riesgos a la población                            | -14,38           | -3,1%                    |
|                          | Servicios básicos                                 | -2,13            | -0,5%                    |
|                          | Calidad de vida de las comunidades                | 81,00            | 17,5%                    |
|                          | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -13,75           | -3,0%                    |
|                          | Impacto total                                     |                  | -72,23                   |
| Porcentaje del impacto   |   |                  |                          |

**Gráfico 35.4 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 35.4, el desarrollo del proceso causa impactos negativos en los factores calidad de aire, nivel de ruido y vibraciones, calidad de agua y suelos, generación de desechos sólidos peligrosos y no peligroso y aspectos paisajísticos. También implica riesgos de afectación a la seguridad industrial y salud ocupacional, así como constituye un riesgo para la población si no se tomasen las medidas preventivas para evitar posibles accidentes: derrames de petróleo e hidrocarburos, fuga de gases, incendio, especialmente cuando la infraestructura (oleoducto, tubería) pasa por las poblaciones. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales, empleo.

Respecto a mejorar o deteriorar la calidad de vida de las comunidades presentes en el área de influencia directa e indirecta de la actividad petrolera, es sujeto a diferentes criterios y debates, muchos de ellos son controversiales y discutibles, sin embargo, la actividad petrolera ha facilitado que se construyan carreteras, se dote a las comunidades de los servicios de agua potable, energía eléctrica, telefonía celular, centros educativos y médicos, hospitales, etc., aunque no es menos cierto que el modus vivendi de las comunidades han cambiado por la presencia de la actividad petrolera y existen evidentes alteraciones al ecosistema por no haber aplicado oportunamente medidas ambientales que minimicen los impactos ambientales negativos que esta actividad implica.

El impacto final resultante del proceso es de -72.23 catalogado como impacto significativo de carácter negativo.

### 35.3 Evaluación de cargas contaminantes para la actividad

En la Tabla 35.3 se indica las cargas contaminantes generadas por la ejecución de la presente actividad.

**Tabla 35.3 Carga contaminante de la actividad de extracción de petróleo crudo**

| Proceso de producción de petróleo  |   |                       |  |                                 |  |  |
|------------------------------------|---|-----------------------|--|---------------------------------|--|--|
| Evaluación de Cargas Contaminantes | Proceso Industrial  |                       |  |                                 |  |  |
|                                    | Generación de energía y transporte (consumo de combustible) | Quema de gas asociado | Perforación de lodos (lodos perforación) | Separación de agua de formación | Almacenamiento de lodos de perforación |  |
| Unidad                             | T   | t                     | t  | t petróleo                      | t                                      |  |
| Emisiones                          | Partículas (kg/unidad)                                      | 1,04                  | 0,29                                     | -                               | -                                      | -  |
|                                    | SO <sub>2</sub> (kg/unidad)                                 | 19,9 (s)              | 16,6 (s)                                 | -                               | -                                      | -  |
|                                    | NO <sub>x</sub> (kg/unidad)                                 | 13,2                  | 11,5                                     | -                               | -                                      | -  |
|                                    | HC (kg/unidad)  | 0,13                  | 0,019                                    | -                               | -                                      | -  |
|                                    | CO (kg/unidad)  | 0,66                  | 0,32                                     | -                               | -                                      | -  |
| Efluentes                          | VOL. DES. (m <sup>3</sup> /unidad)                          | -                     | -  | N/D                             | 0,09                                   | -  |
|                                    | pH  | -                     | -  | N/D                             | 8-6                                    | -  |
|                                    | DBO (kg/unidad)   | -                     | -  | N/D                             | N/D                                    | -  |
|                                    | DQO (kg/unidad)   | -                     | -  | N/D                             | N/D                                    | -  |
|                                    | SS (kg/unidad)  | -                     | -  | N/D                             | -                                      | -  |
|                                    | SDT (kg/unidad)   | -                     | -  | -                               | -                                      | -  |
|                                    | Aceites (kg/unidad)   | -                     | -  | N/D                             | N/D                                    | -  |
| Residuos Sólidos                   | Desechos sólidos  | -                     | -  | -                               | -                                      | N/D  |
|                                    | Naturaleza del desecho                                      | -                     | -  | -                               | -                                      | Suspensión de arcillas, sólidos inertes, polímeros, sustancias tóxicas |

(d) Densidad de aceite combustible = 0,957 g/cm  
(s) Contenidos de azufre en el combustible

## REFINACIÓN DE PETRÓLEO CRUDO

En los primeros tiempos la refinación únicamente consistía en separar las fracciones en dependencia del rango de punto de ebullición. Fue entonces cuando se descubrió que las moléculas de los hidrocarburos pueden ser descompuestas en partes más pequeñas mediante "cracking" para aumentar el rendimiento, advirtiéndose que ellas y los gases subproductos de su fabricación, tenían propiedades "reactivas".

A principios del siglo pasado, los franceses de Alsacia refinaron el petróleo de Pechelbronn, calentándolo en una gran "cafetera". Así, por ebullición, los productos más volátiles se desprendían primero y a medida que la temperatura de ebullición se incrementaba, le llegaba el turno a los productos cada vez más pesados. El residuo era la brea de petróleo o de alquitrán. Así mismo, calcinándolo, se lo podía transformar en coque, excelente materia prima para los hornos metalúrgicos de la época.

Los ingenieros norteamericanos y germanos introdujeron las columnas de destilación de platos en cascada, sistema en que cada plato era mantenido a una temperatura constante.

El petróleo crudo está formado por una mezcla altamente compleja de componentes, logrando identificar más de 3000 sustancias diferentes: alcanos, cicloalcanos, aromáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, asfaltenos, resinas, metales pesados, compuestos oxigenados, nitrogenados y azufrados, los cuales son sustancias gaseosas, líquidas y sólidas a temperatura ambiente.

El crudo extraído del pozo no tiene directamente una aplicación industrial, por ende, es necesario someterlo al proceso de refinación.

La refinación en si consiste en la aplicación de una gran variedad de procesos a fin de obtener productos tales como gasolina, diesel, Jet Fuel, mineral turpentine, rubber solvent, lubricantes, asfaltos, GLP, etc. Los procesos comúnmente utilizados en el refinado del petróleo son: destilación atmosférica y al vacío, craqueo térmico y catalítico, reformado catalítico (platforming), isomerización de los alcanos, aromatización, desaromatización, polimerización, visbreaking, pirolisis, oxidación, hidrogenación, coquificación, deasfaltización, tratamientos de purificación de los productos, entre los que se destacan la desulfuración, desparafinación, purificación o tratamiento de las fracciones con ácido sulfúrico, furfural o con álcalis, etc.

Todos estos procesos tienen como objetivo convertir en moléculas y compuestos de hidrocarburos con más valor agregado.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU, las actividades desarrolladas en el proceso de refinación de crudo, pertene-

cen al sector C-1920 denominado "Fabricación de productos de la refinación del petróleo".

### 36.1 Proceso de destilación atmosférica y al vacío de petróleo

Destilar significa calentar un líquido hasta convertirlo en sus vapores que cuando son enfriados retornan al estado inicial. El petróleo se separa en sus diferentes componentes de forma gaseosa y estos al condensarse vuelven a un estado normal a temperatura ambiente.

En términos generales la destilación atmosférica en la ingeniería del petróleo, es el proceso que se realiza a una presión cercana a la atmosférica. Se utiliza para extraer los hidrocarburos presentes de forma natural en el crudo, sin afectar a la estructura molecular de los componentes. En las unidades de destilación atmosférica, el objetivo es obtener combustibles "blancos" terminados y cortes de hidrocarburos que luego se procesarán en otras unidades o se los utilizarán en la preparación de los combustibles.

Mientras que la destilación a vacío es la operación complementaria de destilación del crudo procesado en la unidad de destilación atmosférica, que no se vaporiza y sale por la parte inferior de la columna de destilación atmosférica. Este proceso se lo realiza a presión absoluta de aproximadamente 20 mm de mercurio.

El CIU específico de esta actividad es el C1920.0 denominado "Fabricación de productos de la refinación del petróleo"

#### 36.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Las etapas que comprenden este proceso son:

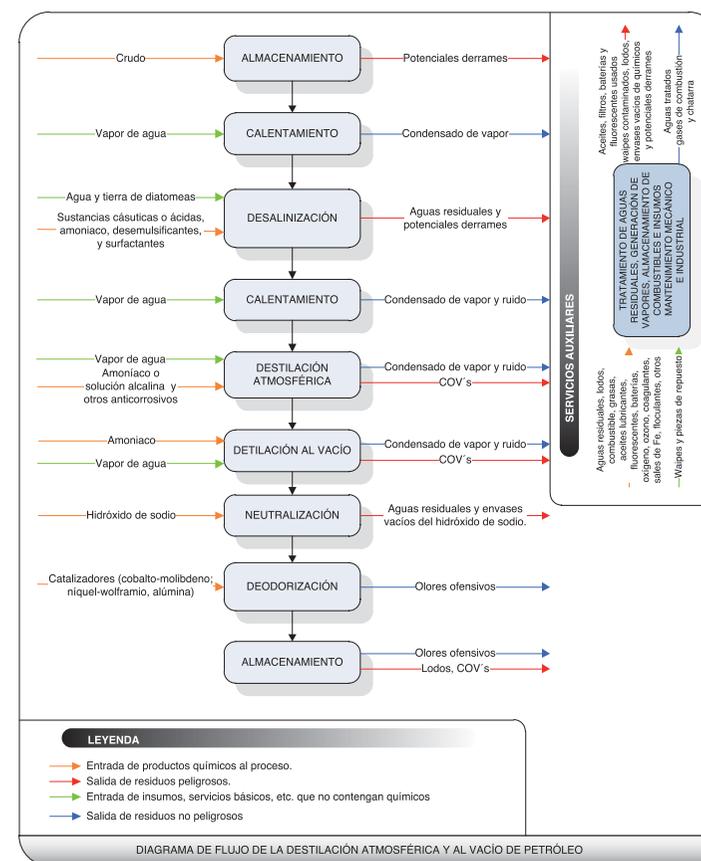
- Almacenamiento.
- Calentamiento.
- Desalinización.
- Demulsificación.
- Calentamiento.
- Destilación atmosférica.
- Destilación al vacío.
- Neutralización.
- Deodorización.
- Almacenamiento.
- Servicios auxiliares.

En el Gráfico 36.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de destilación atmosférica y al vacío de petróleo. A continuación se describe cada una de las etapas mencionadas:

- **Almacenamiento.** El petróleo que se recibe por oleoducto desde las instalaciones de extracción, o también por transporte marítimo dependiendo del caso, es almacenado en tanques cilíndricos de gran tamaño, donde permanece por varios días para sedimentar y drenar el agua libre que normalmente contiene. Posteriormente es mezclado con otros crudos sin agua y es bombeado hacia refinería.

En esta etapa ingresa como materia prima el crudo, donde se pueden generar potenciales derrames. Por efecto de la temperatura ambiente también se desprenden gases de las fracciones livianas, los cuales deben ser controlados.

**Gráfico 36.1. Diagrama de flujo del proceso de destilación atmosférica y al vacío de petróleo**



- **Calentamiento.** El crudo es previamente calentado a temperaturas que alcanzan hasta 130 °C, ganando calor de la columna por intermedio

de un intercambiador de calor, lo cual permite disminuir la viscosidad, para luego pasar al desalador.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de vapor de agua para el funcionamiento del intercambiador de calor, del cual se generan condensados de vapor.

- **Desalinización.** El petróleo crudo suele contener agua, sales inorgánicas (cloruros sódico, sales de calcio y magnesio, etc.), sólidos en suspensión y trazas de metales pesados. El primer paso del proceso de refinación consiste en la eliminación de las sales, mediante desalinización (deshidratación), a fin de minimizar el efecto de la corrosión, el taponamiento y la formación de incrustaciones en el equipo, así como evitar la contaminación de los catalizadores en las unidades de proceso. Son tres los métodos usados en la desalinización del petróleo crudo: desalinización química, desalinización eléctrica y el filtrado.

a. **Desalinización química.** Se añade agua y surfactantes químicos (desmulsificantes) al crudo, se calientan para que las sales y otras impurezas se disuelvan en el agua o se unan a ella y después se dejan reposar en un tanque donde se decantan.

b. **Desalinización eléctrica.** Se aplican cargas eléctricas de alto potencial para concentrar las gotas de agua suspendidas en el crudo. Los surfactantes se añaden cuando el crudo contiene gran cantidad de sólidos en suspensión.

En la desalinización química y electrostática, el crudo utilizado como carga, se calienta a una temperatura que oscila en el rango de 66-177 °C, para reducir la viscosidad y la tensión superficial, con el fin de facilitar la mezcla y la separación del agua. La temperatura está limitada por la presión de vapor del crudo que es procesado. Ambos métodos de desalinización son continuos.

c. **Filtrado.** Un tercer proceso, menos común, consistente en filtrar el petróleo crudo calentado, utilizando tierra de diatomeas como medio filtrante.

Para el desarrollo de esta etapa de desalinización del crudo, se utiliza agua, sustancias cáusticas o ácido para ajustar el pH del baño de agua, amoníaco para reducir la corrosión, desmulsificantes, surfactantes o tierras de diatomeas para la filtración.

Como resultado de esta etapa se genera agua residual salobre con temperaturas que sobrepasan los 90 °C y con contenido de cloruros, sulfuros, bicarbonatos, amoníaco, hidrocarburos, fenoles y sólidos en suspensión.

- **Calentamiento.** El crudo desalinizado se bombea inicialmente a través de una serie de intercambiadores incrementando la temperatura

hasta los 288 °C (depende el tipo de crudo) mediante el intercambio de calor con las corrientes calientes de productos y reflujo que se obtienen de la columna de fraccionamiento. Posteriormente el crudo se calienta hasta temperaturas máximas permisibles en el rango de 300-400 °C en el horno de acción directa o de tubos y se carga a la zona de alimentación de la columna de fraccionamiento atmosférico. La temperatura de descarga del horno debe ser lo suficientemente alta para vaporizar todos los productos a extraerse.

Para el desarrollo de esta etapa, se utiliza combustible para el funcionamiento de los hornos, de los cuales se generan gases de combustión y ruido.

- **Destilación atmosférica.** Los vapores generados en el proceso de calentamiento entran en la sección de alimentación de la torre de destilación y ascienden por entre las bandejas, siendo arrastrados por el vapor de agua que se inyecta. Cuando cada componente vaporizado encuentra su propia temperatura (en el plato correspondiente), se condensa y se deposita en su respectiva bandeja, a la cual están conectados ductos por los que se recogen las distintas corrientes que se separaron en esta etapa.

Las fracciones de bajo punto de ebullición (gases C1-C5) ascienden hasta la parte superior de la torre, de donde son extraídas continuamente y enviadas a otras unidades para su posterior proceso, tratamiento, mezcla y distribución.

Las fracciones con los puntos de ebullición más bajos (combustible y nafta ligera) se extraen lateralmente de la torre por una tubería. La nafta o gasolina de destilación directa, se toma de la sección superior de la torre como corriente de productos de evaporación. Tales productos se utilizan como cargas petroquímicas y de reformado catalítico, material para la preparación de gasolina, disolventes.

Las fracciones del rango de ebullición intermedio (diesel, nafta pesada y destilados) son extraídas de la sección intermedia de la torre como corrientes laterales y se envían a las operaciones de acabado para su empleo como querosene, gasóleo diesel, fuel, Jet Fuel, material de craqueo catalítico y productos para mezclas. Algunas de estas fracciones líquidas se separan de sus residuos ligeros, que se devuelven a la torre como corrientes de reflujo descendentes.

Las fracciones de alto punto de ebullición (denominadas residuos o crudo reducido) que se condensan o permanecen en el fondo de la torre, se utilizan como fuel oil (bunker), para fabricar betún o como carga de craqueo o bien se conducen a un calentador y a la torre de destilación al vacío para su posterior fraccionamiento.

Para el desarrollo de la etapa de fraccionamiento se utiliza vapor de agua, amoníaco o solución alcalina en la corriente de la sección superior

antes de la condensación inicial y una serie de productos químicos adicionales como los anticorrosivos que controlan la corrosión por ácido clorhídrico producida en las unidades de destilación.

Como resultado de esta etapa se generan compuestos orgánicos volátiles (COV's), condensado de vapor y ruido.

- **Destilación al vacío.** Es la operación complementaria de destilación del crudo procesado en la unidad de destilación atmosférica, que no se vaporiza y sale por la parte inferior de la columna de destilación atmosférica. El vaporizado de todo el crudo a la presión atmosférica necesitaría elevar la temperatura por encima del umbral de descomposición química y eso, en esta fase del refinado de petróleo, es indeseable.

El residuo atmosférico o crudo reducido procedente del fondo de la columna de destilación atmosférica se bombea a la unidad de destilación a vacío, se calienta generalmente en un horno a una temperatura inferior a los 400 °C, similar a la temperatura que se alcanza en la fase de destilación atmosférica, y se introduce en la columna de destilación. Esta columna trabaja al vacío, con una presión absoluta de unos 20 mm de Hg, por lo que se vuelve a producir una vaporización de productos por efecto de la disminución de la presión, pudiendo extraer más productos ligeros sin descomponer la estructura molecular de los hidrocarburos del crudo reducido.

En la unidad de vacío se obtienen solo tres tipos de productos: gasoil ligero de vacío, gasoil pesado de vacío y residuo de vacío.

Las dos primeras fracciones se utilizan como alimentación a la unidad de craqueo catalítico después de desulfurarse en una unidad deshidrosulfuración, si ello fuese necesario.

El producto del fondo, residuo de vacío, se utiliza principalmente para alimentar a unidades de craqueo térmico, donde se vuelven a producir más productos ligeros y el fondo se dedica a producir fuel oil, o para alimentar a la unidad de producción de coque (coquificación).

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza vapor de agua e inhibidores de la corrosión. Como resultado de esta etapa se generan compuestos orgánicos volátiles (COV's), condensados de vapor y ruido.

- **Neutralización.** Consiste en el agregado de soluciones concentradas de hidróxido de sodio para neutralizar las sustancias ácidas presentes en los derivados del petróleo. Pequeños volúmenes del agente son requeridos, ya que este neutralizante es más eficiente que la caliza y la cal.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza hidróxido de sodio, generándose aguas residuales y envases vacíos del hidróxido de sodio.

- **Deodorización.** Generalmente en los procesos de refinación de petróleo se percibe un olor característico "huevo podrido" que in-

dica la presencia de azufre. Los derivados del petróleo (naftas, keroseno, gasóleos ligeros y pesados) contienen una gran variedad de compuestos orgánicos de azufre: tioles, mercaptanos, tiofeno, benzotiofeno, dibenzotiofeno y naftodibenzotiofeno, los cuales deben ser eliminados mediante un tratamiento llamado hidrodesulfuración. Este tipo de compuestos tienen propiedades corrosivas y por ello deben ser eliminadas de la composición de los productos comerciales mediante la desodorización.

Uno de estos procesos convencionales es la hidrodesulfuración la cual básicamente consiste en la reacción de los compuestos orgánicos de azufre con el hidrógeno para obtener compuestos orgánicos y ácido sulfhídrico.

El sistema de reacción consta usualmente de reactores empacados de tres fases, son llamados así porque se encuentran presentes la fase líquida (gasóleo), la fase gas (H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S) y la fase sólida (catalizador). Estos son operados a co-corriente, es decir, la fase líquida y gas fluyen en la misma dirección y la masa de catalizador se mantiene fija.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizan catalizadores en cuya estructura poseen sistemas cobalto-molibdeno níquel-wolframio, alúmina, etc.

- **Almacenamiento.** Todos los productos obtenidos del refinado deben ser almacenados en los tanques de productos limpios. Las especificaciones de los tanques de almacenamiento se indican en las normas establecidas por el Instituto de Petróleo Americano, en este caso al API 650, API 12F, API 12D, UL 58, UL 1746, UL 142 o equivalentes, que es la norma que fija la construcción de tanques soldados para el almacenamiento de petróleo y sus derivados. Los artículos 25 y 71 del Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador también establecen las medidas para el almacenamiento de crudo y/o combustibles y las características que deben tener los tanques de almacenamiento.

Como resultado de este proceso se generan lodos del proceso de decantación con contenido de metales pesados, hidrocarburos y sales inorgánicas, así como también olores ofensivos y compuestos orgánicos volátiles (COV's).

- **Servicios Auxiliares.** Es necesario la aplicación de los siguientes servicios auxiliares:
  - a. **Tratamiento de las aguas residuales.** Las aguas residuales de las refinerías comprenden los efluentes de la desalinización, soluciones cáusticas agotadas, descargas procedente de la purga de torres de refrigeración y calderas, agua de lavado, agua de neutralización de residuos ácidos y alcalinos y otras aguas relacionadas con los procesos. Habitualmente las aguas de refinería contienen hidrocarburos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, materia disuelta, sólidos en suspensión, fenoles, amoníaco,

sulfuros, metales pesados. El tratamiento de aguas residuales es indispensable previo a su descarga, para lo cual deberá cumplir con los parámetros de calidad establecidos en el ROAHE 1215.

Por lo general cada refinería determina el tipo de tratamiento de las aguas, dependiendo de la calidad de los efluentes y de las exigencias ambientales de la correspondiente normativa, pero en términos generales este tratamiento consta de los siguientes fases: desaceitado preliminar, desaceitado, eliminación de sulfuro, floculación, depuración biológica, filtración, ozonización, y tratamiento de lodos.

Para el desarrollo de estos tratamientos es necesario la utilización demulsificantes, coagulantes, floculantes, bacterias, oxígeno, ozono, etc.

Como resultado, se genera fundamentalmente aguas tratadas y lodos, así como envases vacíos de químicos utilizados.

- b. **Generación de vapor.** Para el tratamiento del agua de las calderas se emplean productos químicos que permitan reducir su carga contaminante. De este tratamiento se generan envases y fundas vacías de las sustancias químicas utilizadas. Para la generación de vapor se requiere del uso de combustibles en las calderas, por lo cual se generan gases de combustión.
- c. **Almacenamiento de combustibles e insumos.** En toda la refinería existen grandes depósitos para los combustibles que utilizan en todo el proceso así como depósitos para agua contra incendios, insumos y aditivos químicos en general.

Como resultado de esta etapa existe el riesgo de que produzcan incendios y derrames accidentales durante la manipulación de los combustibles y aditivos químicos, así como lodos.

- d. **Mantenimiento mecánico e industrial.** El mantenimiento de refinería requiere la adquisición de una gran variedad de productos y materiales entre los cuales se destacan: aceites lubricantes, aceites hidráulicos, aceites dieléctricos, gases comprimidos, solventes, filtros, pinturas anticorrosivas, waipes, una gran variedad de grasas, tubos fluorescentes, baterías plomo-ácido, piezas de repuestos, material adsorbente para casos de derrames, etc.

Como resultado de la misma, se generan waipes impregnados con aceites y grasas, aceites usados, filtros de aceite, baterías y fluorescentes usados, chatarra y envases vacíos de los anticorrosivos utilizados y de los solventes y otros materiales. El material adsorbente contaminado constituye un desecho peligroso.

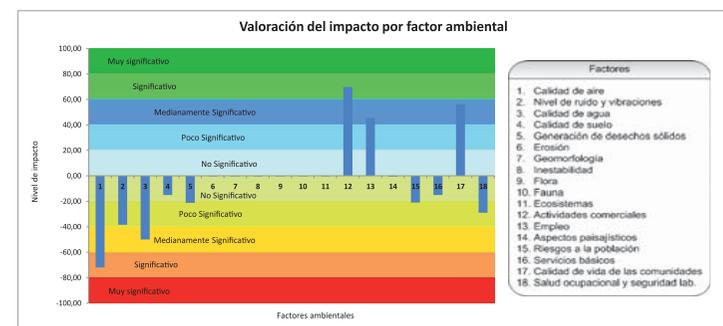
### 36.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso destilación atmosférica y al vacío de petróleo

En la Tabla 36.1 y Gráfico 36.2 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso.

**Tabla 36.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes                   | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|-------------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire                  | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -72,00           | -16,5%                   |
|                               | Nivel de ruido y vibraciones                      | -38,50           | -8,8%                    |
| Recurso agua                  | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -50,00           | -11,5%                   |
| Recurso suelo                 | Calidad de suelo                                  | -15,00           | -3,4%                    |
| Desechos                      | Generación de desechos sólidos                    | -21,25           | -4,9%                    |
|                               | Erosión   | -0,40            | -0,1%                    |
|                               | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,1%                    |
| Proceso geomorfodinámico      | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,1%                    |
|                               | Flora   | -0,40            | -0,1%                    |
| Medio biótico                 | Fauna   | -0,40            | -0,1%                    |
|                               | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,1%                    |
| Socioeconómico                | Actividades comerciales                           | 69,75            | 16,0%                    |
|                               | Empleo  | 45,50            | 10,4%                    |
|                               | Aspectos Paisajísticos                            | -0,70            | -0,2%                    |
|                               | Riesgos a la población                            | -21,00           | -4,8%                    |
|                               | Servicios básicos                                 | -15,00           | -3,4%                    |
|                               | Calidad de vida de las comunidades                | 56,25            | 12,9%                    |
|                               | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -29,00           | -6,6%                    |
|                               | <b>Impacto total</b>                              |                  | <b>-93,35</b>            |
| <b>Porcentaje del impacto</b> |   |                  |                          |

**Gráfico 36.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 36.2, el desarrollo del proceso puede causar impactos negativos especialmente sobre la calidad de aire (material particulado, olores ofensivos), nivel de ruido y vibraciones, calidad de agua, generación de desechos sólidos peligrosos y no peligrosos, riesgos a la población (incendios, derrames, fuga de gases) y salud ocupacional y seguridad labo-

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

ral. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo), empleo (medianamente significativo) y calidad de vida de las comunidades, considerando que los combustibles son fundamentales para el transporte de personas y carga, actividades agrícolas e industriales y fomenta la actividad comercial del país.

El impacto final resultante del proceso es de -93.35 catalogado como impacto muy significativo de carácter negativo.

### 36.2 Evaluación de cargas contaminantes para la actividad

En la Tabla 36.2 se indica las cargas contaminantes generadas por la ejecución de la presente actividad.

**Tabla 36.2 Carga contaminante de la actividad de refinación de petróleo crudo**

| Proceso de producción de la refinación de petróleo crudo |                                    |                           |                          |                           |                                      |                                      |   |
|--|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Evaluación de Cargas Contaminantes                       | Proceso Industrial                 |                           |                          |                           |                                      |                                      |   |
|  | Generación de energía              | Unidades de desulfuración | Refinamiento de petróleo | Producción de lubricantes | Refinería destilación primaria       | Refinería de lubricantes             |   |
| Unidad   | t de combustible                   | kg de S                   | m <sup>3</sup> capac.    | m <sup>3</sup> capac.     | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> crudo | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> crudo |   |
| Emisiones  | Partículas (kg/unidad)             | 1,04                      | -                        | -                         | -                                    | -                                    |   |
|  | SO <sub>2</sub> (kg/unidad)        | 19,9 (s)                  | 2(100-E/100)             | -                         | -                                    | -                                    |   |
|  | NO <sub>x</sub> (kg/unidad)        | 13,2                      | -                        | 12,1                      | 1,2                                  | -                                    |   |
|  | HC (kg/unidad)                     | 0,13                      | -                        | -                         | -                                    | -                                    |   |
|  | CO (kg/unidad)                     | 0,66                      | -                        | -                         | -                                    | -                                    |   |
| Efluentes  | VOL. DES. (m <sup>3</sup> /unidad) | -                         | -                        | -                         | -                                    | 234                                  | 117   |
|  | pH                                 | -                         | -                        | -                         | -                                    | 6-10                                 | 6-10  |
|  | DBO (kg/unidad)                    | -                         | -                        | -                         | -                                    | 197                                  | 217   |
|  | DQO (kg/unidad)                    | -                         | -                        | -                         | -                                    | 326                                  | 543   |
|  | SS (kg/unidad)                     | -                         | -                        | -                         | -                                    | 58                                   | 71,5  |
|  | SDT (kg/unidad)                    | -                         | -                        | -                         | -                                    | -                                    | -   |
|  | Aceites (kg/unidad)                | -                         | -                        | -                         | -                                    | 75                                   | 120   |
|  |                                    |                           |                          |                           |                                      |                                      |   |
| Residuos Sólidos   | Desechos sólidos (kg/unidad)       | -                         | -                        | -                         | -                                    | 1,311                                | 6,140   |
|  | Naturaleza del desecho             | -                         | -                        | -                         | -                                    | Lodos aceitosos tóxicos              | Lodos aceitosos tóxicos, material filtrante gastada, hollin |

## EL TRANSPORTE DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS

En la industria del petróleo los oleoductos y los buques-tanques son los medios por excelencia para el transporte del crudo.

El paso inmediato al descubrimiento y explotación de un yacimiento es su traslado del crudo hasta los centros de refinación o a los puertos de embarque con destino a la exportación mediante tuberías, comúnmente conocidos como oleoductos. En el caso del transporte del gas, se lo transporta a través de gasoductos y los derivados se los transporta mediante poliductos.

El diámetro de la tubería de la cantidad y calidad de producto a transportar: entre más grande sea el diámetro, mayor la capacidad. Estas líneas de acero pueden ir sobre la superficie o bajo tierra y atraviesan la más variada topografía y las condiciones climáticas más variadas.

Petroecuador opera el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) de unos 500 km de longitud, a través del cual se transporta aproximadamente 160.000 barriles diarios. El Sistema de Oleoducto Transecuatoriano transporta el crudo desde Nueva Loja (Lago Agrio) hasta la Refinería Estatal Esmeraldas y el puerto de embarque de Balao. El Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) tiene igual recorrido y es operado por empresas privadas.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU, las actividades desarrolladas en el proceso de transporte petróleo y sus derivados, pertenece al sector H-4930 denominado "Transporte por tuberías".

### 37.1 Proceso de transporte de crudo (oleoducto)

El CIIU específico de esta actividad es el H-4930.01 denominado "Transporte de gases, líquidos, agua, lechada y otros productos por tuberías".

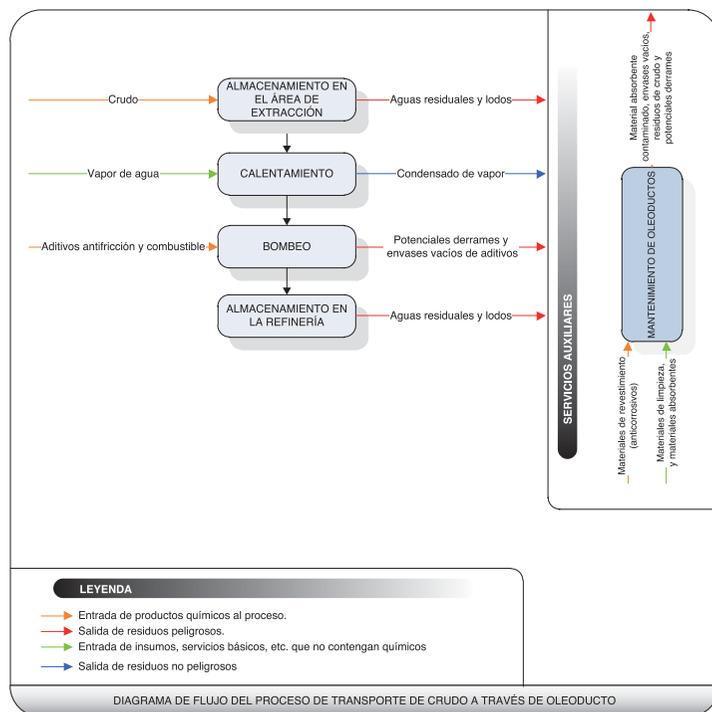
#### 37.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Las etapas que comprende el proceso de transporte de crudo a través de oleoductos son:

- a. Almacenamiento en el área de extracción.
- b. Calentamiento.
- c. Bombeo.
- d. Almacenamiento en la refinería.

En el Gráfico 37.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de transporte de crudo a través del oleoducto. A continuación se describe cada una de las etapas que integran el proceso:

**Gráfico 37.1. Diagrama de flujo del proceso de transporte de crudo a través del oleoducto**



- **Almacenamiento temporal en el área de extracción.** El crudo tratado (desgasificado y deshidratado) de cada uno de los campos petroleros generalmente es enviado a gran centro de acopio, desde el cual se envía a la refinería o puerto de embarque.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se generan aguas residuales generadas por la purga de los tanques de almacenamiento y también se generan lodos de la decantación del crudo.

- **Calentamiento.** Para posibilitar el transporte del petróleo por el oleoducto el crudo es calentado a una temperatura máxima de 80 °C, con el propósito de disminuir la viscosidad del crudo, limitar las pérdidas de carga del fluido y aumentar la eficiencia de los sistemas de bombeo.

En esta fase se generan gases de combustión.

- **Bombeo.** EL transporte del petróleo se lo realiza desde de estaciones de bombeo, ya sean principales y secundarias, las cuales se encargan de medir, bombear y transportar el crudo hasta su destino final.

Desde el centro de control se dirigen las operaciones y los controles, situados a lo largo de toda la línea de conducción. El cierre y apertura de válvulas y el funcionamiento de las bombas se regula por mando a distancia.

El crudo circula por el oleoducto gracias al impulso que proporcionan las estaciones de bombeo cuyo número y potencia están en función de los obstáculos geográficos a sortear, del volumen a transportar, de la densidad y viscosidad del crudo, del diámetro de la tubería de acero y de la resistencia mecánica. En condiciones normales, las estaciones de bombeo se encuentran situadas a 50 km, unas de otras. Para reducir la fricción durante el transporte generalmente se utilizan agentes antifricción.

Los oleoductos de petróleo crudo pueden ser tanto de superficie como subterráneos, donde alcanzan los 2 metros de profundidad y la velocidad estimada del crudo que circula dentro de los oleoductos es de 5 km/h.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de la utilización de aditivos antifricción y combustible o energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas.

Como resultado de esta etapa se pueden generar potenciales derrames de crudo. También se generan envases vacíos de aditivos.

- **Almacenamiento en la refinería.** Cuando el crudo llega a la refinería a través del oleoducto se abren las válvulas de descarga y se lo deposita en tanques de almacenamiento temporal previo al refino o la exportación, monitoreando en todo momento la presión y velocidad del crudo para evitar derrames.

Como resultado de esta etapa se generan aguas residuales y lodos de decantación.

- **Servicios Auxiliares.** Es necesario la implementación de los siguientes servicios auxiliares:

- Mantenimiento de oleoductos.** Para asegurar la operación adecuada de los polductos, es necesario efectuar el mantenimiento y revisión de la infraestructura, para lo cual se realizan inspecciones terrestres o áreas de la ruta de la tubería para detectar fugas y valorar su estado. El monitoreo de los oleoductos subterráneos también se lo hace mediante sensores de fibra óptica que detectan oportunamente posibles fugas de petróleo.

La vida del oleoducto depende de la tasa de corrosión y el desgaste interior de la tubería. Es necesario emplear protección contra la corrosión en la mayoría de los suelos, especialmente en las áreas húmedas o suelos salinos. Las fugas o roturas de los oleoductos pueden causar importantes impactos más allá del área de influencia directa de los oleoductos.

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

Para el desarrollo de esta etapa se emplea principalmente equipos para retirar las incrustaciones (parafina y escoria) del interior de los oleoductos y sustancias de revestimiento para evitar la corrosión.

Como resultado de la etapa se pueden generar residuos de crudo de la limpieza de los oleoductos y derrames en caso de fugas que contaminan potencialmente el agua, aire, suelo y afectan la salud de los seres vivos.

### 37.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de transporte de crudo a través del oleoducto

En la Tabla 37.1 y Gráfico 37.2A se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso.

**Tabla 37.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

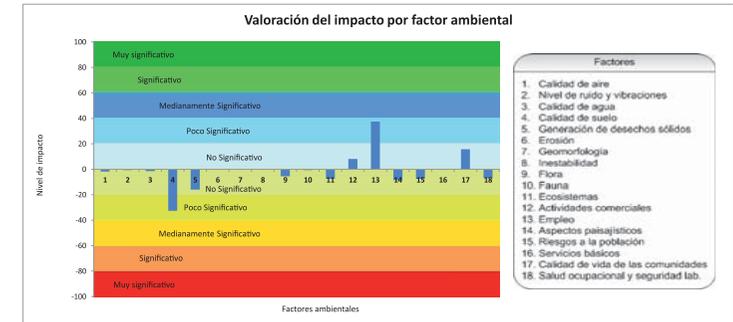
| Componentes                   | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|-------------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire                  | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -1,80            | -1,2%                    |
|                               | Nivel de ruido y vibraciones                      | -0,70            | -0,5%                    |
| Recurso agua                  | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -1,40            | -0,9%                    |
| Recurso suelo                 | Calidad de suelo                                  | -32,63           | -21,4%                   |
| Desechos                      | Generación de desechos sólidos                    | -16,00           | -10,5%                   |
|                               | Erosión   | -0,40            | -0,3%                    |
| Proceso geomorfológico        | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Flora   | -5,50            | -3,6%                    |
| Medio biótico                 | Fauna   | -0,60            | -0,4%                    |
|                               | Ecosistemas                                       | -7,50            | -4,9%                    |
| Socioeconómico                | Actividades comerciales                           | 8,13             | 5,3%                     |
|                               | Empleo  | 37,50            | 24,7%                    |
|                               | Aspectos Paisajísticos                            | -8,50            | -5,6%                    |
|                               | Riesgos a la población                            | -7,50            | -4,9%                    |
|                               | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Calidad de vida de las comunidades                | 15,75            | 10,4%                    |
|                               | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -7,00            | -4,6%                    |
| <b>Impacto total</b>          |   | <b>-29,35</b>    | <b>-19,3%</b>            |
| <b>Porcentaje del impacto</b> |   |                  |                          |

En el Gráfico 37.2 se presenta la evaluación de los impactos por efecto del desarrollo del proceso, del cual se establece que esta actividad puede producir impactos negativos relacionados con la calidad de suelo, emisiones, pero ante todo existe el riesgo de derrames de crudo, lo cual puede causar graves daños al suelo, cuerpo hídricos o alterar los ecosistemas. Como impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo), empleo (poco significativo).

5El impacto final resultante del proceso es de -29.35 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo.

\*Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador\*\*

### Gráfico 37.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso



### 37.2 Evaluación de cargas contaminantes para la actividad

En la Tabla 37.2 se indica las cargas contaminantes generadas por la ejecución de la presente actividad.

\*Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador\*\*

**Tabla 37.2 Carga contaminante de la actividad de transporte de petróleo y sus derivados**

| Proceso de transporte de petróleo y sus derivados |                                    |  |                     |  |
|---|------------------------------------|--|---------------------|--|
| Evaluación de Cargas Contaminantes                |                                    | Proceso Industrial   |                     |  |
|   |                                    | Generación de energía para el transporte de hidrocarburos (Consumo de combustible) | Lavado de tanqueros | Derrames accidentales de hidrocarburos |
| Unidad  |                                    | t  | t                   | N/D                                    |
| Emisiones   | Partículas (kg/unidad)             | 1,04   | -                   | -                                      |
|   | SO <sub>2</sub> (kg/unidad)        | 19,9 (s)   | -                   | -                                      |
|   | NO <sub>x</sub> (kg/unidad)        | 13,2   | -                   | -                                      |
|   | HC (kg/unidad)                     | 0,13   | -                   | -                                      |
|   | CO (kg/unidad)                     | 0,66   | -                   | -                                      |
|   | Hg (kg/unidad)                     | -  | -                   | -                                      |
| Efuentes  | VOL. DES. (m <sup>3</sup> /unidad) | -  | 8                   | N/D                                    |
|   | pH                                 | -  | -                   | -                                      |
|   | DBO (kg/unidad)                    | -  | N/D                 | N/D                                    |
|   | DQO (kg/unidad)                    | -  | N/D                 | N/D                                    |
|   | SS (kg/unidad)                     | -  | -                   | -                                      |
|   | SDT (kg/unidad)                    | -  | -                   | -                                      |
|   | Aceites (kg/unidad)                | -  | 0,01                | N/D                                    |
| Residuos Sólidos                                  | Desechos sólidos                   | -  | -                   | -                                      |
|   | Naturaleza del desecho             | -  | -                   | -                                      |

(s) Contenidos de azufre en el combustible

## TRANSPORTE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS POR CARRETERA

El transporte de sustancias químicas por carretera es una actividad muy necesaria para abastecer al sector industrial de sus materias primas e insumos, dependiendo de la naturaleza de la empresa, sin embargo su incorrecta operación puede implicar altos costos sociales, económicos y ambientales, especialmente generados por accidentes o derrames.

Estadísticamente se ha establecido que aproximadamente el 70% de los accidentes que involucran productos químicos peligrosos ocurren durante la fase de transporte, por ello es motivo de especial atención que los productos químicos peligrosos sean transportados acorde a lo establecido en la NTE INEN 2266:2010 "Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Requisitos", en la cual se establecen los requisitos y procedimientos adecuados para el manejo de los productos químicos peligrosos, incluyendo su transportación.

El CIU designado para esta actividad es el H-4923, denominado "Transporte de carga por carretera".

### 38.1 Proceso de transportación de ácido sulfúrico por carretera

El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso incoloro, altamente corrosivo y que reacciona violentamente con el agua. Puede ocasionar daños a la salud humana, especialmente graves quemaduras y afectar los riñones y pulmones, produciendo en ocasiones el deceso de personas que han estado en contacto con el producto.

Es un compuesto químico que debido a sus características físico-químicas, demanda de un adecuado manejo, en especial para su transportación. Los envases deben contar con etiqueta según la NTE INEN 2688:2000 en la cual se especifique que es una sustancia corrosiva. No se debe transportar con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua puedan desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radioactivos, ni alimentos.

El CIU específico de esta actividad es el H-4923.01, denominado "Todas las actividades de transporte de carga por carretera: troncos, ganado, transporte refrigerado, carga pesada, carga a granel, incluido el transporte en camiones cisterna, automóviles, desperdicios y materiales de desecho, sin recogida ni eliminación, incluye camionetas".

#### 38.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

El proceso de transporte de ácido sulfúrico por carretera está compuesto por las siguientes etapas:

- a. Inspección y control del vehículo de transporte.
- b. Inspección del producto a transportar.
- c. Carga del producto a transportar.
- d. Establecimiento de ruta.
- e. Transporte.
- f. Descarga del producto transportado.

En el Gráfico 38.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de transportación de ácido sulfúrico. A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de transportación de este producto por carretera:

- **Inspección y control del vehículo de transporte.** Antes de iniciar el proceso de transportación del ácido sulfúrico, ya sea en tambores o al granel, es necesario verificar el correcto estado y funcionamiento del vehículo que transportará la carga; como mínimo se inspeccionará, los neumáticos, parabrisas, luces, identificación y señalización del vehículo, tanque de combustible, kit de derrames.

Este control incluye también los documentos habilitantes de la actividad (permisos, matrícula, etc.) y los documentos de registro de la carga que se va a transportar: la guía de embarque (procedencia y destino de la carga, proveedor, cliente, cantidad de producto a transportar, entre otros datos), hoja de seguridad del producto en español (MSDS) y la tarjeta de seguridad. También debe evidenciarse que en el vehículo se disponga de los protocolos a seguir en caso de un accidente y de los medios de comunicación para informar oportunamente posibles accidentes

El conductor del vehículo y su ayudante deben poseer licencia de conducir tipo E y haber aprobado el curso "Transporte de materiales peligrosos" avalado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Para el cumplimiento de esta etapa, se requiere del mantenimiento mecánico del vehículo, lo cual se describe detalladamente en los servicios auxiliares, donde se detallan los insumos necesarios para realizar esta actividad.

- **Inspección del producto a transportar.** Una vez inspeccionado completamente el vehículo, se procede a realizar la inspección de la carga a transportar (ácido sulfúrico).

Además, se inspecciona el estado de los envases del producto a transportar; si cuentan con la identificación, símbolos y señales correspondientes (rombos de seguridad que permitan identificar el nivel de riesgo y peligrosidad del producto). Por lo general, los envases del producto cuentan con esta información, pero es responsabilidad del transportador asegurarse de que todos los envases cumplan con los requisitos establecidos en la normativa correspondiente.

En esta etapa del proceso son inspeccionados los envases del ácido sulfúrico a transportar. Como resultado se pueden generar envases del producto no aptos para la transportación.

- **Carga del producto a transportar.** La carga se la realiza de acuerdo a lo establecido en el ítem 6.1.7 de la norma INEN 2266:2010, la cual establece que el producto deberá ser cargado en el vehículo cumpliendo con la matriz de incompatibilidad de sustancias; no deberá ser colocado directamente sobre el piso del vehículo, sino sobre plataformas o pallets, la apilada de envases con el producto (líquido) será con sus tapas hacia arriba, se preverá el acopio de los envases de acuerdo a la resistencia del material de los mismos y la altura del apilado se hará teniendo en cuenta la alta peligrosidad del ácido, establecida en la MSDS del producto.

El equilibrio del peso y el aseguramiento de la carga son otros puntos importantes de la etapa. Los envases deberán ser correctamente asegurados por medio de cuerdas, correas, aparatos de tensión, redes u otros de tal forma que inmovilicen los envases del producto en el interior del área de carga del vehículo durante todo el proceso de transporte. La distribución del peso debe ser homogénea en el vehículo, evitando acumulaciones de carga en ciertas partes.

En el caso que el ácido sulfúrico sea transportado al granel en tanqueros es necesario asegurarse del estado del tanque cisterna del vehículo transportador, sus válvulas, compuertas y sus condiciones adecuadas para el transporte para evitar posibles fugas o derrames.

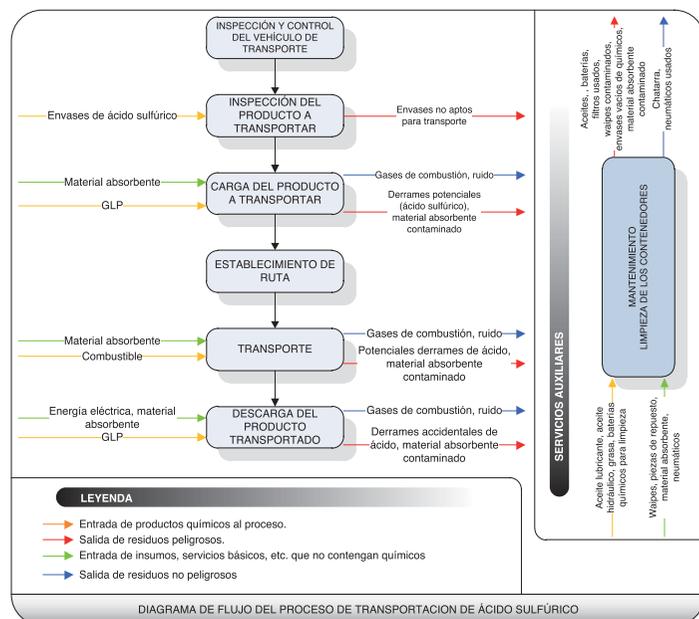
Para la operación de la presente etapa del proceso, dependiendo del tipo y peso de los envases, se requiere de montacargas, en tal caso se requiere el uso de combustibles (GLP) para los montacargas. Además se usan pallets e implementos de tensión para el aseguramiento de la carga y material absorbente para contener derrames. Como resultado de la actividad existe el riesgo de potenciales derrames de ácido sulfúrico; también puede generarse material absorbente contaminado, vapores ácidos, así como emisiones no significativas de gases de combustión y ruido generado por el funcionamiento de los montacargas.

- **Establecimiento de ruta.** Una vez que la carga se encuentra lista y asegurada en el vehículo, se deberá establecer la ruta que se utilizará para el transporte de la carga, donde consten las paradas que sean necesarias en lugares analizados que brinden seguridad, tanto a la comunidad, como al conductor y al ambiente. Los parámetros para el establecimiento de ruta se establecen en el ítem 6.1.4 de la norma INEN 2266:2010.
- **Transporte.** Luego de haber cumplido con todas las revisiones y chequeos correspondientes, tanto del vehículo como de la carga y sus documentos, se procede a realizar el transporte de la misma. La norma INEN

2 266:2010 establece los requisitos para la ejecución de esta etapa, donde se prohíbe la presencia de pasajeros y personal extraño en el vehículo de transporte de químicos, siendo únicamente abordado por personal autorizado para esta actividad-conductor y ayudante(s). De igual forma está prohibido comer, beber o fumar durante todas las actividades que impliquen el manejo de materiales peligrosos.

Para esta etapa se requiere de combustible para el funcionamiento del vehículo y kit de emergencia para controlar potenciales derrames del producto. Como resultado se generan emisiones no significativas de gases de combustión, originada por el funcionamiento del vehículo y ruido. También pueden producirse derrames del producto en caso de accidentes durante la transportación y material absorbente contaminado.

**Gráfico 38.1 Diagrama de flujo del proceso de transportación de ácido sulfúrico**



- Descarga del producto transportado.** Cuando el transporte ha llegado a su destino debe realizarse el proceso de descarga, siguiendo establecido en el ítem 6.1.7.9 de la norma INEN 2266:2010, donde se recomienda revisar las MSDS y etiquetas del producto transportado, realizar una inspección física para la identificación de fugas, derrames, escurrimiento, etc.; permitir la ventilación del contenedor, entre otras actividades para la seguridad del personal y las instalaciones.

En el caso particular de que el producto sea transportado al granel se deberá asegurar la conexión completamente impermeable y aislada del mismo al tanque estacionario, donde será almacenado el producto.

Para el cumplimiento de esta etapa del proceso se utilizan combustible (GLP) para el funcionamiento de montacargas. En el caso particular de la descarga del ácido sulfúrico transportado en tanqueros, se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas que permiten el trasvase completo del producto y kit de emergencia para contener cualquier posible accidente que tenga lugar. Se pueden generar derrames accidentales del producto y material absorbente contaminado, así como vapores nocivos, emisiones no significativas de gases de combustión y ruido.

- Servicios auxiliares necesarios para el proceso.** Para un buen desarrollo de las diferentes etapas del proceso de transportación de ácido sulfúrico, se requiere de los servicios auxiliares, tales como:

- Mantenimiento mecánico del vehículo.** Para llevar a cabo estas actividades de transportación de ácido sulfúrico por vía terrestre, se requiere de un adecuado mantenimiento de los vehículos (cabezas, plataformas y tanques cisterna), por lo cual se requiere del uso de aceites lubricantes, hidráulicos, filtros de aceite y de aire líquido de frenos, waipes, baterías plomo-ácido, piezas de repuesto, grasas, neumáticos, etc. Estas actividades generan desechos peligrosos y especiales, tales como: aceites y filtros usados, envases vacíos de aceites lubricantes y grasas, neumáticos y baterías usadas, waipes impregnados con hidrocarburos, etc. La chatarra generada no está considerada un desecho peligroso.

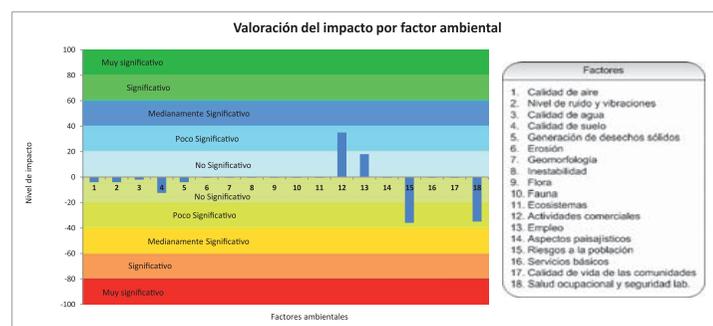
- Limpieza de los vagones de transporte.** Debido al proceso de transporte pueden ocasionarse derrames o fugas accidentales, por lo que se requiere de una limpieza posterior al servicio de transporte, en la cual se hace necesario el uso de productos químicos para eliminar esos residuos. El material absorbente generado por los derrames de productos químicos peligrosos deberán ser dispuestos como desechos peligrosos. Los cuales deberán ser gestionados a través de gestores autorizados.

### 38.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de transportación de ácido sulfúrico

A continuación se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso (Tabla 38.1), además de la representación gráfica de los mismos (Gráfico 38.2).

**Tabla 38.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes                   | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|-------------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire                  | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -4,00            | -2,6%                    |
|                               | Nivel de ruido y vibraciones                      | -4,00            | -2,6%                    |
| Recurso agua                  | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -2,00            | -1,3%                    |
| Recurso suelo                 | Calidad de suelo                                  | -12,50           | -8,1%                    |
| Desechos                      | Generación de desechos sólidos                    | -4,00            | -2,6%                    |
| Proceso geomorfodinámico      | Erosión   | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,3%                    |
| Medio biótico                 | Flora   | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Fauna   | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,3%                    |
| Socioeconómico                | Actividades comerciales                           | 35,00            | 22,7%                    |
|                               | Empleo  | 18,00            | 11,7%                    |
|                               | Aspectos Paisajísticos                            | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Riesgos a la población                            | -36,00           | -23,4%                   |
|                               | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Calidad de vida de las comunidades                | -0,40            | -0,3%                    |
|                               | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -35,00           | -22,7%                   |
| <b>Impacto total</b>          |   | <b>-48,10</b>    | <b>-31,2%</b>            |
| <b>Porcentaje del impacto</b> |   |                  |                          |

**Gráfico 38.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**

Del análisis del Gráfico 38.2 se establece que el desarrollo del proceso puede causar impactos negativos relacionados con riesgos a la población y salud ocupacional y seguridad laboral. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (poco significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -48.10 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo.

## DEPÓSITO Y ALMACENAJE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Las sustancias químicas son imprescindibles en casi todas las actividades productivas de la industria moderna. Las aplicaciones de los productos químicos peligrosos son considerables, así como considerables son también los posibles efectos negativos que provoca el mal manejo de estos en sus fases de almacenamiento, transporte, manipulación y uso.

El almacenamiento inadecuado de las sustancias químicas puede constituirse en fuente de incendios, explosiones, lesiones personales y considerables daños, tanto a propiedad como al ambiente.

Existen procedimientos para el almacenamiento seguro que debe seguirse, a fin de evitar que ocurran estos eventos indeseables, los cuales están establecidos en la NTE INEN 2 266:2010, "Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Requisitos".

El CIU designado para esta actividad es el H-5210, denominado "Almacenamiento y depósito".

### 39.1 Proceso de depósito y almacenamiento de ácido sulfúrico

Debido a la alta peligrosidad del ácido sulfúrico, éste debe ser almacenado en lugares ventilados, frescos y secos, que no posean fuentes de calor o ignición cercanas y que estén apartados de la irradiación solar y de álcalis. No debe ser almacenado cerca o junto a sustancias incompatibles. Los envases no deben ser metálicos y tienen que estar adecuadamente rotulados. No se debe fumar cerca de la zona de acopio, los envases deben estar bien cerrados y durante del despacho del producto se debe evitar la emanación de gases.

El área de almacenamiento debe ser retirada de las zonas de trabajo. La bodega de acopio debe contar con pisos impermeabilizados para evitar la absorción y el sistema eléctrico y equipos presentes en el área deben ser resistentes a la corrosión.

El CIU específico de esta actividad es el H-5210.01, denominado "Actividades de almacenamiento y depósito para todo tipo de productos: explotación de silos de granos, almacenes para mercancías diversas, cámaras frigoríficas, tanques de almacenamiento, etcétera. Incluye la congelación por corriente de aire".

#### 39.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

- a. Recepción del producto.
- b. Descarga del producto.
- c. Transporte a bodega.
- d. Almacenamiento.

A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de depósito y almacenamiento de ácido sulfúrico:

- **Recepción del producto.** El proceso de almacenamiento inicia con la recepción del ácido sulfúrico, para lo cual se procede al registro de la documentación requerida para el caso. La empresa receptora debe exigir la guía de embarque, hojas de seguridad, tarjeta de emergencia y cualquier otro documento que identifique e instruya sobre el manejo del producto.

Es importante destacar que todo el personal que esté involucrado con el manejo de productos químicos peligrosos, deben ser capacitados adecuadamente sobre el manejo de este tipo de productos, en especial en lo referente a los riesgos a la salud que implica su manejo y como actuar en caso de derrames, fugas, contacto, etc.

- **Descarga del producto.** Después que el medio de transporte con el producto haya arribado a la zona de descarga, se realiza el control de los envases de ácido sulfúrico, identificando posibles fugas o derrames, lo cual deberá ser solucionado en el momento previo a la descarga, para lo cual se utilizará material absorbente en el caso de derrames. En caso de detectarse fugas, estas deberán ser controladas utilizando materiales adecuados para evitar la salida del producto.

Este primer procedimiento es en caso de que el producto sea transportado en envases independientes. En caso que el ácido sulfúrico sea transportado en tanqueros, se procederá de la siguiente manera:

- a. El tanquero deberá arribar a la zona de descarga asignada por la empresa receptora, donde será conectado al tanque estacionario de almacenamiento a través de mangueras resistentes y adecuadas para la actividad, comprobando que todo el sistema de descarga esté completamente cerrado y aislado para evitar un posible derrame de producto.
- b. Una vez que se asegure las condiciones de sellamiento e impermeabilidad de las mangueras de descarga, se procede a iniciar la descarga.

Pese a todas las precauciones pueden ocurrir imprevistos o accidentes durante en la descarga del producto, por lo cual los operarios deberán contar con el equipo completo de protección personal adecuado para la actividad, así como con los medios de contención necesarios (kits antiderrames).

En esta etapa del proceso se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de bombas de succión (para la transportación por tanqueros),

y material absorbente y/o neutralizante. Como resultado pueden generarse derrames accidentales y material absorbente contaminado.

- **Transporte a bodega.** Esta etapa continúa, únicamente para el ácido sulfúrico que es transportado en envases independientes (galones, canecas, tanques, etc.). Una vez que los envases han sido inspeccionados y aprobados son descargados con montacargas, y transportados hacia la bodega de almacenamiento de productos químicos. Durante el proceso de descarga, debe cumplirse estrictamente lo establecido en el ítem 6.1.7.10 (literal g) de la NTE INEN 2266:2010

En esta etapa del proceso se emplean montacargas por lo que requiere del uso de GLP. También se requiere de material absorbente para contener posibles derrames. Como resultado de la actividad se puede producir derrames accidentales y generarse material absorbente/neutralizante contaminado, así como emisiones no significativas ruido y gases de combustión por el funcionamiento del montacargas.

- **Almacenamiento.** Representa la última etapa del proceso, en la cual se deposita el producto en el lugar asignado para su almacenamiento (bodega de almacenamiento o tanque estacionario). La zona donde se almacena el producto deberá cumplir lo establecido en la norma INEN 2 266:2010, literales c), d), e), f), y h), así como también con el ítem 6.1.7.12, referente a planes de prevención y emergencia.

Para esta etapa del proceso se requiere de material absorbente para contención de derrames. Como resultado pueden producirse potenciales derrames del ácido sulfúrico y material absorbente contaminado.

- **Servicios auxiliares necesarios para el proceso.** Para un buen desarrollo de las diferentes etapas del proceso de depósito y almacenamiento de ácido sulfúrico, se requiere de la presencia de servicios auxiliares, tales como:

- a. **Mantenimiento de la infraestructura.** La infraestructura para las labores de almacenamiento de ácido sulfúrico está constituida fundamentalmente por tanques estacionarios de almacenamiento y las bodegas. En ambos casos esta infraestructura debe cumplir los requisitos establecidos en la normativa INEN 2266:2010 referente a sumideros, canales periféricos, cubetos de seguridad, ventilación adecuada, pisos impermeabilizados, contar con equipos de seguridad y protección, etc. Toda la infraestructura debe recibir mantenimiento periódico para asegurar el buen desempeño del proceso y una oportuna actuación en caso de accidentes.

Para esta etapa del proceso se requiere de pinturas anticorrosivas, resinas epóxicas, kit anti derrames (material absorbente), tubos fluorescentes, etc. Como resultado se pueden generar envases vacíos de los productos utilizados, tubos fluorescentes usados, material absorbente contaminado, etc.

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

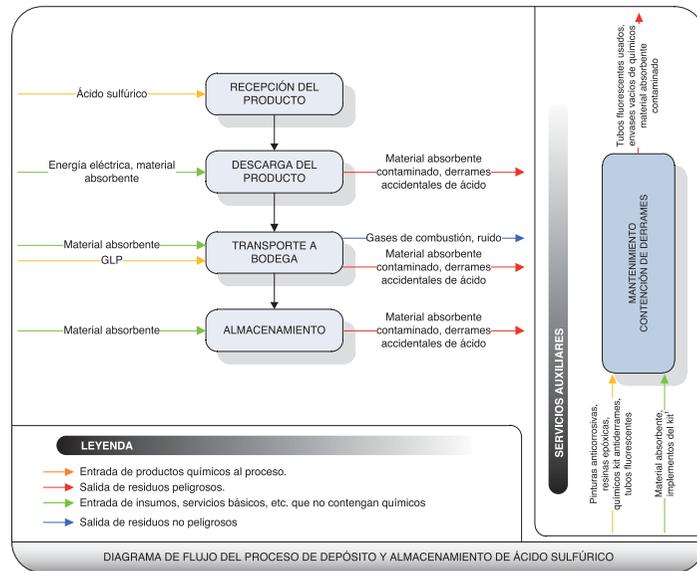
"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

b. **Contención de derrames.** En las áreas de almacenamiento de ácido sulfúrico, potencialmente pueden producirse derrames accidentales. Para tales circunstancias se requiere de la disponibilidad de un kit de emergencia y kit para contención de derrames que permitan una rápida y oportuna acción. Para ello se necesita principalmente productos químicos que ayuden a neutralizar el efecto ácido sulfúrico y materiales absorbentes (paños, arcillas, arena, etc.).

Como resultado puede generarse material absorbente contaminado y envases vacíos de los productos químicos.

En el Gráfico 39.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de depósito y almacenamiento de ácido sulfúrico.

**Gráfico 39.1 Diagrama de flujo del proceso de depósito y almacenamiento de ácido sulfúrico**



1. Material absorbente (arena, arcilla, material sintético 3M, etc.), pala antichispas, recogedor, escoba, trapeador, conos de peligro, cinta de peligro para demarcar el área de derrames, mascarilla, guantes, gafas protectoras, zapatos de seguridad, overol, etc.

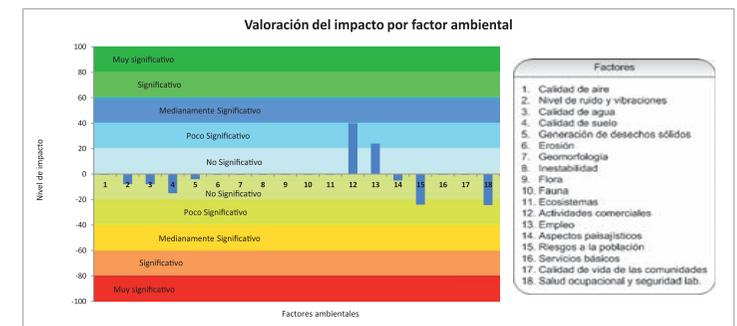
### 39.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de depósito y almacenamiento de ácido sulfúrico

En la Tabla 39.1 y Gráfico 39.2 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso.

**Tabla 39.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes              | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |               |
|--------------------------|---|------------------|--------------------------|---------------|
| Recurso aire             | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Nivel de ruido y vibraciones                      | -8,00            | -5,1%                    |               |
| Recurso agua             | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -8,00            | -5,1%                    |               |
|                          | Calidad de suelo                                  | -15,00           | -9,6%                    |               |
| Desechos                 | Generación de desechos sólidos                    | -4,00            | -2,6%                    |               |
|                          | Erosión   | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,3%                    |               |
| Proceso geomorfodinámico | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Flora   | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Fauna   | -0,40            | -0,3%                    |               |
| Medio biótico            | Ecosistemas                                       | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Actividades comerciales                           | 40,00            | 25,6%                    |               |
|                          | Empleo  | 24,00            | 15,4%                    |               |
| Socioeconómico           | Aspectos Paisajísticos                            | -5,00            | -3,2%                    |               |
|                          | Riesgos a la población                            | -24,00           | -15,4%                   |               |
|                          | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Calidad de vida de las comunidades                | -0,40            | -0,3%                    |               |
|                          | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -24,38           | -15,6%                   |               |
|                          | <b>Impacto total</b>                              |                  | <b>-27,98</b>            | <b>-17,9%</b> |
|                          | <b>Porcentaje del impacto</b>                     |                  |                          |               |

**Gráfico 39.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 39.2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos relacionados con los riesgos a la población y salud ocupacional y seguridad laboral. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (poco significativo) y empleo (poco significativo).

El impacto final resultante del proceso es de -27.98 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo.

## MANIPULACIÓN DE CARGA

La manipulación de carga es una actividad frecuente en casi todos los sectores empresariales la cual puede producir contusiones, cortes, heridas, fracturas y lesiones musculoesqueléticas en zonas sensibles como son los hombros, brazos, manos y espalda.

Toda actividad en la que el ser humano entra en contacto con la carga es considerada como manipulación. Este contacto puede darse de forma directa o indirecta: la primera es donde el operario hace contacto directo con la mercancía y la segunda se realiza a través de maquinaria o tuberías. La manipulación de carga se la puede relacionar con todas las actividades del ciclo de vida de los productos: producción, transporte, estiba, almacenamiento, comercialización, etc.

El CIIU designado para esta actividad es el H-5224, denominado "Manipulación de carga".

### 40.1 Manipulación de ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso incoloro, corrosivo y reacción violentamente en contacto con el agua. Debido a sus características físicas químicas este ácido fuerte exige un adecuado manejo, por ello se lo debe manipular, siguiendo los requisitos de seguridad estipulados en la norma INEN 2 266:2010. Se debe hacer uso correcto de los equipos de protección personal y contar con planes de respuesta ante emergencias. Además, el manejo de este producto debe ser realizado por personal suficientemente capacitado y autorizado para realizar esta actividad.

El CIIU específico de esta actividad es el H-5224.00, denominado "Carga y descarga de mercancías y equipaje, independientemente del modo de transporte utilizado, estiba y desestiba, incluye carga y descarga de vagones ferroviarios de carga".

En el manejo del ácido sulfúrico se pueden diferenciar dos aspectos: el manejo directo y el manejo indirecto de la sustancia, los cuales se describen a continuación:

- **Manejo directo.** Se refiere a toda operación que involucre contacto directo con el líquido, tales como manejo de filtraciones, situaciones de emergencia en terreno, trasvasije de ácido, manipulación de muestras, etc.
- **Manejo indirecto.** Se refiere a toda operación que, si bien no involucra contacto directo con el líquido, si se realiza con objetos que contienen ácido, tales como retiro de material de operación con restos de ácido, manipulación de frascos de muestras con restos de ácido, operación sobre válvulas, etc.

La manipulación del ácido sulfúrico implica riesgos laborales, determinados fundamentalmente por sus propiedades altamente corrosivas y tóxicas, así también como su estado físico (líquido y sus vapores). Entre los principales riesgos se encuentran los siguientes:

- **Riesgo de salud.** El ácido sulfúrico es un líquido denso, altamente corrosivo, su contacto causa severas quemaduras a los tejidos de la piel, ojos y mucosas. En caso de incendio se desprenden gases tóxicos e irritantes (óxidos de azufre). El personal que participe en la recolección de derrames deberá utilizar el traje de protección completo, incluyendo el equipo autónomo de respiración.
- **Derrames.** Debido a su estado líquido es más peligroso y complicado controlar los derrames accidentales que se pudieran ocasionar en la manipulación, llegando a contaminar cuerpos hídricos, suelo o generar vapores nocivos para la salud de quienes los inhalasen. Los derrames de ácido sulfúrico no deben ser recogidos con aserrín u otros adsorbentes combustibles.
- **Incendio y explosión.** El contacto del ácido sulfúrico con álcalis, sustancias combustibles, oxidantes o agentes reductores constituye un riesgo de incendio y explosión. El desprendimiento de hidrógeno como producto de la reacción constituye una fuente de posibles incendios y explosiones.

Debido a la presencia de estos riesgos es necesario que se cumplan las siguientes recomendaciones en el manejo del ácido sulfúrico que se detallan a continuación:

- **Capacitación del personal.** Esta actividad consiste en realizar una completa y constante capacitación al personal en las normas de seguridad que se deben seguir para el correcto manejo del producto. La capacitación incluye los cuidados para el manejo del ácido, el reconocimiento de la señalización de los peligros, la comprensión de la MSDS y el adiestramiento en el uso de los equipos de protección personal. Además, el personal debe recibir capacitación permanente los primeros auxilios y cómo actuar en casos de derrames, emisión de vapores o emergencias en general.
- **Uso de equipos de protección personal.** Durante el manejo del ácido sulfúrico están presente los riesgos propios del manejo de sustancias peligrosas, por lo cual es extremadamente importante el uso de los equipos de protección personal (EPP's). El objetivo es preservar la integridad y salud del personal durante la manipulación del producto, previniendo daños a la salud y la integridad del personal operativo. El personal está en la obligación de usar los EPP's cuando realice el manejo del producto.

La MSDS del ácido sulfúrico exige el uso de los siguientes EPP's: gafas de seguridad, protector facial, guantes y botas resistentes a la acción del ácido, respirador con filtro de gases inorgánicos corrosivos, traje

completo de cloruro de polivinilo, nitrilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón, caucho de butilo. Como resultado de la operación se pueden generar desechos sólidos provenientes del material de embalaje de los EPP's.

- **Planes de contingencia y respuesta ante emergencias.** Es imperativo que para el proceso de manipulación del ácido sulfúrico, existan planes de contingencia y respuesta a emergencias, que contemplen los riesgos presentes en el proceso y cómo actuar en caso de presentarse situaciones no deseadas, a fin de preservar la vida de las personas, la integridad del inmueble y del medio ambiente.

Estos planes deben ser puestos a prueba periódicamente mediante simulacros para conocer su eficacia y el grado de preparación del personal para una oportuna activación. Las especificaciones para el desarrollo de estos planes se encuentran en la NTE INEN 2266:2010.

- **Equipos de salvamento y primeros auxilios.** Debido a los riesgos inherentes al manejo del ácido sulfúrico es necesaria la disponibilidad de equipos de salvamento y primeros auxilios (duchas de emergencia y fuente lava ojos, botiquines de primeros auxilios, extintores, kit de emergencia, sistemas contra incendios, detectores de humo, camillas, equipos de protección personal, entre otros. La presencia de equipos de salvamento y primeros auxilios permitirá asistir al personal a solucionar de manera oportuna, cualquier incidente que se pudiera suscitar, mientras se realiza el manejo del producto.
- **Revisión y control de EPP's, equipos de salvamento y primeros auxilios.** Tiene por objeto la constante inspección del estado y desempeño de los EPP's y equipos de salvamento y primeros auxilios existentes en la empresa para el resguardo de la integridad del personal y de las instalaciones. Para el cumplimiento de la actividad se utilizan EPP's y equipos de salvamento nuevos, así como insumos para botiquín de primeros auxilios (fármacos, gasas, vendas, apósitos). Como resultado se generan EPP's descartados por su mal funcionamiento o deterioro e insumos caducados o en mal estado.
- **No fumar.** Mientras se realizan las actividades de manipulación del ácido sulfúrico se prohíbe fumar, debido a los eminentes riesgos de incendio y explosión, presentes por las emisiones de hidrógeno gaseoso.
- **Kits antiderrames.** En los lugares donde se manipula ácido sulfúrico es imprescindible contar con un "kit para control de derrames"; equipado con agentes neutralizantes, palas y equipos especiales de recolección resistentes a la corrosión y dispositivos de señalética para delimitar e informar que en determinada zona ocurrió un derrame. No utilizar aserrín como medio adsorbente.
- **Duchas de emergencia y fuentes lavaojos.** Es importante que existan duchas de emergencia y fuentes lavaojos, ubicadas en zonas

críticas, donde exista manipulación de ácido sulfúrico, a fin de que el personal operativo pueda usarlos inmediatamente en caso accidentes, disminuyendo así el efecto del ácido sobre la piel.

En el Gráfico 40.1 se presenta un mapa conceptual para el proceso de manipulación de cargas (ácido sulfúrico), donde plasman las recomendaciones para evitar accidentes y disminuir riesgos.

**Gráfico 40.1** Mapa conceptual del manejo de ácido sulfúrico



## OTRAS UNIDADES DE TRANSPORTE (TRANSPORTE MARÍTIMO DE COMBUSTIBLE A ZONAS SENSIBLES)

La única zona sensible reconocida en Ecuador es la Reserva Marina de Galápagos. El archipiélago de las Galápagos fue declarado Parque Nacional en 1959, Patrimonio Natural de la Humanidad en 1978 por la UNESCO, Reserva de de la Biósfera en 1984 por la misma entidad.

En 1998 se promulga la Ley de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (LOREG). Mientras que en el año 2005 la Organización Marítima Internacional reconoce a la Reserva Marina de Galápagos (RMG) como una Zona Marina Especialmente Sensible (ZMES). Esta reserva marina de aproximadamente 137,000 km<sup>2</sup> de extensión, es una de las reservas más grandes del mundo, así como un increíble ambiente dinámico para el estudio.

La Reserva Marina de Galápagos comprende toda la zona marina dentro de una franja de cuarenta millas náuticas, medidas a partir de las líneas de base del archipiélago. Esta línea base se forma al unir los puntos más externos del archipiélago. La superficie que se incluye dentro del polígono es de 137.000 km<sup>2</sup> de superficie marina, incorpora las aguas interiores del archipiélago (50.100 km<sup>2</sup>) y todas aquellas contenidas en 40 millas náuticas, medidas a partir de la línea base.

En los momentos actuales la RMG es navegada por embarcaciones que pertenecen a categorías definidas tales como: de turismo, de pesca, embarcaciones privadas, de control como las de la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) y la Armada del Ecuador o para servicios sociales. En esta última se incluyen los barcos que transportan desde el continente productos de primera necesidad, materiales de construcción, combustibles, entre otros para beneficio de los pobladores locales.

Esta alta actividad marítima que se ejecuta hacia y entre las islas Galápagos se hace evidente la necesidad de que todos los involucrados con dicha actividad e instituciones de control, locales y nacionales, (incluyendo propietarios de embarcaciones nacionales o internacionales), cooperen para proteger los ecosistemas del archipiélago de especies invasoras, desarrollando, apoyando y aplicando normas y procedimientos con ese propósito en el marco de un acuerdo de bioseguridad total.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU, las actividades desarrolladas en el proceso de transporte marítimo de combustible a zonas sensibles, pertenecen al sector H-5012 denominado "Transporte de carga marítimo y de cabotaje".

#### 41.1 Proceso de transporte marítimo de combustible a zonas sensibles

El CIU específico de esta actividad es el H-5012.02 denominado "Transporte de barcasas, plataformas petrolíferas, etc., remolcadas o empujadas por remolcadores".

##### 41.1.1 Descripción y diagrama de flujo del proceso

Las etapas que comprende el proceso de transporte marítimo de combustible a zonas sensibles, en este caso, al archipiélago de Galápagos son:

- Pre-embarque.
- Embarque del combustible.
- Transporte del combustible.
- Desembarque del combustible.
- Retorno de la embarcación.

En el Gráfico 41.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de transporte marítimo de combustible a zonas sensibles. A continuación se describe cada una de las etapas de este proceso:

▪ **Pre-embarque.** Un sistema óptimo de transporte marítimo de carga de combustible a Galápagos se inicia con las siguientes medidas precautelatorias:

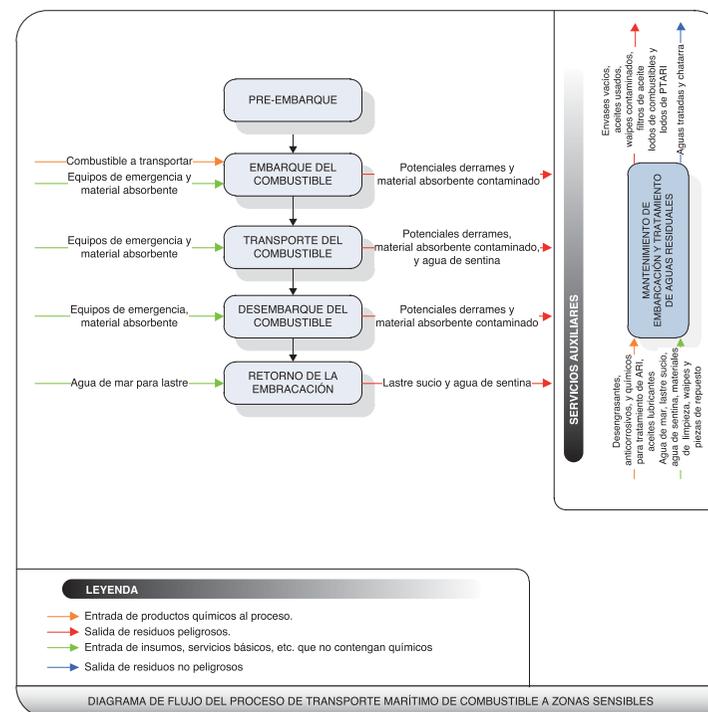
- Inspección del producto que se destinará a la zona sensible (Galápagos).
  - Revisión exhaustiva del medio de transporte (buque) en el que se embarcará el combustible para evitar fugas.
  - Las embarcaciones deben estar completamente limpias, desinfectadas, fumigadas y libre de plagas.
  - El transportista debe obtener el permiso de salida de puerto (zarpe), para ello le corresponde presentar en la capitania de puerto, el certificado de fumigación y desratización vigente realizada por una empresa acreditada por Agrocalidad
  - A partir del 01 de julio del 2011 todos los buques cargueros deben mantener vigente el certificado de clase, otorgado por la sociedad clasificadora de buques (IACS), registrado por la Autoridad Marítima Nacional (DIRNEA), con la finalidad de que los buques que transportan carga hacia Galápagos cuenten con todas las medidas de seguridad durante la navegación y de cumplimiento a la resolución del Consejo Nacional de Marina Mercante y Puertos (CNMMP).
- **Embarque del combustible.** Una vez cumplidas las disposiciones anteriores el combustible es bombeado a los buques de carga designados mediante un sistema de válvulas y bombas. Es importante que

el combustible se distribuya uniformemente dentro de la embarcación para mantener la estabilidad y seguridad.

Los buques más recomendables para este transporte son los de "doble casco", es decir, que poseen una barrera de separación doble a lo largo de toda la eslora de carga, entre los tanques de carga y el mar, lo que permite que sean menos sensibles a sufrir daños y provocar derrames.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de un sistema de válvulas y bombas para el embarque del combustible, equipos y material absorbente para casos de derrames, sistema contra incendios, etc. Como resultado de esta etapa, existe el riesgo de potenciales derrames de combustible e incendios y la generación de material absorbente contaminado.

**Gráfico 41.1. Diagrama de flujo del proceso de transporte marítimo de combustible a zonas sensibles**



▪ **Transporte del combustible.** Consiste propiamente en el transporte del combustible en los buques de carga, desde los distintos puertos del país hasta el archipiélago de Galápagos. Durante la travesía se debe verificar periódicamente la integridad del cargamento, para detectar oportunamente posibles fugas e incluso la presencia de plagas.

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

"Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador"

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de combustible para el funcionamiento de la embarcación, equipos y materiales de emergencia para caso de producirse algún derrame. Como resultado, se generan aguas de sentina (mezcla de líquidos provenientes del cuarto de máquina), potenciales derrames de combustible, material absorbente contaminado y gases de combustión.

- **Desembarque del combustible.** Al llegar a cualquier puerto del archipiélago de Galápagos, el buque de carga es abordado por un inspector del Sistema de Inspección y Cuarentena para Galápagos (SICGAL) que es un programa integral de Agrocalidad, a fin de comprobar la ausencia de plagas y la no ruptura de los sellos adhesivos de seguridad, colocados por los inspectores en los puertos de embarque.

Además el responsable de la embarcación debe presentar el certificado de desratización y de fumigación del barco, las guías de embarque del producto transportado, hojas de seguridad (MSDS), y toda la documentación requerida por la autoridad competente para que sea autorizado a desembarcar.

Una vez que se ha verificada la documentación, el combustible es descargado en los distintos muelles del archipiélago, ya sea con la ayuda de pequeñas embarcaciones que transporten el combustible hasta el muelle, mediante sistemas de bombeo, o en su defecto con contenedores que mediante grúas, tanto de la embarcación como del muelle, permiten realizar el movimiento del combustible hasta el muelle. Cabe recalcar que la tercera opción no existe en Galápagos pero también es una práctica aplicada. Luego de ello el combustible es transportado a los centros de distribución, para ser comercializado entre los consumidores finales.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de material absorbente y equipos de emergencia en caso de fugas. Como resultado se pueden producir derrames de combustible y material absorbente contaminado.

- **Retorno de la embarcación.** Consiste en el regreso de la embarcación al puerto marítimo del cual zarpó. En este caso, los tanques vacíos que almacenaban combustible, son llenados con agua de mar, conocida como "agua de lastre" para no perder la estabilidad del buque.

Para el desarrollo de esta etapa del proceso se requiere combustible para la embarcación y agua de mar para llenado de tanques, generándose como resultado agua de mar contaminada con hidrocarburos (agua de lastre sucio), agua de sentina y gases de combustión.

- **Servicios Auxiliares.** Son necesarios los siguientes servicios auxiliares:
  - **Mantenimiento de las embarcaciones de carga.** Es responsabilidad de la empresa, tripulación de la embarcación y autoridades correspondientes dar cumplimiento a las tareas de mantenimiento preventivo para evitar daños graves a la salud y ambiente en general.

Las principales tareas de mantenimiento están relacionadas con inspecciones rutinarias del estado de las partes y equipos de la embarcación, así como los sistemas de fondeo, amarre, grúas, iluminación, ventilación, entre otras. Igualmente se consideran las tareas de limpieza de los compartimentos y tanques de carga (combustible), tanques de lastre, y otros tanques (espacios vacíos, tanques de agua dulce, caja de cadenas, etc.).

Los períodos de mantenimiento se determinan según la necesidad de cada área o parte del buque, es así, que los tanques de carga, tanques de lastre y espacios vacíos, se inspeccionarán como mínimo, con una frecuencia anual. En general los mantenimientos pueden ser semanales, mensuales, semestrales o anuales.

Para el desarrollo de este servicio auxiliar se utilizan desengrasantes, pinturas anticorrosivas para el recubrimiento de cascos y estructuras metálicas que eviten la corrosión, solventes, waipes, piezas de repuesto, aceites lubricantes.

Como resultado de esta etapa se genera agua residual de lavado de tanques y otras áreas de la embarcación, lodos de combustible, envases vacíos de anticorrosivos y chatarra (cables, partes metálicas, etc.), así como waipes contaminados con aceites lubricantes.

- **Tratamiento de aguas residuales.** Se forman principalmente aguas residuales de mantenimiento, aguas de lastre y aguas de sentina, sus respectivos tratamientos son:
  - a. **Tratamiento de aguas de lastre.** Entre las técnicas empleadas para el tratamiento de las aguas de lastre se encuentran las de separación y filtración.
  - b. **Tratamiento de agua de mantenimiento y de sentina.** Debido al alto poder contaminante de los hidrocarburos, las aguas residuales de mantenimiento y todos los residuos de sentina deben ser tratados en tierra. Existen diversos tratamientos para separar el agua de los residuos de combustible: en primer lugar se debe someter el agua residual a un proceso de decantación para que se sedimenten los lodos, los cuales deben ser caracterizados y según su composición, pueden ser incinerados por empresas calificadas. Luego de la eliminación del material flotante estas aguas deben someterse a tratamientos tales como floculación, filtración. También se utilizan agentes biológicos, dependiendo de la composición de estas aguas.

Para el desarrollo de esta actividad se utilizan productos químicos como floculantes, biocidas, germicidas; ozono y agentes biológicos para el tratamiento de las aguas residuales, generándose aguas tratadas, envases vacíos de químicos y lodos que pueden ser sometidos a tratamiento térmicos.

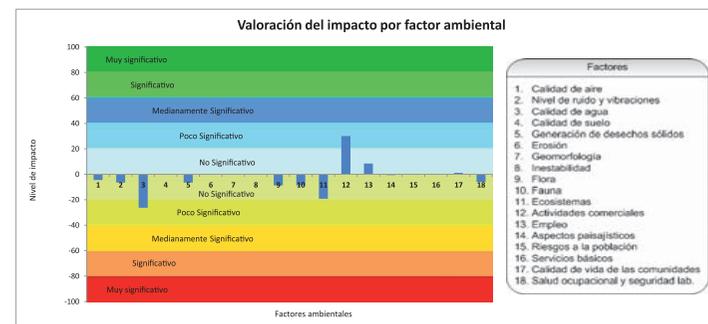
### 41.1.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de transporte marítimo de combustible a zonas sensibles

En la Tabla 41.1 y Gráfico 41.2 se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso.

**Tabla 41.1 Valoración del impacto ambiental producido por el proceso**

| Componentes              | Factores  | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|--------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire             | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -4,50            | -3,5%                    |
|                          | Nivel de ruido y vibraciones                      | -6,50            | -5,0%                    |
| Recurso agua             | Calidad de agua (generación de efluentes)         | -26,25           | -20,3%                   |
| Recurso suelo            | Calidad de suelo                                  | -0,40            | -0,3%                    |
| Desechos                 | Generación de desechos sólidos                    | -6,50            | -5,0%                    |
|                          |   |                  |                          |
| Proceso geomorfodinámico | Erosión   | -0,40            | -0,3%                    |
|                          | Geomorfología                                     | -0,40            | -0,3%                    |
|                          | Inestabilidad                                     | -0,40            | -0,3%                    |
| Medio biótico            | Flora   | -8,75            | -6,8%                    |
|                          | Fauna   | -8,75            | -6,8%                    |
|                          | Ecosistemas                                       | -19,25           | -14,9%                   |
| Socioeconómico           | Actividades comerciales                           | 30,00            | 23,2%                    |
|                          | Empleo  | 8,50             | 6,6%                     |
|                          | Aspectos Paisajísticos                            | -0,70            | -0,5%                    |
|                          | Riesgos a la población                            | -0,40            | -0,3%                    |
|                          | Servicios básicos                                 | -0,40            | -0,3%                    |
|                          | Calidad de vida de las comunidades                | 1,10             | 0,9%                     |
|                          | Salud Ocupacional y seguridad laboral             | -6,00            | -4,6%                    |
|                          |   |                  |                          |
| Impacto total            |   | -50,00           | -38,7%                   |
| Porcentaje del impacto   |   |                  |                          |

**Gráfico 41.2 Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso**



Como se observa en el Gráfico 41.2, el desarrollo del proceso puede causar impactos negativos en los factores calidad de agua, calidad de los ecosistemas, especialmente por el riesgo de derrames. Los impactos positivos producto de la actividad se generan en los factores actividades comerciales.

El impacto final resultante del proceso es de -50.00 catalogado como impacto medianamente significativo de carácter negativo.