



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO  
BAJO LAS CONSIDERACIONES DE LA NORMA ISO  
14064 EN EL ÁREA DE ACERÍA DE LA EMPRESA  
METALÚRGICA ECUATORIANA ADELCA C.A.”**

**SANTILLÁN SANDOVAL PAOLA ALEXANDRA**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-07-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**PAOLA ALEXANDRA SANTILLÁN SANDOVAL**

---

Titulada:

**“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO BAJO LAS  
CONSIDERACIONES DE LA NORMA ISO 14064 EN EL ÁREA DE ACERÍA  
DE LA EMPRESA METALÚRGICA ECUATORIANA ADELCA C.A.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marcelino Fuertes Alarcón.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marcelo Jácome Valdez.  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** PAOLA ALEXANDRA SANTILLÁN SANDOVAL

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO BAJO LAS CONSIDERACIONES DE LA NORMA ISO 14064 EN EL ÁREA DE ACERÍA DE LA EMPRESA METALÚRGICA ECUATORIANA ADELCA C.A.”

**Fecha de Examinación:** 2014-06-27

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelino Fuertes Alarcón DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marcelo Jácome Valdez ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Paola Alexandra Santillán Sandoval**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis principalmente a Dios por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, a pesar de nuestra distancia, por ayudarme con los recursos necesarios para terminar mis estudios. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome, a ti mi Stephanie, hermanita quien ha sido y es una mi motivación, inspiración y felicidad. A mi familia, los que me dieron los ánimos necesarios y por quienes soy lo que soy.

**Paola Santillán Sandoval**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A los docentes de la institución por la sabiduría y los conocimientos infundido en el desarrollo de la carrera.

Y a todas las personas que de una u otra manera apoyaron y colaboraron en el desarrollo y perfeccionamiento del presente trabajo; ya que sin su valiosa colaboración no se hubiera culminado satisfactoriamente esta labor.

**Paola Santillán Sandoval**

## RESUMEN

La determinación de la huella de carbono en el área de acería de la empresa metalúrgica ecuatoriana Adelca C.A. bajo las consideraciones de la norma ISO 14064, ubicada en la parroquia de Alóag, cantón Mejía, provincia de Pichincha, tiene como objetivo cuantificar las emisiones por Gases Efecto Invernadero (GEI) producidos por un producto para decidir la compensación de emisiones dentro del proceso productivo como política primordial de la empresa que la diferencia frente a otras.

En el cálculo se utilizó como referencia los factores de conversión del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y aspectos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y de la ISO 14064-2 (Organización Internacional para la Estandarización – Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero).

El diagnóstico inicial a las operaciones del área de Acería, permitió identificar las fuentes generadoras de emisiones de gases efecto invernadero, clasificando sus actividades de acuerdo a los alcances señalados por el IPCC.

La huella de carbono aplicada a la norma ISO 14064 - 2 se obtuvo a partir de los datos mensuales del consumo generado por las actividades del área de Acería. Como resultado se determinó una generación de 909.693.077,2 tCO<sub>2</sub>e durante el periodo 2012 y 243.345.541,5 tCO<sub>2</sub>e en el 2013; donde el mayor aporte a éste total de emisiones es causado por el consumo de electricidad, GLP y de la producción en los dos años.

Ante esta realidad se propuso soluciones de mitigación para la reducción de tCO<sub>2</sub>e que inició con el proyecto de reforestación de 25 hectáreas de terreno pertenecientes a la empresa con plantas de eucalipto y aliso, mitigando 3.160,5 tCO<sub>2</sub>e del total de emisiones cuantificadas en los dos años, el costo para la empresa es de \$ 56.437,94, que permite compensar el 30% del total de emisiones del área de acería del año 2012 y 2013

## **ABSTRACT**

The determination of the carbon footprint in the area of the steelwork of the Ecuadorian metallurgical company Adelca C.A. under considerations of the ISO 14064 standard, located in the Parroquia Alóag, canton Mejía, Pichincha province, aims to quantify effect gases emissions GHG produced by a product to offset emissions within the productive process as policy primary company that distinguishes it from others.

In the calculation was used as a reference conversoons factors from the IPCC (Intergovernmental Panel of the Climatte Change) ansd aspects of greenhouse gas Protocol and the ISO 14064-2 (International Organization for Standarization Quantification of Greenhouse Gases).

Diagnose inicial area of steelmaking operations, allowed to identify the sources of emissions of gases greenhouse classifying their activities according to the scope identified by the IPCC.

Carbon Footprint applied to the ISO 14064-2 standard was obtained from the monthly consumption data generated by activities en the area of steelwork. As a result a generation of 909.693.0772,2 tCO<sub>2</sub>e was determined during the period 2012and 243.345.541,5 tCO<sub>2</sub>e in 2013; where the greatest contribution to this total emissions is caused by the consumption of electricity, LPG and production in two years.

Faced with this reality was proposed solutions of mitigation for the reduction of CO<sub>2</sub> that start with plants of eucalyptus and alder, mitigating 3.160 tCO<sub>2</sub>e total quantified emissions in two years, the cost to the company is \$56.437,94, which compensates for 30% of total emissions in the area of steelwork in 2012 and 2013.

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Una visión sustentable desde la ecoeficiencia y la producción mas limpia determinando la huella de carbono.....	4
2.2 Ecoeficiencia.....	5
2.3 Producción más limpia.....	7
2.3.1 <i>Principios de producción más limpia</i> .....	10
2.3.2 <i>Elementos de la producción más limpia</i> .....	11
2.4 Análisis del ciclo de vida y huella de carbono.....	13
2.4.1 <i>Análisis del ciclo de vida</i> .....	13
2.4.1.1 <i>Definición de análisis del ciclo de vida</i> .....	13
2.4.1.2 <i>Ciclo de vida de un producto</i> .....	14
2.4.1.3 <i>Metodología del Análisis del ciclo de vida</i> .....	15
2.4.2 <i>Generalidades de la huella de carbono</i> .....	16
2.4.3 <i>Huella de carbono</i> .....	16
2.4.4 <i>Estándares utilizados en la medición de la huella de carbono</i> .....	17
2.4.5 <i>Carbono neutro</i> .....	17
2.4.6 <i>Compensación de carbono</i> .....	17
2.4.7 <i>Huella de carbono vs. Huella ecológica</i> .....	18
2.4.8 <i>La huella ecológica en el Ecuador</i> .....	19
2.5 Marco normativo para calcular la huella de carbono.....	20
2.5.1 <i>Generalidades del marco normativo</i> .....	20
2.5.2 <i>Cambio climático</i> .....	22
2.5.3 <i>Gases de efecto invernadero</i> .....	23
2.5.4 <i>Protocolo de gases efecto invernadero</i> .....	25
2.5.4.1 <i>Identificación de fuentes de emisiones de gases efecto invernadero</i> .....	25
2.5.4.2 <i>Selección de un método de cálculo</i> .....	27
2.5.4.3 <i>Recolección de datos de actividades y elección de emisión</i> .....	27
2.5.4.4 <i>Aplicación de herramientas de cálculos</i> .....	28
2.5.5 <i>IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático)</i> .....	28
2.5.5.1 <i>Factores de conversión de emisión</i> .....	28
2.6 Marco legal e institucional.....	29
2.6.1 <i>Constitución de la república del Ecuador</i> .....	29
2.6.2 <i>Ley de gestión ambiental, codificación 19</i> .....	31
2.6.3 <i>Ley de prevención y control de la contaminación ambiental</i> .....	32
2.6.4 <i>Texto unificado de legislación secundaria</i> .....	33
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA METALÚRGICA</b>	
3.1 Análisis de la situación actual de la industria metalúrgica ecuatoriana.....	35
3.1.1 <i>Identificación general de la industria</i> .....	36
3.2 Misión, visión y valores corporativos.....	37
3.2.1 <i>Misión</i> .....	37
3.2.2 <i>Visión</i> .....	37
3.2.3 <i>Valores Corporativos</i> .....	37
3.3 Organigrama empresarial.....	38
3.4 Identificación del área de estudio.....	39
3.5 Operaciones de la Acería.....	40

3.5.1	<i>Descripción general del proceso productivo en el área de Acería</i> .....	40
3.6	Descripción de materiales, maquinas y equipos utilizados en los procesos de producción en el área de Acería.....	41
3.7	Ciclo de vida del acero.....	46
3.8	Planificación del proceso de fabricación de palanquilla.....	47
3.9	Diagrama de flujo del proceso de producción de palanquilla.....	48
3.9.1	<i>Especificaciones de fabricación de palanquilla</i> .....	50
<b>4.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO BAJO LAS CONSIDERACIONES DE LA NORMA ISO 14064</b>	
4.1	Lugar.....	54
4.2	Métodos.....	54
4.3	Norma ISO 14064.....	55
4.3.1	<i>Metodología de la cuantificación de las emisiones</i> .....	57
4.4	Aplicación de metodología de medición de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	62
4.4.1	<i>Inventario de emisiones de GEI de área de Acería de la planta matriz Adelca C.A.</i> .....	62
4.4.2	<i>Consumo por emisiones directas de gases efecto invernadero</i> .....	62
4.4.2.1	<i>Emisiones directas producidas por la producción de acero</i> .....	62
4.4.2.2	<i>Emisiones directas producidas por consumo de GLP en el área de acería</i> .....	65
4.4.2.3	<i>Emisiones directas producidas por consumo de diésel y gasolina en el área de acería por montacargas, máquinas especiales y excavadoras de chatarra (maquinas Fuchs)</i> .....	68
4.4.3	<i>Consumo por emisiones indirectas de gases efecto invernadero</i> .....	72
4.4.3.1	<i>Emisiones indirectas producidas por la electricidad que se consume en el área de Acería</i> .....	72
4.4.4	<i>Consumo por otras emisiones indirectas de gases efecto invernadero</i> .....	75
4.4.4.1	<i>Emisiones indirectas por el consumo de agua en el área de Acería</i> .....	75
4.4.4.2	<i>Emisiones indirectas causadas por los desechos sólidos y líquidos producidos en el área de Acería</i> .....	77
4.5	Emisiones totales de GEI emitidas en el área de Acería de la planta Adelca C.A.....	82
4.6	Propuestas de medidas de mitigación de emisiones.....	88
4.6.1	<i>Acciones de reducción de emisiones producidas por el consumo de electricidad</i> .....	89
4.7	Compensación de emisiones.....	91
4.7.1	<i>Costos relacionados a la compensación de emisiones</i> .....	94
4.7.1.1	<i>Costos de producción</i> .....	94
4.7.1.2	<i>Gastos generales de fabricación</i> .....	94
4.7.1.3	<i>Reparación y mantenimiento</i> .....	96
4.7.1.4	<i>Costos de administración</i> .....	96
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1.	Conclusiones.....	98
5.2.	Recomendaciones.....	99

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Cronología del desarrollo sustentable.....	6
2	Marco de análisis del ciclo de vida.....	15
3	Descripción de gases efecto invernadero.....	24
4	Factores de conversión de emisiones según el IPCC referentes a la categoría Energía – Actividades de combustión – Otros sectores – Comercial.....	29
5	Concentración de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de energía en la calidad del aire.....	34
6	Máquinas y equipos de acería en área de hornos.....	42
7	Máquinas y equipos de acería en área de colada continua.....	43
8	Máquinas y equipos de acería en área de puente grúa.....	44
9	Máquinas y equipos de acería en área de servicios periféricos.....	45
10	Compensación química para palanquilla con calidad SAE 1010M.....	51
11	Especificaciones dimensionales para palanquilla con calidad SAE 1010M.....	51
12	Compensación química para palanquilla con calidad SAE 1015M.....	52
13	Especificaciones dimensionales para palanquilla con calidad SAE 1015M.....	52
14	Compensación química para palanquilla con calidad SAE 1015.....	53
15	Especificaciones dimensionales para palanquilla con calidad SAE 1015.....	53
16	Clasificación de las fuentes de emisión del área de Acería de la empresa Adelca C.A.....	58
17	Valores a utilizar para estimar la capacidad de almacenamiento de carbono por especie.....	61
18	Detalle por mes de producción de palanquilla y resultados de cálculos de emisiones de CO <sub>2e</sub> en el año 2012 y 2013.....	63
19	Detalle por mes de consumo de GLP y resultados de cálculos de emisiones de CO <sub>2e</sub> en el año 2012 y 2013.....	66
20	Detalle de resultado de cálculos de emisiones de CO <sub>2e</sub> por consumo de diésel y gasolina en el año 2012 y 2013.....	70
21	Emisiones totales de CO <sub>2e</sub> producidas por el consumo de diésel y de gasolina en el área de acería, en el año 2012 y 2013.....	72
22	Detalle por mes de consumo eléctrico en el área de Acería, resultado de cálculos de emisiones de CO <sub>2e</sub> en el año 2012 y 2013.....	74
23	Consumo total de agua en la planta matriz de Adelca, ubicada en la parroquia de Alóag, cantón Mejía.....	76
24	Detalle por mes de consumo de agua en el área de la Acería, resultado de cálculos de emisiones de CO <sub>2e</sub> en el año 2012 y 2013.....	76
25	Detalle de resultados de cálculos de emisiones de CO <sub>2e</sub> producidos por desechos sólidos y líquidos del área de Acería en el año 2012 y 2013.....	79
26	Emisiones totales de CO <sub>2e</sub> producidas por residuos sólidos y líquidos en el área de Acería en el año 2012 y 2013.....	81
27	Emisiones de CO <sub>2e</sub> por fuente generadora de GEI causadas en el área de Acería, en el año 2012.....	85
28	Emisiones de CO <sub>2e</sub> por fuente generadora de GEI causadas en el área de Acería, en el año 2013.....	85
29	Cantidad de CO <sub>2</sub> almacenado según especie.....	92
30	Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> fijadas por especie.....	93
31	Materia prima y materiales directos.....	94
32	Mano de obra directa.....	94
33	Materiales indirectos.....	95
34	Mano de obra indirecta.....	95
35	Servicios.....	95
36	Costos de reparación y mantenimiento.....	96
37	Costos administrativos y gastos pre ocupacionales.....	96
38	Costos de proyecto.....	97

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Esquema de sostenibilidad de Lehni.....	9
2	Descripción de elementos de un proyecto para producción más limpia.....	12
3	Ciclo de vida de un producto.....	14
4	Esquemas de funcionamiento del principio de compensación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI).....	18
5	Ilustración superficie de calentamiento global ( <sup>0</sup> C).....	21
6	Ilustración efecto invernadero en la atmosfera.....	22
7	Vista satelital del área de influencia.....	37
8	Organigrama empresarial.....	38
9	Ciclo de vida del acero.....	46
10	Mapa general del proceso de palanquilla.....	47
11	Especificación en cambio de temperatura en colada continua.....	50
12	Relación de la Norma ISO 14064. Huella de carbono.....	56
13	Fotografía de palanquilla.....	62
14	Fotografía de producción de palanquilla.....	63
15	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e causadas por la producción de palanquilla en el año 2012 y 2013.....	64
16	Fotografía de cucharas de Tundish.....	65
17	Fotografía Tundish.....	66
18	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e causadas por el consumo de GLP en el año 2012 y 2013.....	67
19	Fotografía de excavadora para chatarra (máquinas Fuchs).....	68
20	Fotografía de excavadora.....	69
21	Fotografía de montacargas.....	69
22	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e causadas por el consumo de diésel y gasolina en el año 2012.....	70
23	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e causadas por el consumo de diésel y gasolina en el año 2013.....	71
24	Fotografía de iluminación en el área de acería.....	73
25	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e procedentes del consumo de electricidad en la Acería de la empresa, durante el año 2012 y 2013.....	74
26	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e procedentes del consumo de agua en la Acería de la empresa, durante el año 2012 y 2013.....	77
27	Fotografía de materiales refractario de hornos.....	78
28	Fotografía de escoria y acero de hornos.....	79
29	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e causadas por la producción de desechos sólidos y líquidos en el área de Acería en el año 2012.....	80
30	Detalle de emisiones de ECO <sub>2</sub> e causadas por la producción de desechos sólidos y líquidos en el área de Acería en el año 2013.....	80
31	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por fuente emitida por el área de Acería de la empresa Adelca C.A., durante el período enero – diciembre 2012.....	83
32	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por fuente emitida por el área de Acería de la empresa Adelca C.A., durante el período enero – diciembre 2013.....	84
33	Porcentaje (%) de emisiones totales de CO <sub>2</sub> e por fuente emitida por el área de Acería de la empresa Adelca C.A. en el año 2012.....	86
34	Porcentaje (%) de emisiones totales de CO <sub>2</sub> e por fuente emitida por el área de Acería de la empresa Adelca C.A. en el año 2013.....	87

## SIMBOLOGÍA

A	Datos de actividad	Litros/año : kwh/año
Ar	Área a reforestar	ha
D	Densidad de la madera	t/m <sup>3</sup>
ECO <sub>2</sub>	Emisiones de dióxido de carbono	tCO <sub>2</sub> /año
ECO <sub>2e</sub>	Emisiones de dióxido de carbono equivalente	tCO <sub>2</sub> /año
EFCO <sub>2eq</sub>	Emisiones totales fijadas	t/año
FE	Factor de emisión	tCO <sub>2</sub> /litro : tCO <sub>2</sub> /kWh
IMA	Incremento medio anual	m <sup>3</sup> /ha/año
RCO <sub>2</sub>	Remoción de dióxido de carbono	t/ha

## LISTA DE ABREVIACIONES

ACV	Análisis del ciclo de vida
AENOR	Asociación española de normalización y certificación
ASTM	Asociación americana de ensayo de materiales (American society for testing and materials)
CAN	Comunidad andina de naciones
CC	Colada continua
CEPAL	Comisión económica para américa latina y el caribe
DS	Desarrollo sostenible o sustentable
EBT	Cinta de botón excéntrico ( Excentric botton tape)
FAO	Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura
GEI	Gases efecto invernadero
GHG	Protocolo de gases efecto invernadero (The greenhouse gas protocol)
GLP	Gas licuado de petróleo
HC	Horno cuchara
HEA	Horno eléctrico acería
ISO	Organización internacional de normalización (International standard organization)
ISO 14001	Norma para controlar el sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
ISO 14040	Norma para gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia
ISO 14064	Norma para verificación y contabilización de gases de efecto invernadero
ISO 14067	Norma para gases de efecto invernadero - La huella de carbono de los productos - Requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación
IPCC	Panel intergubernamental de cambio climático (Intergovernmental panel on climate change)
ONU DI	Organización de las naciones unidas para el desarrollo industrial
OMA	Organización meteorológica mundial
PAS	Especificación publica disponible ( Public available specification)
PAS 2050	Norma para la verificación de la huella de carbono
PNUMA	Programa de las naciones unidas para el medio ambiente
PML	Producción más limpia
SAE	Sociedad norteamericana de ingenieros automotores (Society of automotive engineers)

SAE 1010	Norma para clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos
SAE 1015	Norma para clasificación de aceros al carbono
SEMPLADES	Secretaría técnica del sistema nacional descentralizado de planificación participativa
TULAS	Texto unificado de legislación ambiental secundaria del ministerio de ambiente
UNE	Norma española
UNE 150-040-96	Norma experimental para el análisis de ciclo de vida. Principios generales.
WBCSD	Consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible (World business council for sustainable development)
API 653	Norma para reparación, funcionamiento e inspección de tanques de almacenamiento

## **LISTA DE ANEXOS**

- A Norma ISO 14064 – 2
- B Especificación de chatarra para procesamiento en Shredder
- C Especificación de chatarra para procesamiento en prensa cizalla
- D Especificación de chatarra para procesamiento en oxicorte
- E Potencial de calentamiento global para 100 años
- F Ficha técnica eucalipto
- G Ficha técnica aliso

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

A pesar de que aún en nuestro país todavía no se tienen claras las reglas para realizar la determinación del cálculo de huella de carbono, Acerías del Ecuador ADELCA C.A. comprometido con el cuidado y preservación del ambiente en todas las prácticas de negocios, se encuentra implementando el proyecto de huella de carbono el mismo que tiene por objetivo realizar la medición de las emisiones de dióxido de carbono a través de la utilización de la norma ISO 14064, para poder compensar estas emisiones, la medición de este parámetro tiene relevancia tanto en el cumplimiento con los crecientes y exigentes estándares internacionales así como en la mejora de los procesos productivos, de esta manera se busca generar un indicador que le brinde a la empresa una ventaja competitiva frente a otras empresas.

La empresa fue fundada en el año 1963, por un grupo de empresarios ecuatorianos que asumieron el desafío de entregarle al país una industria del acero, que en forma técnica y económica, cubriera las necesidades del sector de la construcción.

Desde sus inicios, ADELCA ha mantenido una permanente innovación en todos sus sistemas de producción y en los servicios que la empresa presta a sus clientes, siendo necesario reinvertir sus beneficios, con la finalidad de dotar a la empresa de una tecnología avanzada y personal capacitado, lo que nos permite que se garantice la entrega de productos de calidad, con precios competitivos, en el menor tiempo posible.

La implementación de una estrategia ambiental preventiva en los procesos y productos con la metodología del cálculo de la huella de carbono, cuantificando las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) originadas por las actividades del área de acería a lo largo de un periodo de tiempo, permitirá a la empresa alcanzar los objetivos del plan del buen vivir y de esta manera la empresa implementa acciones para contribuir en el

cambio de la matriz productiva de nuestro país lo que permitirá generar riqueza basada no solo en la explotación de recursos naturales, sino en la utilización de las capacidades y los conocimientos de la población.

## **1.2 Justificación**

A nivel mundial existe un movimiento que trata de implicar a las empresas a promover la protección del medio ambiente dentro de sus operaciones para que de esta manera se intervenga en todos sus procesos y así poder evitar que se siga contaminando el planeta por la industrialización y globalización.

En la actualidad la preocupación internacional por los efectos adversos del cambio climático, ha motivado a diversas organizaciones e instituciones a tomar medidas para conocer a fondo su dinámica de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Uno de los indicadores reconocidos internacionalmente para comprender la dinámica de gases efecto invernadero es la huella de carbono, la cual se obtiene cuantificando las emisiones de gases efecto invernadero originadas por las actividades de un individuo, organización o institución, a lo largo de un periodo de tiempo (con la posibilidad de hacerlo en todo el ciclo de vida de sus productos o en áreas específicas).

En el desarrollo de la presente tesis se realizará un profundo análisis para aplicar la “Implantación de la metodología de producción más limpia, determinando la huella de carbono bajo las consideraciones de la norma ISO 14064” y la manera de reducir o mitigar dichas emisiones en el área de acería, de una empresa metalúrgica del país.

Al realizar este trabajo garantizaremos el cumplimiento de la política integral de la empresa refiriéndose a la conservación y preservación del ambiente y a los derechos de la naturaleza que se encuentran en uno de los objetivos del plan del buen vivir ya que de esta manera promoveríamos un ambiente sano y sustentable, además de promover el respeto a los derechos de la naturaleza. La Pacha Mama nos da el sustento, nos da agua y aire puro. Debemos convivir con ella, respetando sus plantas, animales, ríos, mares y montañas para garantizar un buen vivir para las siguientes generaciones.

Como estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial, al contar con las competencias formativas en los ámbitos de manejo de normativas se cuenta con los conocimientos, que a través del presente anteproyecto permitirán responder al requerimiento solicitado.

### **1.3 Objetivo**

**1.3.1** *Objetivo general.* Determinar la huella de carbono bajo las consideraciones de la norma ISO 14064 en el área de acería de la empresa metalúrgica ecuatoriana ADELCA C.A.

#### **1.3.2** *Objetivos específicos:*

Describir los componentes principales de la empresa desde su organización, actividades, funcionamiento y posicionamiento dentro del entorno nacional.

Analizar las diferentes metodologías existentes para cuantificar emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Aplicar la metodología de medición de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) más apropiada para aplicarla en la empresa metalúrgica ecuatoriana.

Recomendar las mejores opciones para la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y que puedan ser aplicadas en la empresa metalúrgica ecuatoriana.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Una visión sustentable desde la ecoeficiencia y la producción más limpia determinando la huella de carbono

El cambio climático ha sido identificado como uno de los mayores desafíos que enfrentan las naciones, los gobiernos, empresas y los ciudadanos. Tiene implicaciones tanto para la naturaleza y la humanidad y podría conducir a cambios significativos en el uso de recursos, producción y actividad económica.

Con el fin de llegar a cumplir los objetivos primordiales de la presente tesis, se analizan los conceptos de ecoeficiencia y producción más limpia y su evolución dentro del contexto de desarrollo sustentable, ya que tanto la ecoeficiencia como la producción más limpia tienen incidencia directa en lo que actualmente se maneja como responsabilidad social corporativa y refiriéndonos al Plan del Buen Vivir. En la década de los noventa surgen y se desarrollan los conceptos de producción más limpia y de ecoeficiencia dentro del ámbito de la gestión ambiental en la empresa, particularmente en la parte productiva.

Los conceptos de producción más limpia y ecoeficiencia aunque complementarios son distintos; ya que por un lado, la producción más limpia es una estrategia política pública impulsada por el gobierno en los últimos años, que promueve el cumplimiento ambiental y la superación de las exigencias de las normativas; por otro lado la ecoeficiencia es una estrategia privada, una iniciativa empresarial, orientada a impulsar la mejora continua en el desarrollo ambiental industrial como en su desempeño económico.

Al mejorar el aprovechamiento de los recursos, se añade valor a los productos y servicios, teniéndose como consecuencia lógica un aumento en la competitividad de la empresa ya que se reduce el desperdicio de recursos mediante la mejora de los procesos

de la cadena productiva, se minimiza el volumen y toxicidad de los residuos generados, así como el consumo de energía y las emisiones contaminantes.

## **2.2 Ecoeficiencia**

En la búsqueda de un equilibrio entre el progreso y el ambiente han surgido conceptos como el Desarrollo Sustentable o Sostenible (DS); éste fue dado a conocer en el informe Brundtland en el año de 1987; desde entonces se ha consolidado en la principal filosofía ambiental a nivel mundial.

El desarrollo sostenible está basado en el principio de “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias” (Wikipedia.org, 2012).

Posterior al informe Brundtland, se han llevado a cabo otros eventos que se muestran en la tabla 1 que han contribuido al desarrollo sostenible. En ellos se tratan con mayor relevancia de los asuntos de tipo ambiental, y por ende su incorporación creciente en la estrategia empresarial y gubernamental.

Varias empresas han incorporado la filosofía del desarrollo sostenible, considerando que toda actividad productiva utiliza recursos naturales como agua, energía, materias primas; así como recursos humanos y recursos económicos, que les permiten satisfacer sus necesidades productivas. Por lo tanto, la responsabilidad y el compromiso de las empresas deben enfocarse en estrategias económicas, tecnológicas, sociales y ambientales que pueden llevarse a cabo para no comprometer los recursos de las futuras generaciones. Estas estrategias pueden ser ejercidas desde la voluntad propia de la empresa o desde la estricta aplicación de la ley. La visión central de la ecoeficiencia se puede resumir en la creación de más bienes y servicios utilizando menos recursos y creando menor contaminación (Wikipedia.org).

El avance de los países hacia un desarrollo industrial sustentable se logra gracias a la ecoeficiencia, el sector empresarial privado y ahora el público trata de incorporar en sus procesos, operaciones o servicios la variable ambiental. De esta manera, la ecoeficiencia se alcanza mediante la comercialización de bienes y servicios competitivos que

satisfagan las necesidades y brinden calidad de vida a los clientes, y que a su vez reduzcan continuamente los impactos medioambientales.

Tabla 1. Cronología del desarrollo sustentable

<b>Año</b>	<b>Evento</b>
1987	Creación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).
1987	Publicación del informe Brundtland. Surge el concepto de desarrollo sostenible.
1992	Conferencia sobre el medio ambiente y desarrollo (Cumbre de la Tierra) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conferencia marco sobre cambio climático</li> <li>• Convenio sobre diversidad biológica</li> </ul>
1997/2005	Tercera conferencia de las partes de cambio climático. Se elaboró y suscribió el protocolo de Kyoto. (Busca reducir 6 gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbono y hexafluoruro de azufre.)
2002	Conferencia mundial sobre desarrollo sostenible 2002, en Johannesburgo, Sudáfrica.

Fuente: Autora.

De acuerdo con el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), los aspectos críticos de la ecoeficiencia son:

- La disminución en la intensidad material y energética de bienes y servicios.
- Reducir la dispersión de materiales tóxicos.
- Reciclabilidad mejorada.
- Uso al máximo de los recursos renovables.
- Mayor durabilidad de productos.

Al reducir los impactos ecológicos podemos incrementar la productividad en los recursos, es así, que muchas empresas que han adoptado la filosofía ecoeficiente están en constante búsqueda de mejores prácticas, los beneficios se ven materializados al establecer alternativas como programas de recuperación de residuos, determinación del huella de carbono, reducción de emisiones. Operativamente, la ecoeficiencia establece una relación entre las entradas (productos, co-productos y consumo energético) y las

salidas de un proceso productivo (el producto en sí mismo, emisiones atmosféricas, efluentes o residuos).

De manera que entre más pequeña sea la relación más eficiente es el proceso ya que hay más altas salidas (producto terminado) a menores insumos utilizados. Siendo la WBCSD pionera en la filosofía y aplicación de la ecoeficiencia, es adecuado listar las siete acciones ecoeficientes que desde su perspectiva pueden llevarse a cabo en una empresa (WBCSD, 2000) :

- Reducir el consumo de materiales
- Reducir el consumo de energía
- Reducir la dispersión de sustancias tóxicas
- Mejorar la reciclabilidad
- Maximizar el uso de recursos renovables
- Extender la durabilidad de los productos
- Aumentar los servicios suministrados.

Debemos tener en cuenta que cuando la ecoeficiencia está ubicada en la línea ambiental - económica dentro del desarrollo sustentable, juega un papel relevante en el ámbito social; ya que la propia empresa beneficia la calidad de vida del trabajador y de la población cercana cuando minimiza sus desechos y emisiones. Por otra parte, desde una perspectiva global, la ecoeficiencia contribuye a la disponibilidad futura de los recursos.

### **2.3 Producción más limpia**

El cumplimiento de la normativa ambiental desde la perspectiva de las empresas privadas, ha sido abordado en diferentes etapas, iniciando con lineamientos de comando y control, es decir, normas y leyes que plantean límites máximos permisibles y que tienen por objetivo que las empresas cumplan con lo establecido en ellas; otras herramientas propuestas son los instrumentos económicos que tienen por objetivo incentivar en algunos casos el cambio en sus equipos a tecnología amigable con el ambiente, redituando a la empresa en la disminución en el tiempo de amortización de los equipos.

La producción más limpia es la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integradas a los procesos, al producto y servicios, de esta manera se aumenta la eficiencia y se reducen riesgos para el personal y para el medio ambiente.

- Aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.
- Mientras se realiza el desarrollo y diseño del producto, se aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
- En los servicios, la producción más limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la producción más limpia es la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas que se integran a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y de esta manera reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Este concepto puede aplicarse a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos y a los diversos servicios que proporciona la sociedad.

En la Figura 1 se muestra el esquema de sostenibilidad de Leñi, en donde tanto empresas e instituciones tanto públicas como privadas apoyadas en normativas y programas voluntarios, aplican los conceptos de ecoeficiencia y producción limpia con una visión a largo plazo hacia la sustentabilidad y apoyándose con acciones para llegar a la responsabilidad social corporativa.

De acuerdo al comité nacional de producción más limpia realizado en Chile en el año 2007, algunos puntos que se deben considerar, para llevar a cabo una estrategia de producción más limpia se indican a continuación:

- Prevención y reducción de residuos en el origen, en el cual se consideran puntos como el uso adecuado de los recursos, selección de materiales de menor impacto ambiental, modificaciones en el proceso productivo o cambios en la tecnología.

- Prevención de riesgos; para lo cual se recomienda contar con un programa de seguridad e higiene industrial.
- Uso eficiente de agua, reduciendo el consumo actual, recirculando y/o reusando agua de los procesos.
- Uso eficiente de energía eléctrica haciendo una selección adecuada de los sistemas motrices utilizados en el proceso, los sistemas de iluminación y aire acondicionado.
- La valoración económica dada a los residuos, tomando en cuenta su posible reutilización o reciclaje, la recuperación de materiales valiosos, la recuperación de energía.
- Tener un plan de manejo de residuos, en el que conste una adecuada separación, segregación y disposición de los residuos.

Cada uno de los ítems puede desarrollarse de manera integrada o por separado, de acuerdo a las condiciones, procesos o fases que posea cada empresa.

Figura 1. Esquema de sostenibilidad de Lehni



Fuente: Ecoeficiencia. <http://es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Efficiency-Creating-More-Value> cap. 1. Imagen.

**2.3.1 Principios de producción más limpia.** Los principios para poner en práctica la producción más limpia, son:

Buenas prácticas operativas: Son medidas sencillas que no implican cambios de gran magnitud en los procesos o en los equipos; más bien se realizan cambios en los procedimientos operacionales, en las actitudes de los empleados y, sobretodo, de un mejor manejo a nivel administrativo. Ejemplos:

- Programa de mantenimiento preventivo.
- Mejoramiento del orden y las operaciones de limpieza.
- Control de inventarios, control de las especificaciones de los materiales.
- Evaluación del desempeño ambiental mediante indicadores (por ejemplo, consumos específicos).
- Instalación de instrumentos de medición, debidamente calibrados.
- Programa de capacitación para el manejo de materiales peligrosos.
- Instalación de medidores de consumo de agua, energía y potencia en la planta y otros.

Circuito cerrado de reciclaje: Consiste en el retorno de los residuos directamente al proceso de producción en calidad de insumo. Ejemplo

- Reciclaje del agua, utilizando la del último enjuague para el primer lavado, por ejemplo en curtiembres.

Sustitución de insumos: Consiste en reemplazar un material y/o energético utilizado en un proceso por otro material y/o energético que genere menor cantidad de residuos, y/o que su uso sea no peligroso o menos peligroso. Ejemplos:

- Sustitución del tipo de combustible, por ejemplo, diésel por gas natural.

Optimización de procesos: Significa, entre otros, rediseñar los procesos; mejorar los controles de las operaciones; sustitución de procesos ineficientes; efectuar modificaciones en los equipos o cambios tecnológicos que permitan reducir la generación de residuos. Ejemplos:

- Mejoramiento del proceso de enfriamiento de agua.
- Optimización del funcionamiento de equipos y del uso de insumos.
- Optimización del uso de agua y energía en maquinarias y equipos.

Reformulación del producto: Es sustituir un producto final por otro de características similares, que requiera de insumos no peligrosos o menos peligrosos en los procesos de producción; o cuyo uso y/o disposición final sea menos dañino para el medio ambiente y/o para la salud. Ejemplo:

- Sustitución de pintura en base a solventes por pintura en base a agua.

Las tres R's: Segregar los flujos de residuos, a fin de facilitar su reciclaje, rehúso y recuperación, minimizando de esta manera la cantidad de desechos; o, en último caso, cuando no hay más alternativa, para facilitar su tratamiento y disposición final como desechos. Ejemplos:

- Recuperación de chatarra.

**2.3.2** *Elementos de la producción más limpia.* Un proyecto de producción más limpia sigue cierta metodología y consta de los siguientes elementos:

Colecta de datos: Es la descripción apropiada de la situación actual, se debe definir correctamente los procedimientos y datos reales, para que la aplicación de las opciones de producción más limpia sean las adecuadas.

Reflexión: Localizar el lugar y la razón por la cual se generan desechos aplicando los principios de producción más limpia.

Generación de opciones: A partir del análisis se generan las opciones de producción más limpia. Surgirán algunas nuevas, creativas y/o ya muy conocidas, teniendo como objetivo una reducción en la fuente por medio de buenas prácticas, modificación del producto o proceso, cambios orgánicos, reciclaje interno o externo.

Análisis de viabilidad: Para las opciones seleccionadas, un estudio de viabilidad analizará la viabilidad económica, técnica y ecológica.

Implementación: En este paso se implementan las opciones de producción más limpia.

Control y continuación: Probablemente el aspecto más significativo y desafiante es el establecimiento de una forma sistemática de mejoramiento exitoso y continuo. Aquí se necesita el control ambiental, el establecimiento de nuevas metas y objetivos y la implementación continua.

Figura 2. Descripción de elementos de un proyecto para producción más limpia.



Fuente: ONUDI. Manual de Producción más Limpia, pag. 3.

Los análisis que se realicen en la compañía como se usan en un proyecto/programa de producción más limpia pueden usarse para cinco tipos diferentes de evaluaciones:

- Informe regular, control ecológico, para el uso de la dirección.
- Plan de manejo de desechos, para el uso de autoridades y compañía.
- Análisis de debilidades ecológicas/económica, para el uso de personal/dirección

- Sistema de gestión ambiental (ISO 14001), para el uso de socios comerciales/clientes.
- Informe ambiental para uso público.

## **2.4 Análisis del ciclo de vida y huella de carbono**

### **2.4.1 Análisis del ciclo de vida**

**2.4.1.1 Definición de análisis del ciclo de vida.** Las definiciones más utilizadas para el análisis del ciclo de vida, son las siguientes:

Norma ISO 14040: El análisis de ciclo de vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

Norma española UNE 150-040-96: El análisis de ciclo de vida es una recopilación y evaluación de las entradas y salidas de materia y energía, y de los impactos ambientales potenciales directamente atribuibles a la función del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida.

El análisis del ciclo de vida permite obtener un modelo simplificado de un sistema de producción y de los impactos ambientales asociados; sin embargo, no pretende entregar una representación total y absoluta de cada interacción ambiental.

A pesar de postular una cobertura sobre todo el ciclo de vida de un producto, en muchos casos resulta difícil abarcar todas las actividades desde la “cuna a la tumba”, por lo que se debe definir claramente el sistema requerido para que el producto cumpla con una determinada función.

**2.4.1.2 Ciclo de vida de un producto.** La vida de un producto empieza en el diseño y desarrollo del producto y finaliza al final de vida de las actividades (reutilización, reciclaje, etc.) a través de las siguientes etapas:

Figura 3. Ciclo de vida de un producto



Fuente: Autora.

Adquisición de materias primas: Todas las actividades necesarias para la extracción de las materias primas y las aportaciones de energía del medio ambiente, incluyendo el transporte previo a la producción.

Proceso y fabricación: Actividades necesarias para convertir las materias primas y energía en el producto deseado. En la práctica esta etapa se compone de una serie de sub-etapas con productos intermedios que se forman a lo largo de la cadena del proceso.

Distribución y transporte: Traslado del producto final al cliente.

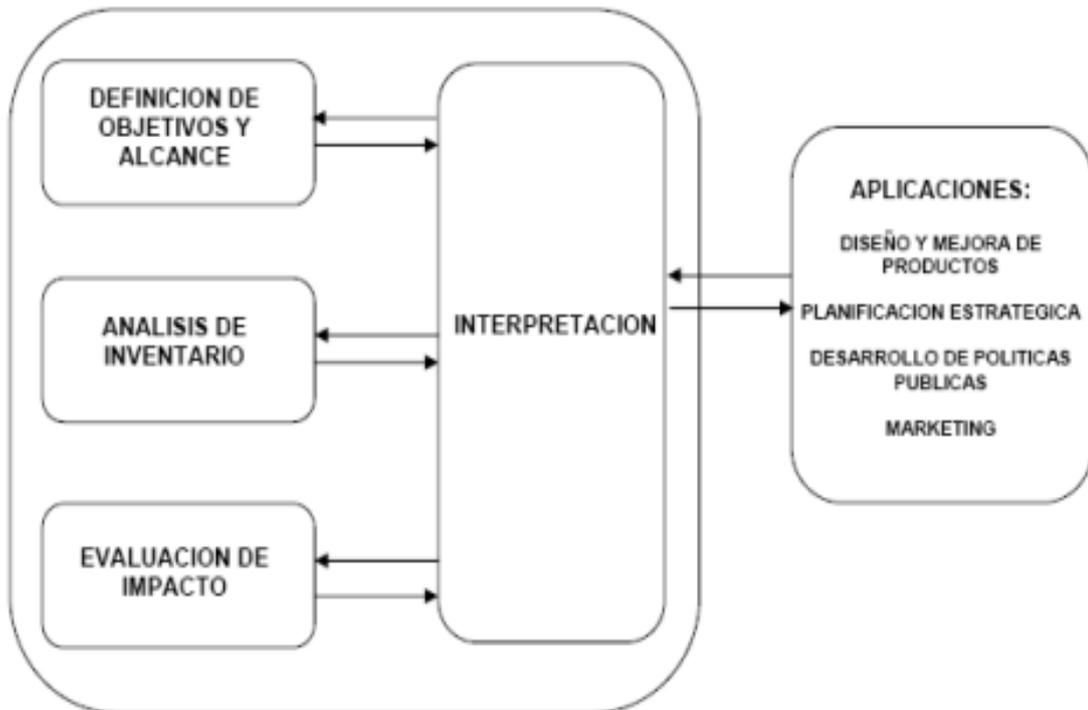
Uso, reutilización y mantenimiento: Utilización del producto acabado a lo largo de su vida en servicio.

Reciclaje: Comienza una vez que el producto ha servido para su función inicial y consecuentemente se recicla a través del mismo sistema de producto (ciclo cerrado de reciclaje) o entra en un nuevo sistema de producto (ciclo de reciclaje abierto).

Gestión de los residuos: Comienza una vez que el producto ha servido a su función y se devuelve al medio ambiente como residuo.

**2.4.1.3 Metodología del Análisis del ciclo de Vida.** En su expresión más general, el análisis del ciclo de vida consiste de 4 componentes:

Tabla 2. Marco de análisis del ciclo de vida



Fuente: AENOR. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida; principios y marco de referencia. pág. 9.

**Definición de objetivos y alcance:** Se debe precisar los objetivos que motivan el estudio, así como los límites del sistema a analizar e identificar los componentes del ciclo de vida (ej. extracción, transporte, almacenamiento, producción, consumo, reciclaje, disposición final de residuos, etc.).

**Análisis de inventario:** Se desarrolla aquí los balances de materia y energía a través de los diferentes componentes del ciclo de vida.

**Evaluación de los impactos ambientales potenciales:** Debe considerar la salud y seguridad de las personas, y las cargas ambientales. Se debe identificar y caracterizar,

previamente, los compartimentos ambientales a incluir en el análisis y su relación con las etapas del ciclo de vida del producto.

Interpretación: En base al análisis anterior, se debe identificar y evaluar medidas de mejoramiento que permitan reducir aquellos impactos de mayor relevancia.

**2.4.2** *Generalidades de la huella de carbono.* El cambio del clima global es uno de los desafíos de la humanidad y uno de los indicadores más importantes en la actualidad.

Debido a que la huella del carbono es el cincuenta por ciento de la huella ecológica total de la humanidad, la reducción de nuestra huella del carbón en la empresa es esencial en la solución del impacto ambiental. La huella de carbono nos permite identificar soluciones a largo plazo y que nuestras soluciones congenien en un mismo resultado.

**2.4.3** *Huella de carbono.* La huella de carbono es la suma total de gases de efecto invernadero emitidos de forma directa e indirecta asociadas al ciclo de vida de un producto, desde las materias primas necesarias hasta su destrucción o reciclaje.

El impacto ambiental de estos gases es medido llevando a cabo un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero que resulta en un registro de la fuente y la proporción de los GEI descargados durante un periodo de tiempo específico, siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064 Anexo A, PAS 2050 o The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) entre otras.

La huella de carbono se mide en masa (g, kg, ton) de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e). Al realizar la cuantificación del tamaño de la huella, es posible implementar una estrategia de reducción y/o compensación de emisiones, a través de diferentes programas, públicos o privados.

**2.4.4** *Estándares utilizados en la medición de la huella de carbono.* Diferentes estándares se pueden agrupar dependiendo si la certificación corresponde a una organización o a un producto:

- Huella de carbono de una organización - abarca todos los sectores comerciales dentro de la organización: GHG protocol, ISO 14064-1,2.
- Huella de carbono de productos - abarca las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización y del ciclo de vida de los productos: PAS 2050, ISO 14067 (en revisión).

**2.4.5** *Carbono neutro.* De acuerdo a Reed y Ehrhart, una empresa puede alcanzar una huella de carbono cero combinando, la reducción de emisiones y la compra de compensaciones de carbono y recomiendan tratar de reducir de manera responsable las emisiones de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) al máximo nivel posible antes de neutralizar las emisiones restantes mediante la compra de compensaciones, u otros métodos, como el uso de energía renovable de alta calidad, eficiencia energética y proyectos de reforestación.

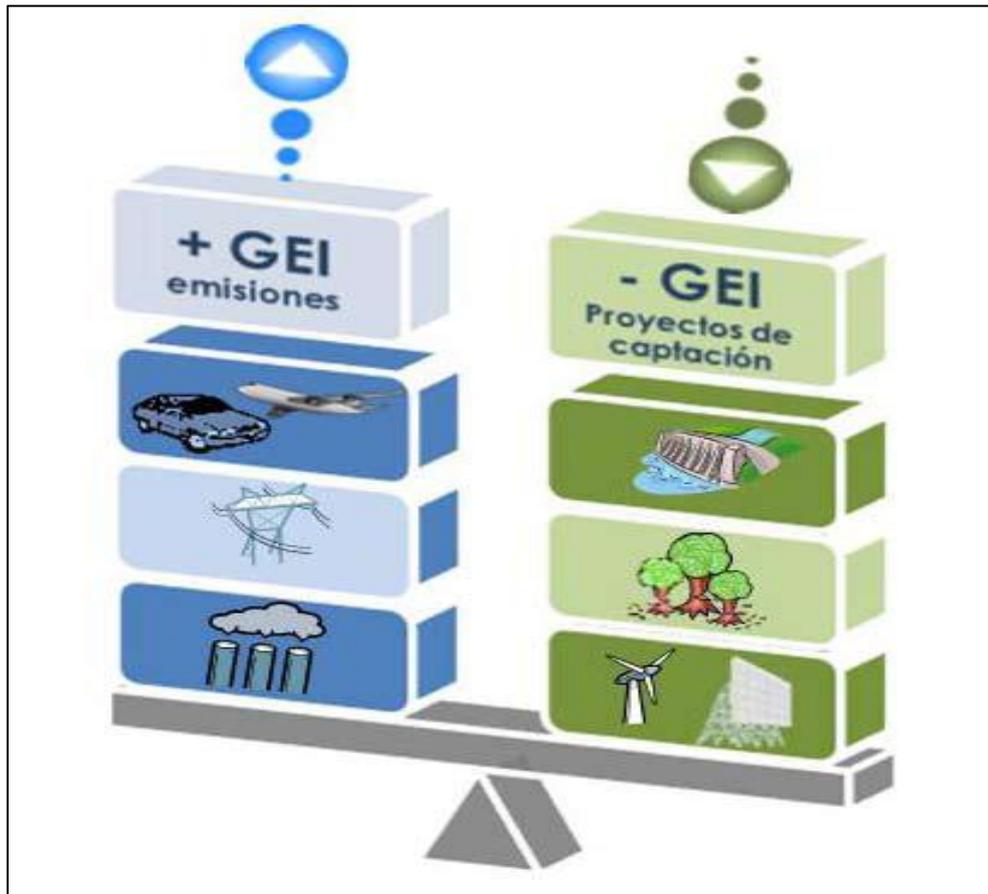
En conclusión el carbono Neutro es un término que demuestra el punto en el cual las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son completamente compensadas. Estas emisiones pueden ser calculadas, de acuerdo a normas internacionales, y se les puede asignar un valor monetario. (Dólar / tonelada de CO<sub>2</sub>).

**2.4.6** *Compensación de carbono.* Consiste en compensar la liberación de GEI almacenando o evitando las emisiones de una cantidad determinada de dióxido de carbono (expresado en toneladas métricas) en la atmósfera para compensar las emisiones de carbono de cualquier industria, empresa privada y pública.

Después de calcular y valorar la cantidad de carbono emitido por las actividades de las empresas, el principio que se sigue es que una determinada cantidad de CO<sub>2</sub> emitida puede ser compensada por una cantidad equivalente de CO<sub>2</sub> en otro lugar. Este principio es conocido como “neutralidad geográfica” el cual proviene del protocolo de Kioto, el cual justifica la relocalización de proyectos que se desarrollan en el Ecuador por emisiones provenientes de actividades en Europa o en Estados Unidos.

Es importante señalar que la compensación también debe ir acompañada de esfuerzos para reducir las emisiones o implementación de soluciones de energía alternativa.

Figura 4. Esquema de funcionamiento del principio de compensación de emisiones de gases efecto invernadero



Fuente: Ihobe. Análisis del ciclo de vida y huella de carbono, pag. 35.

**2.4.7 Huella de carbono vs. Huella ecológica.** La huella ecológica, a diferencia de la huella de carbono, calcula el área ecológicamente productiva y necesaria para producir los recursos y absorber sus residuos manteniendo cierto estilo de vida.

Las emisiones de carbono representan aproximadamente el 50% de la huella ecológica de la mayoría de ciudadanos de países cuyas economías dependen de los combustibles fósiles. Sin embargo, se deben tomar en cuenta cinco factores que interfieren en la huella ecológica, que son la población humana, el consumo de bienes y servicios por persona, la intensidad de la huella, el área bioproductiva y la bioproductividad por hectárea.

Si bien la neutralidad en carbono se puede alcanzar reduciendo las emisiones y comprando compensaciones proporcionales a la huella de carbono, la neutralidad

ecológica se logra a partir de una combinación de esfuerzos de reducción de la huella de carbono y medidas encaminadas a aumentar la biocapacidad disponible.

**2.4.8** *La huella ecológica en el Ecuador.* Los interrogantes sobre el estado del medio ambiente en el mundo han venido en auge estos últimos tiempos. Especialidades como la economía ecológica, ingeniería ambiental, promovieron el uso de indicadores estadísticos sobre el impacto del ser humano sobre el medio ambiente. Uno de estos indicadores alternativos es la “huella ecológica”.

En el Ecuador la huella ecológica de la población es de 2.18 puntos. Esto quiere decir que nuestras actividades productivas no exceden la capacidad de resistencia del medio ambiente. Sin embargo, en el Ecuador existen prácticas que no favorecen a la naturaleza, como la disposición poco apropiada de residuos sólidos en las distintas regiones.

La huella ecológica por persona en Ecuador se ha incrementado en 49 % y su biocapacidad por persona ha disminuido en 71% de 1961 al 2005. Al consumir más áreas de pesca y emitir más carbono que lo que sus ecosistemas pueden absorber, Ecuador se encuentra en déficit ecológico desde el año 2003 (Bioproductividad en la CAN, 2008).

Siendo Ecuador es el primer país miembro de la CAN en colaborar con Global Footprint Network en la verificación y mejora de los datos de sus Cuentas Nacionales de Huella Ecológica mediante el trabajo conjunto con la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador, SENPLADES.

Una posible solución para disminución de emisiones pueden ser utilizar las 3R que son: reducir (que puede ser visto como ahorro), reutilizar (extender el tiempo de uso máximo de un producto, hasta agotar su utilidad) y reciclar (implica un proceso de transformación adicional y se considera adecuado para tomar acciones inmediatas ante el problema de espacio físico para los desechos). De esta manera se evitara un mayor impacto ambiental.

La gestión para realizar la medición de la huella de carbono se gestiona en los 5 pasos que se mencionan a continuación:

- Análisis del estado inicial
- Cálculo de la huella de carbono
- Análisis de riesgos y oportunidades
- Implementación de un plan de mitigación/compensación
- Diseño de estrategias de comunicación

Mientras que la metodología para el cálculo de la huella de carbono cuenta con los siguientes pasos:

- Determinación de los límites organizacionales.
- Determinación de los límites operacionales.
- Identificación y cálculo de emisiones de gases efecto invernadero.
- Reporte de emisiones de gases efecto invernadero.
- Verificación de emisiones de gases efecto invernadero.

## **2.5 Marco normativo para calcular la huella de carbono**

**2.5.1** *Generalidades del marco normativo para calcular la huella de carbono.*  
Desde hace aproximadamente más de un siglo, debido a la industrialización, y el crecimiento poblacional la quema combustibles fósiles utilizados en hogares, fábricas y medios de transporte alrededor del mundo, han sido una de los principales emisores de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero a la atmosfera. Debido a las emisiones de gases de efecto invernadero la Tierra tiende a calentarse más rápidamente que en el pasado. Geográficamente sabemos que nuestro planeta, cálido cerca del Ecuador y frío en los polos, es capaz de mantener una variedad de seres vivientes debido a sus climas regionales. El promedio de estas regiones forma el clima global de la Tierra.

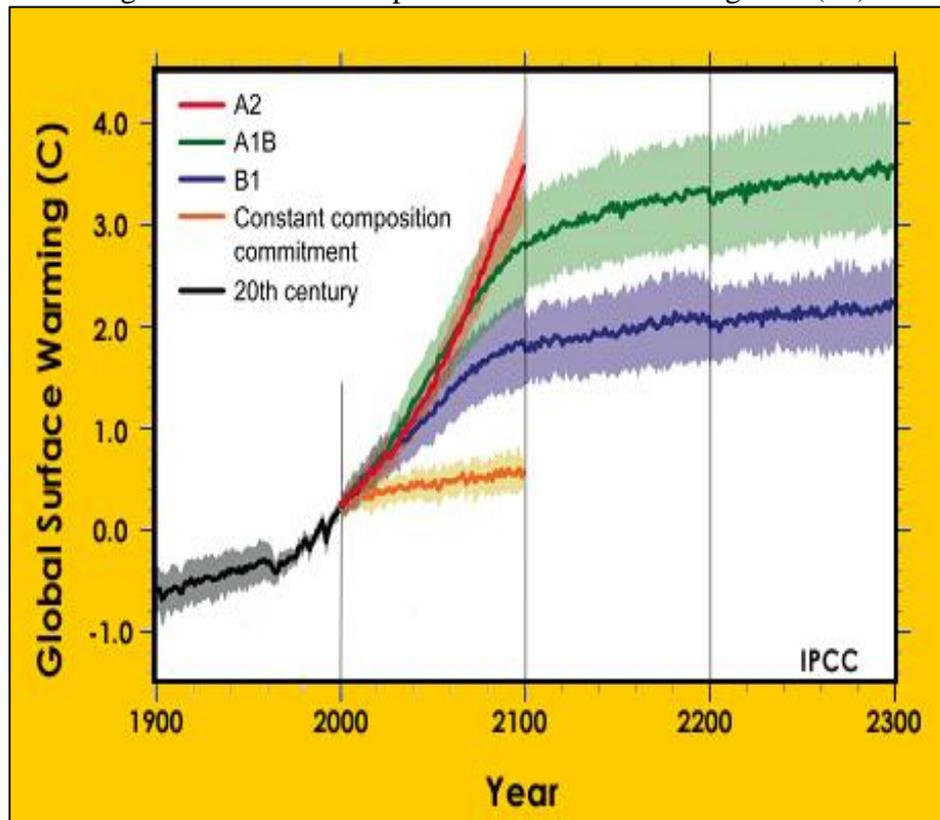
El clima se ha enfriado y calentado por diversas razones a través de la historia de la Tierra. Un calentamiento acelerado, como el que estamos viviendo hoy, es inusual en la

historia del planeta. Los científicos están de acuerdo con que el clima se está calentando a resultas del incremento de gases de invernadero que atrapan el calor, los que están incrementando dramáticamente en la atmósfera debido a actividades humanas.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), formado por científicos de todo el mundo, indican que durante los últimos 100 años la temperatura del aire superficial aumentó en promedio 0.6° Celsius (1.1°F).

El calentamiento promedio de la superficie global de la Tierra durante 1980-1999 en comparación con el promedio sobre los últimos 100 años se muestra con una línea negra. Las predicciones del calentamiento futuro se muestran en rojo, verde y violeta.

Figura 5. Ilustración superficie de calentamiento global (°C)

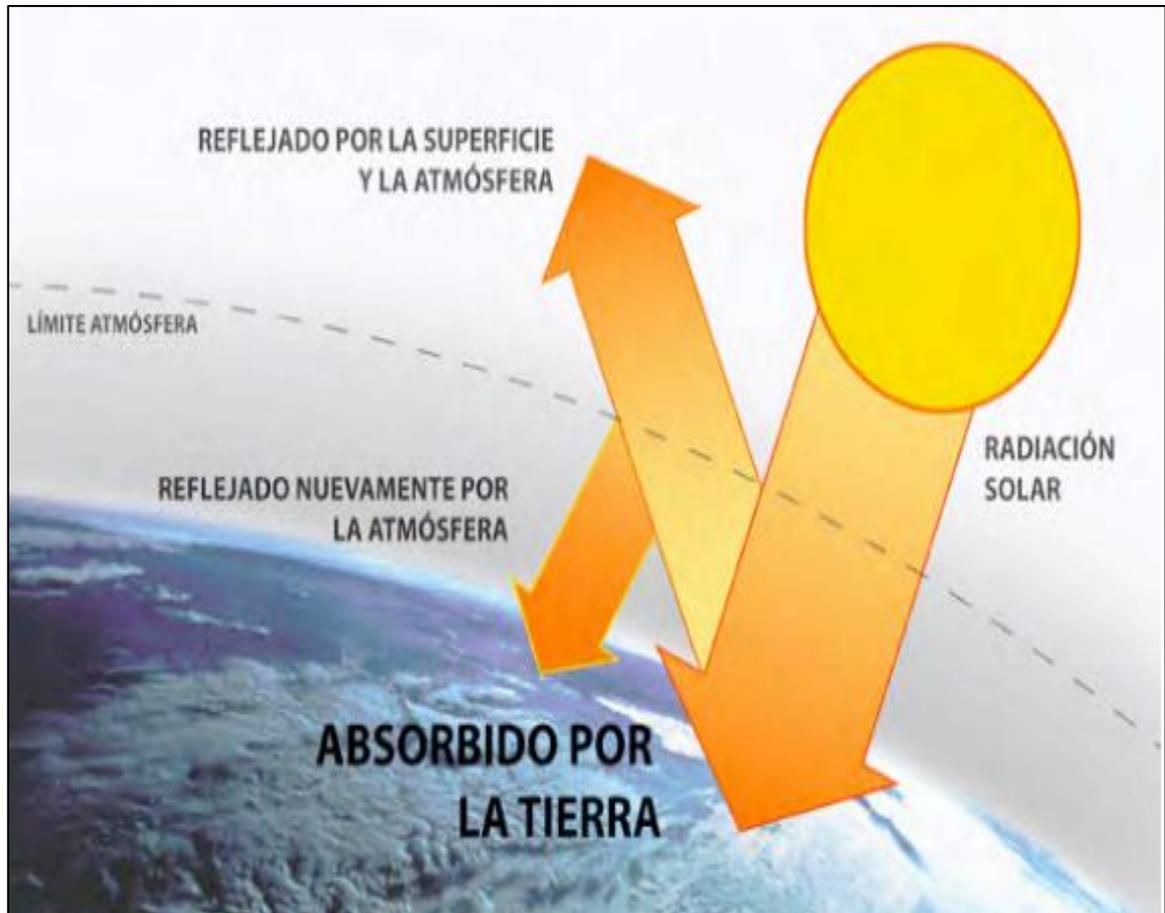


Fuente: Superficie de calentamiento global. Ventanas al universo. Imagen.

**2.5.2 Cambio climático.** El cambio climático se encuentra catalogado como uno de los retos más grandes a los que se enfrenta la humanidad, es un fenómeno global provocado por una alteración del climática, lo cual, se atribuye directamente a la

actividad humana, que afecta cada vez más la naturaleza, nuestras condiciones de vida y la economía de los países.

Figura 6. Ilustración efecto invernadero en la atmosfera



Fuente: Informe del día del medio ambiente. pág. 10. Imagen

En la actualidad, casi todas las actividades que realizar el ser humano, implican el consumo de energía, lo que implica liberar emisiones de gases a la atmosfera. La conciencia gubernamental sobre esta problemática ha surgido rápidamente en los últimos años gracias a la aceptación mundial de los riesgos implicados en las actividades humanas.

El cambio climático, por la importancia de las actividades que lo originan y por sus alcances y consecuencias, no solo constituye un problema ambiental sino, también, un problema de desarrollo, con profundos impactos potenciales en la sociedad, y la economía y los ecosistemas.

Mitigar el cambio climático implica limitar y reducir las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera, a niveles muy inferiores a los que prevalecen en la actualidad. Esta es una tarea que reclama la participación de todos sobre una base de cooperación y entendimiento de alcance mundial. Para la sociedad, la mitigación del cambio climático representa un desafío y una oportunidad para introducir patrones más racionales y sustentables de producción y de consumo, cuyos beneficios se extiendan más allá de sus componentes climáticos.

Mediante la medición, el control y la eventual reducción de sus emisiones, los agentes económicos pueden mejorar las condiciones ambientales locales y su competitividad a escala nacional y global, a la vez que constituye a la resolución de un grave problema global.

En efecto, reducir emisiones de gases efecto invernadero también lleva aparejados beneficios en cuanto a limitación de emisiones tóxicas, mejoras en la salud, ahorros económicos por eficiencia energética o introducción de nuevos procesos, promoción de fuentes renovables de energía, identificación de oportunidades para participar en mercados de carbono, y en general una mejora de la posición estratégica para el desarrollo sustentable de la propia empresa y del país.

La herramienta se ha vuelto muy popular en diversos tipos de organizaciones a nivel global, como una manera de demostrar el compromiso ambiental mediante la reducción de la huella de carbono, a través de medidas de eficiencia energética, disminución del consumo de combustibles fósiles y otras.

**2.5.3 Gases de efecto invernadero.** Son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Su concentración atmosférica es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta.

Los principales gases efecto invernadero que se someten a mediciones son los siguientes.

Tabla 3. Descripción de gases de efecto invernadero

Gases de efecto invernadero	Fuente
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Gas de invernadero producido por uso de combustible fósil (petróleo, gas, carbón, etc.) y por el cambio de uso de la tierra (deforestación). Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la tierra, sin embargo en la actualidad, es responsable de casi el 76 % del calentamiento global previsto para los próximos años.
Metano (CH <sub>4</sub> )	Al igual que el CO <sub>2</sub> , es producido por la combustión de combustible fósil, asimismo, se produce en los pozos de petróleo, minas de carbón al aire libre, cultivos de arroz y por la por la digestión alimenticia de los animales.
Óxido nitroso N <sub>2</sub> O	Liberado por la combustión de vehículos motorizados diésel, así como el empleo de fertilizantes nitrogenados.
Vapor de agua (H <sub>2</sub> O)	Por evaporación, ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo.
Ozono (O <sub>3</sub> )	Presente en la estratosfera y la troposfera
Hidrofluorocarbonos o HFC	Es usado por el hombre como disolvente para los aerosoles, refrigerantes y dispersores de espuma de uso industrial y doméstico.
Perfluorocarbonos o PFC	Es provocado por la acción del hombre por la producción de aluminio por electrólisis.
Hexafluoruro de azufre o SF <sub>6</sub>	Provocado por la acción del hombre en la producción de magnesio

Fuente: Cuidando al planeta azul. Cuidando al planeta azul. Pag. 1

A partir del año 1979 diversos científicos comenzaron a afirmar que el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la tierra de entre 1.5 y 4.5° C. debido principalmente a los altos niveles de emisión de GEI producidos por los países desarrollados, o industrializados; niveles que se relacionan principalmente al uso ineficiente de la energía y los recursos naturales.

Otro factor que debe considerarse es que la intensidad de este problema se irá incrementando rápidamente ya que el mundo pierde aproximadamente 13 millones de hectáreas de bosque anuales generando 20% más de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Gases efecto invernadero, 2011).

**2.5.4** *Protocolo de gases efecto invernadero.* Según el protocolo de gases de efecto invernadero realizado en el año 2001 por el World Business Council for Sustainable Development and World Resource Institute (WBCSD/WRI), para identificar y calcular las emisiones de gases de efecto invernadero se desarrollan los siguientes pasos:

**2.5.4.1** *Identificación de fuentes de emisiones de gases efecto invernadero.* Para una mayor exactitud en el cálculo puede dividirse el total de las emisiones en categorías de acuerdo a la fuente y utilizar metodologías específicas de cálculo. Este paso se refiere a categorizar las fuentes de emisiones de gases efecto invernadero dentro de los límites de la empresa.

Las emisiones de gases efecto invernadero provienen típicamente de las siguientes categorías de acuerdo a la fuente:

**Combustión fija:** Combustión de combustibles en equipos estacionarios o fijos (calderas, hornos, calentadores, incineradores, motores, etc.).

**Combustión móvil:** Combustión de combustibles en medios de transporte (automóviles, camiones, autobuses, trenes, aviones, embarcaciones, etc.).

**Emisiones de proceso:** Emisiones de procesos físicos o químicos (el CO<sub>2</sub> de la etapa de calcinación en la manufactura de cemento, el CO<sub>2</sub> del "cracking" catalítico en procesos petroquímicos, etc.).

**Emisiones fugitivas:** Liberaciones intencionales y no intencionales (fugas en las uniones, sellos, empaques, o juntas de equipos, tratamiento de aguas residuales, torres de enfriamiento, plantas de procesamiento de gas, etc.).

Cada empresa tiene procesos, productos o servicios que generan emisiones directas y/o indirectas de una o más de las categorías mencionadas.

Como primer paso, una empresa debe realizar el ejercicio de identificar sus fuentes de emisión directas en cada una de estas cuatro categorías. El siguiente paso es identificar fuentes de emisiones directas (alcance 1), luego las indirectas asociadas a la electricidad (alcance 2) y finalmente las fuentes de otras emisiones indirectas (alcance 3).

Identificación de emisiones de alcance 1: Emisiones directas de gases efecto invernadero ocurren de fuentes que son propiedad de la empresa o están controladas por ella. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc. y emisiones provenientes de la producción química en equipos de proceso propios o controlados.

Identificación de emisiones de alcance 2: Emisiones indirectas de gases efecto invernadero (GEI) asociadas a la electricidad, este tipo de emisiones provienen de fuentes indirectas derivadas del consumo de electricidad, vapor o calor adquiridos. La electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa. Las emisiones del alcance 2 ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada.

Identificación de emisiones de alcance 3: Otras emisiones indirectas, es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Es decir, implica la identificación de otras emisiones indirectas provenientes de las actividades corriente arriba o corriente abajo de una empresa, así como emisiones asociadas a la manufactura realizada por terceros a cuenta de la empresa o subcontratada, arrendamientos o franquicias no incluidas en los alcances 1 y 2. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa.

Algunos ejemplos de actividades del alcance 3 son la extracción de materiales y la producción de materiales adquiridos, además del transporte de combustibles adquiridos, y el uso de productos y servicios vendidos.

**2.5.4.2 Selección de un método de cálculo.** La medición directa de emisiones de gases efecto invernadero mediante el monitoreo de concentración y flujo no es común. Más a menudo, las emisiones pueden calcularse con base en un balance de masa o fundamento estequiométrico específico para una planta o proceso. Sin embargo, la aproximación más común para calcular las emisiones de gases efecto invernadero es mediante la aplicación de factores de emisión documentados.

Estos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de gases efecto invernadero a una medida de actividad en una fuente de emisión. Los lineamientos del IPCC aluden a una jerarquía de métodos y tecnologías de cálculo que van de la aplicación de factores genéricos de emisión al monitoreo directo.

En muchos casos, particularmente cuando el monitoreo directo no está disponible o su costo es prohibitivo, los datos exactos de emisiones pueden ser calculados a partir de información del uso de combustibles.

Generalmente se conoce la cantidad de combustible consumido, y se tiene acceso a datos del contenido de carbón del combustible mediante coeficientes genéricos de contenido de carbón o mediante un muestreo periódico más exacto del combustible.

**2.5.4.3 Recolección de datos de actividades y elección de emisión.** Para la mayoría de las empresas pequeñas y medianas, y para muchas grandes empresas, las emisiones de alcance 1 serán calculadas con base en las cantidades adquiridas de combustibles comerciales (gas natural, diésel, gasolina, etc.) utilizando los factores de emisión publicados.

Las emisiones de alcance 2 se calcularán primordialmente a partir del consumo medido de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad o por la red eléctrica local.

Las emisiones de alcance 3 se calcularán primordialmente a partir de los datos de las actividades de la empresa, como el uso de combustible o los kilómetros recorridos por pasajeros, y factores de emisión publicados o de terceras partes.

En la mayoría de los casos, si los factores específicos de emisión de la fuente o instalación están disponibles, son preferibles a factores de emisión más genéricos o generales.

**2.5.4.4** *Aplicación de herramientas de cálculo.* Existen dos categorías principales de herramientas de cálculo:

Herramientas intersectoriales: Pueden ser aplicadas a distintos sectores. Estas incluyen: combustión fija, combustión móvil, uso de HFC (Hidrofluorocarburos) en refrigeración y aire acondicionado, e incertidumbre en la medición y estimación.

Herramientas sectoriales: Están diseñadas para calcular emisiones en sectores específicos, como aluminio, hierro y acero, cemento, petróleo y gas, pulpa y papel, etc.

La mayoría de las empresas deberán utilizar más de una herramienta de cálculo para cubrir la totalidad de sus emisiones de gases efecto invernadero.

**2.5.5** *IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático).* El IPCC es el grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ante la ausencia de un órgano que, a nivel, planetario obtuviera información fiable tanto a nivel científico-técnica, como socioeconómica que facilitara la comprensión de las causas, consecuencias y soluciones de un fenómeno tan complejo como el calentamiento global. Su misión principal es suministrar a los dirigentes políticos de todos los países información objetiva, veraz, exhaustiva y transparente en materia de cambio climático. El IPCC pretende ofrecer una información útil con relación a los diferentes puntos de vista existentes sobre el cambio climático.

**2.5.5.1** *Factores de Conversión de Emisión.* Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> por el método de referencia, dependen del país, del energético, y del año de estimación, mientras que los factores de emisión por el método de tecnologías de diferentes contaminantes, depende del país, del energético, del contaminante, de la actividad y del año de estimación.

Tabla 4. Factores de Conversión de Emisión según el IPCC referentes a la categoría Energía – Actividades de Combustión – Otros Sectores – Comercial Institucional.

<b>Combustible</b>	<b>Factor de emisión (Kg C/Gigajoule)</b>
Carbón	26,8
Petróleo	20
Diésel	20,2
Gasolina	18,9
Kerosene	19,5
Gas propano/Gas licuado de petróleo (GLP)	17,2
Gas natural	15,3

Fuente: Factor de conversión de emisión referente a la categoría de Energía, actividades de combustión, otros sectores, comercial institucional. en IPCC.

## **2.6 Marco Legal e Institucional**

Se denota de esta manera al marco de referencia legal e institucional vigente que rodea al tema propuesto, sean leyes, normas, reglamentos, convenios e instructivos, que respaldan la realización del inventario de emisiones atmosféricas.

**2.6.1 Constitución de la República del Ecuador.** Publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008. Es la norma fundamental que contiene los principios, derechos y libertades de quienes conforman la sociedad ecuatoriana y constituye la cúspide de la estructura jurídica del Estado:

Art. 14 se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15 el estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 73 el estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 276 el régimen de desarrollo tendrá como objetivo recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 396 el estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397 en caso de daños ambientales el estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental.

Art. 399 el ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un

sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

Art. 414 el estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

**2.6.2** *Ley de Gestión Ambiental, Codificación 19.* La presente ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, se hace referencia los siguientes artículos:

Art. 4 los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda. El desarrollo de estudios técnicos sectoriales, de estudios técnicos económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y de consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

Art. 9 le corresponde al ministerio del ramo: j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes; k) Definir un sistema de control y seguimiento de las normas y parámetros establecidos y del régimen de permisos y licencias sobre actividades potencialmente contaminantes y la relacionada con el ordenamiento territorial; m) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas y en acciones concretas que se adopten para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales.

Art. 23 la evaluación del impacto ambiental comprenderá: a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el

paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.

Art. 33 establecer como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

**2.6.3** *Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.* La Codificación 20, Registro Oficial Suplemento 418 del 10 de septiembre de 004 menciona en sus artículos:

Art. 1 en el que queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente.

En sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 2 para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire:

- Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación.

- Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

Art. 3 se sujetarán al estudio y control de los organismos determinados en esta ley y sus reglamentos, las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica. Las actividades tendientes al control de la contaminación provocada por fenómenos naturales, son atribuciones directas de todas aquellas instituciones que tienen competencia en este campo.

Art. 4 será responsabilidad de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, en coordinación con otras Instituciones, estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica

Art. 5 las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar a los Ministerios de Salud y del Ambiente, según corresponda, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

**2.6.4** *Texto unificado de legislación secundaria.* Directamente la mención a la calidad del aire se encuentra en el Anexo 4 del libro VI del (TULAS), actualmente, la reforma a esta norma de calidad, publicada en el registro oficial No. 464, del 07 de Junio de 2011.

En el que se encuentran requisitos, la normativa de calidad de ambiente, los contaminantes del aire ambiente, para los cuales se toman como referencia las partículas sedimentables, material particulado, dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y ozono (O<sub>3</sub>).

La autoridad ambiental nacional en coordinación con las autoridades ambientales de aplicación responsable acreditadas al sistema único de manejo ambiental, desarrollará e implementará a nivel nacional los programas de monitoreo para el cumplimiento de la presente norma.

Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50), por las directivas de la comunidad europea y normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire.

Tabla 5. Concentración de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire.

<b>CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO</b>	<b>ALERTA</b>	<b>ALARMA</b>	<b>EMERGENCIA</b>
Monóxido de Carbono (Concentración promedio en ocho horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15000	30000	40000
Ozono (Concentración promedio en ocho horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200	400	600
Dióxido de Nitrógeno (Concentración promedio en ocho horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1000	2000	3000
Dióxido de Azufre (Concentración promedio en ocho horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200	1000	1800
Material particulado PM 10 (Concentración en veinticuatro horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250	400	500
Material particulado PM 2,5 (Concentración veinticuatro horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	250	350

Fuente: Reforma de la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Emisión, constante en el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente,

**Nota:** Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cubico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

## **CAPÍTULO III**

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA METALÚRGICA**

#### **3.1 Análisis de la situación actual de la industria metalúrgica ecuatoriana**

Para ADELCA el desarrollo sostenible es algo que va más allá de un simple compromiso con la sociedad y el medio ambiente, pues está incorporado al propio planteamiento estratégico de sus actividades. La empresa orienta sus negocios hacia la sostenibilidad medioambiental mediante el manejo adecuado de todos los residuos reciclables, no reciclables y peligrosos y el cumplimiento legal aplicable a nivel nacional. Las principales áreas de trabajo de la empresa se enfocan en:

- Reducir los impactos ambientales negativos como el primer lineamiento de responsabilidad social.
- Cumplir con el marco legal ambiental vigente y demás condiciones de Licenciamiento ambiental de sus premisas.
- Implementar políticas de manejo integrado de desechos.
- Implementar políticas de prevención de la contaminación acorde con prácticas actuales aceptadas.
- Mejora continua con base en la investigación de incidentes y accidentes.
- Comunicación y capacitación.
- Disponer de acciones de respuesta ante contingencias.
- Mejora continua

Actualmente ADELCA se encuentra trabajando en varios proyectos que tienen por objetivo final apoyar la protección ambiental y la prevención de daños a la biodiversidad. La fabricación de acero a partir del reciclaje de chatarra es una gran contribución al medio ambiente. Al año Acería del Ecuador Adelca C.A. evita que más de medio millón de toneladas de chatarra contaminen los suelos del país, sin embargo se puede hacer más por mejorar el medio ambiente.

Por esta razón la empresa tomó la decisión de implementar el proyecto de huella de carbono el mismo que tiene por objetivo realizar la medición de las emisiones de dióxido de carbono que parten desde el proceso de producción, materia prima y transporte de sus productos, donde se conocerá el posible impacto ambiental de sus descargas al ambiente, en unidades de dióxido de carbono. Actualmente, en el mundo la industria metalúrgica emite alrededor del 4% al 5% de los Gases Efecto Invernadero (GEI). Por lo mismo, se busca reducir esta contaminación.

Claramente, el reciclaje de chatarra es un gran beneficio para el medio ambiente. El paso inicial para poder mejorar un proceso es saber en qué situación se encuentra. Esto, ya es una enorme contribución a cuidar nuestro medio ambiente, no sólo el suelo, también la atmósfera y el agua, ya que fabricar acero a partir del reciclaje, emite menos anhídrido carbónico, se usa menos agua y se requiere de una menor cantidad de energía

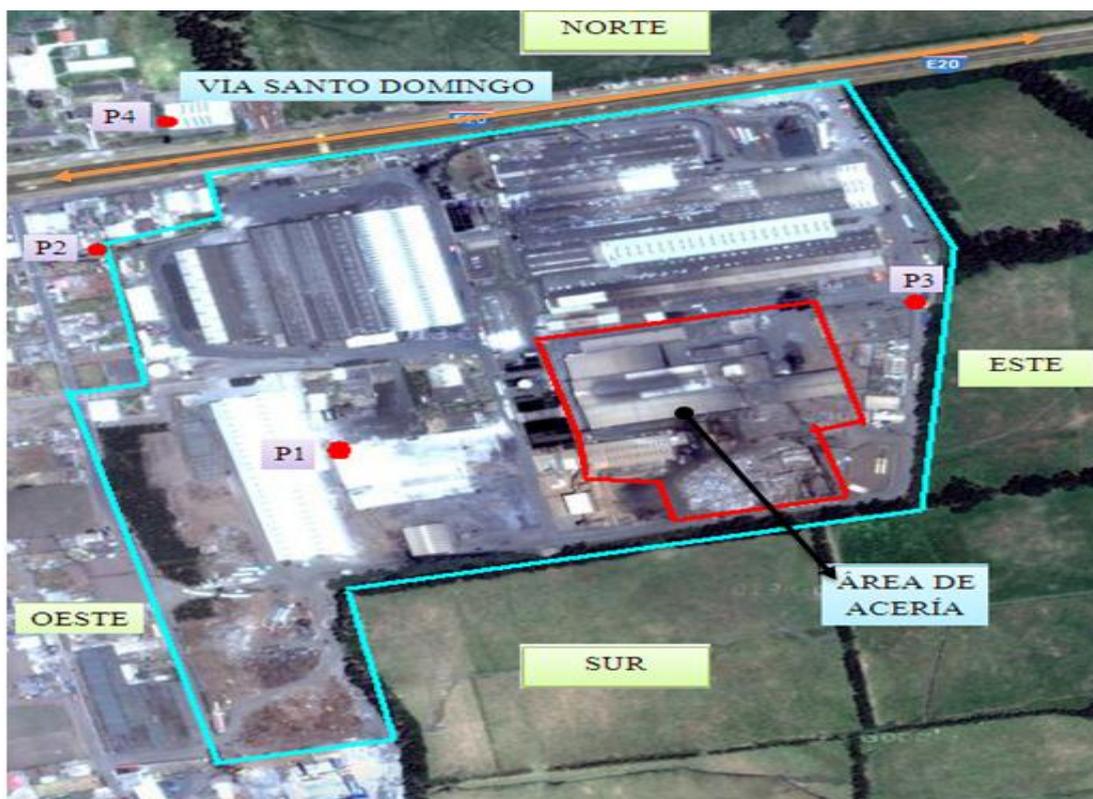
**3.1.1** *Identificación general de la Industria.* Acería del Ecuador ADELCA C.A. se ubica en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia de Alóag, entre los 3000 y 3500 msnm. La temperatura oscila entre 8° C y 18° C, con rica y abundante flora y fauna, característico del bosque montañoso siempre verde. La empresa se localiza en el Kilómetro 1 ½ vía Alóag - Santo Domingo.

- País: Ecuador.
- Provincia: Pichincha.
- Cantón: Mejía.
- Parroquia: Alóag.
- Sector: Kilometro 1 ½ vía Alóag Santo Domingo.
- Superficie: 146802 km<sup>2</sup>.

Límites:

- Límite norte: Vía Alóag Santo - Domingo.
- Límite sur: La Hacienda Laso de Uribe.
- Límite este: La Hacienda Aychapicho.
- Límite oeste: Viviendas del poblado de Alóag

Figura 7. Vista satelital del área de influencia



Fuente: Autor

### 3.2 Misión, visión y valores corporativos de la empresa

3.2.1 *Misión.* Líderes en el reciclaje para la producción de acero, con excelencia en el servicio, calidad, tecnología, sistemas de gestión, recursos humanos, seguridad industrial, protección ambiental y responsabilidad social.

3.2.2 *Visión.* Siempre pensando en el cliente, con el mejor servicio y los mejores productos de acero.

3.2.3 *Valores corporativos.* Los valores corporativos con los que la empresa exige son:

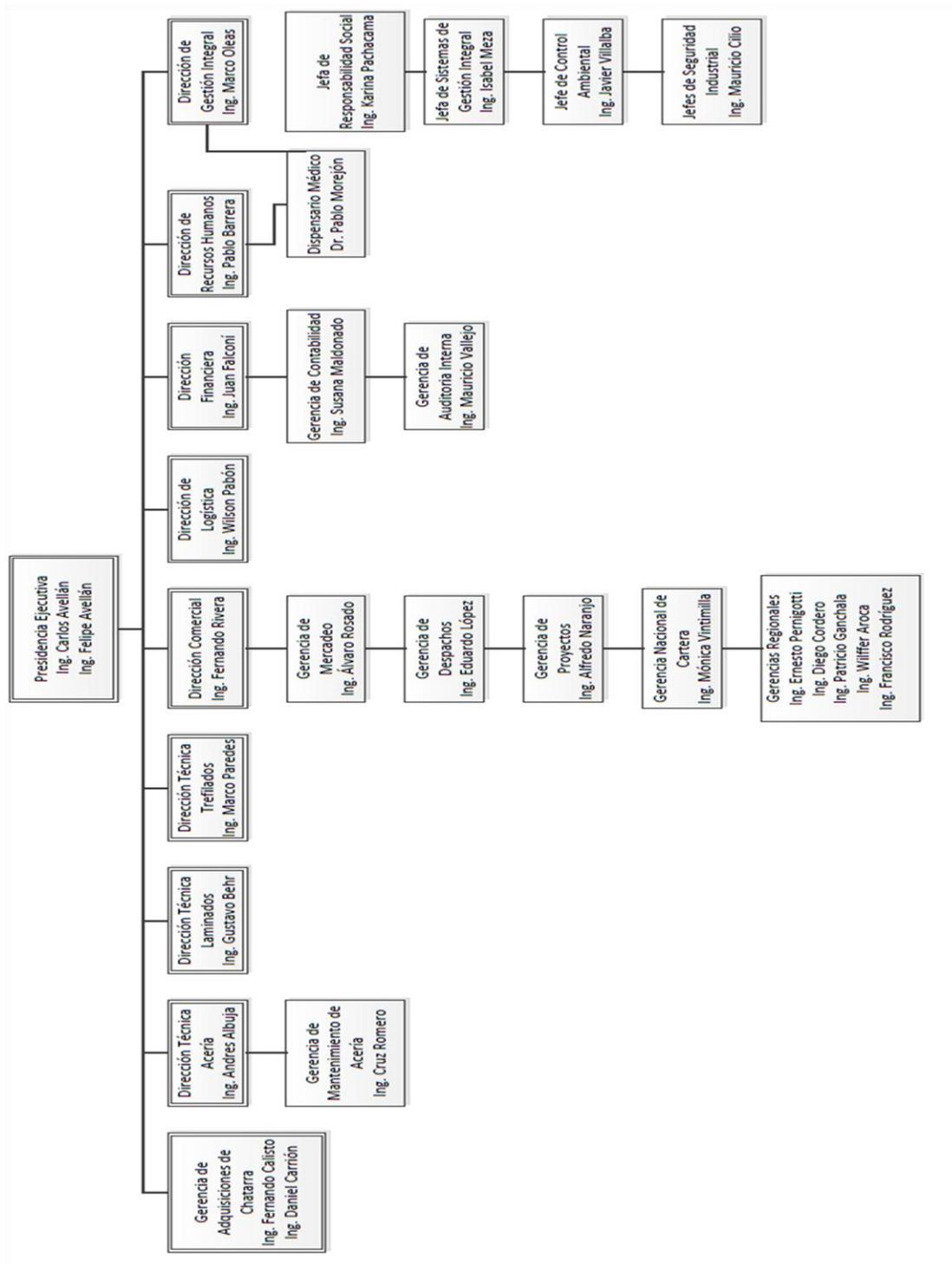
- El cliente es lo primero.
- Transparencia y ética en todos nuestros actos.
- Compromiso con la calidad y la productividad.
- Mejoramiento continuo.

- Trabajo en equipo

### 3.3 Organigrama empresarial

Se detalla a continuación el organigrama empresarial actual.

Figura 8. Organigrama empresarial



Fuente: ADELCA C.A. ( 2013). Organigrama empresarial. Machachi

### **3.4 Identificación del área de estudio**

Acería del Ecuador C.A, es una de las empresas de mayor capacidad de producción de productos de acero en Ecuador; con una producción estimada de doscientos mil toneladas anuales de productos de acero terminado.

Sus instalaciones industriales se ubican en la Planta Industrial de Alóag, parroquia Alóag, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha. La Planta cuenta con 46 años en operación. ADELCA desarrolla tres procesos productivos en su fábrica actual: Fundición de Acero (Acería), Laminación, y Trefilación.

***Fundición de Acero (área de estudio).*** ADELCA C.A. cuenta con una acería de arco eléctrico para la fundición de chatarra ferrosa reciclada a nivel nacional. Esta actividad permite la producción de palanquilla de acero, aproximadamente 21000 Ton/mes, materia prima que se utiliza para los procesos de producción de varilla y perfiles de acero. Generando el mayor beneficio del reciclaje de chatarra ferrosa para producción de acero, se da en la dimensión ambiental. El reciclaje de chatarra presenta evidentes ventajas con respecto a la producción de acero a partir de mineral virgen; la más importante es precisamente el ahorro de mineral virgen que está en el orden de 90%.

***Laminación.*** Se dispone de dos naves exclusivas donde se realiza la operación de laminación en caliente, para una capacidad promedio de producción de 20000 Ton/día. La materia prima de este proceso es palanquilla de acero que actualmente la empresa mismo lo produce.

***Trefilación.*** Por su parte, este es un proceso de conformación en frío, en la cual se reduce el diámetro de la sección de la materia prima, alambón de acero, haciendo pasar a través de un orificio cónico que se ubica en un dado de trefilación.

En la planta de trefilados se realizan otros procesos entre ellos galvanizado de alambre; con los cuales se obtienen productos como: alambre, alambre galvanizado, clavos, alambres de púas, malla metálicas para cerramientos entre otros, con una producción promedio mensual de 3700 Ton/mes.

Los logros alcanzados por la empresa le permiten garantizar, la entrega de productos de calidad, con precios competitivos, en el menor tiempo posible.

### **3.5 Operaciones de la acería**

Adelca fabrica acero reciclando chatarra ferrosa, contribuyendo con ello a la conservación del medio ambiente. Su proceso industrial, utiliza como materia prima fundamental chatarras ferrosas, fundiéndolas en una acería constituida por un horno de arco eléctrico, para obtener acero en forma de semiproducto denominado palanquilla.

Posteriormente este semiproducto es laminado en cualquiera de los trenes de laminación que Adelca posee para obtener productos acabados como son las varillas de construcción (varilla recta y varilla figurada) y perfiles (ángulos, barra redonda y barra redonda lisa, platina, tees).

**3.5.1** *Descripción general del proceso productivo en el área de acería.* El proceso de producción en el área de acería de Adelca empieza con la recepción de la materia prima (chatarra ferrosa), su importancia hace que la empresa dedique la máxima atención al grado de calidad que ofrezca, dado que su incidencia es directa en la obtención de aceros adecuados. Este óptimo "grado de calidad", se consigue mediante un control en la recepción y clasificación.

Los controles según su procedencia empiezan con la inspección por personal especializado en origen para comprobar que en el momento de su carga la chatarra se ajusta a las normas nacionales e internacionales, establecidas. Con estos controles se pretende eliminar la presencia de todo elemento nocivo, de materias explosivas e inflamables; así como la de metales no férreos, tierras, cuerpos extraños, etc.

También se efectúan análisis de cualquier material que ofrezca dudas sobre su composición química. Todo ello está dirigido al logro de una garantía de calidad y de una óptima productividad. Otras materias primas que se adicionan a la chatarra son: ferroaleaciones, cal, carbón, etc.

Se deben tomar en cuenta los instructivos existentes en la empresa de acuerdo al proceso que se vaya a realizar, ya sea en, la máquina Shredder, prensa cizalla (compactación de chatarra) y limpieza, oxicorte de chatarra, si en el ingreso de chatarra o a lo largo del procesamiento se detectan materiales explosivos o radiactivos se aplica el instructivo de “Manejo de materiales explosivos y radiactivos” Anexos B, C, D.

El siguiente proceso se da en la Acería, la misma que consta de las siguientes instalaciones fundamentales: horno eléctrico, horno cuchara, horno eléctrico. En el Horno Eléctrico, se realiza la fusión de la chatarra y demás materias primas, necesarias para obtener la composición química deseada.

El acero líquido se vuelca en el Horno Cuchara, y en este, libre ya de escoria, se realiza el afino y ajuste definitivo de la composición química del acero, tomando tantas muestras como sean necesarias, hasta obtener la composición química "exactamente" deseada.

El último paso consiste en transformar el acero líquido en semiproducto. Para ello, el acero líquido se vierte en un "tundish" que alimenta la colada continua, donde se lleva a cabo la solidificación del acero y la obtención de semiproductos (palanquillas). Se vigila que el semiproducto cumpla con las especificaciones de acuerdo al tipo de palanquilla que se vaya a realizar de esta manera se garantiza la entrega de productos de calidad, con precios competitivos, en el menor tiempo posible.

### **3.6 Descripción de materiales, máquinas y equipos utilizados en los procesos de producción en el área de acería**

Materias primas y materiales de acería:

- Cal cálcica
- Cal dolomítica
- Coque carburante C%
- Coque carburante
- Carbón antracita canasta

- Carbón antracita inyección
- Ferrosilicio
- Ferrosilicio manganeso
- Electrodo 18"
- Electrodo 10"
- Sensor determinación de oxígeno. Medidores Celox
- Termocupla
- Muestreador HC
- Muestreador HEA
- Calcio silicio
- Oxido de magnesio
- Chatarra de aluminio
- Escoria de aluminio
- Carburo de silicio

Las máquinas y equipos se detallan a continuación.

Tabla 6. Máquinas y equipos de acería área de hornos

<b>Máquinas y equipos de acería</b>			
<b>N</b>	<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción de componentes</b>
<b>Área de hornos</b>			
1	Carros porta cestas chatarra	Carga de chatarra	Carro, cesta, comando y control de peso
2	Horno eléctrico	Fusión de acero	Plataforma, cuba, bóveda, torre porta electrodos, púlpito, sala transformador, Silo de Carbón
3	Central hidráulica	Accionamientos de hornos	Tanque, bombas, bancos de válvulas, sistema de emergencia
4	Horno cuchara	Afino de acero	Estructura, bóveda, púlpito, carro porta cuchara, pre calentadores, sala transformador

Fuente: ADELCA C.A. Máquinas y equipos de acería. pag. 3

Tabla 7. Máquinas y equipos de acería área de hornos de colada continua

<b>Máquinas y equipos de acería</b>			
<b>N</b>	<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción de componentes</b>
<b>Área de colada continua</b>			
1	Portatundish	Soporte de tundish	Estructura, carros 1 y 2, comando, pre calentadores 1 y 2
2	Lingoteras	Solidificación de acero	Moldes, banco oscilante, control de nivel, comando y control
3	Extracción y enderezado	Enderezado de palanquilla	Maquinas enderezadoras, central lubricación, comando y control
4	Tren de rodillos intermedio	Transporte de palanquilla	Estructura, tren de rodillos, comando y control
5	Corte de palanquilla	Oxicorte de palanquilla	Estructura, carro y antorchas de corte, comando y control
6	Evacuación de palanquilla	Transporte de palanquilla	Tren de rodillos, puente transportador, mesa, comando y control
7	Central hidráulica	Accionamientos	Tanque, bombas, bancos de válvulas, central válvula gaveta
8	Cabina de mando & control	Comando y control	Púlpito, salas de tableros, bancos de control local

Fuente: ADELCA C.A. Máquinas y equipos de acería. pag. 3

Tabla 8. Máquinas y equipos de acería área de puentes grúa

<b>Máquinas y equipos de acería</b>			
<b>N</b>	<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción de componentes</b>
<b>Puentes grúas</b>			
1	Puente grúa principal de 80 toneladas.	Transporte acero liquido	Estructura, carros longitudinal y transversal, sistemas de elevación
2	Puente grúa principal de 60 toneladas.	Carga de chatarra	Estructura, carros longitudinal y transversal, sistemas de elevación
3	Puente grúa 20 toneladas	Transporte chatarra	Estructura, carros longitudinal y transversal, sistemas de elevación, pulpos
4	Puente grúa 10 toneladas	Transporte chatarra	Estructura, carros longitudinal y transversal, sistemas de elevación, magneto
5	Puente grúa de 15 toneladas N01	Transporte palanquilla	Estructura, carros longitudinal y transversal, sistemas de elevación, magneto
6	Puente grúa de 15 toneladas N02	Transporte palanquilla	Estructura, carros longitudinal y transversal, sistemas de elevación, magneto

Fuente: ADELCA C.A. Máquinas y equipos de acería. pag. 3

Tabla 9. Máquinas y equipos de acería área de servicios periféricos

<b>Máquinas y equipos de acería</b>			
<b>N</b>	<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción de componentes</b>
<b>Servicios periféricos</b>			
1	Subestación eléctrica		Transformadores de potencia, transformadores auxiliares, sala de tableros, power center
2	Gases auxiliares	Suministro de gases	Estación de GLP, oxígeno, nitrógeno, rampas de quemadores.
3	Tratamiento de humos	Limpieza de humos	Ductos refrigerado y no refrigerado, ciclón, filtro, colector de polvos, chimenea, aire de limpieza
4	Tratamiento de agua	Agua de enfriamiento	Planta de agua cruda, piscinas de enfriamiento, sala de bombas, tanque de emergencia
5	Periféricos acería	Complementarios	Aire comprimido, secadores de refractarios, generador de emergencia.

Fuente: ADELCA C.A. Máquinas y equipos de acería. pag. 3

### 3.7 Ciclo de vida del acero

El acero está reconocido como un material que es 100% reciclable. La industria, en este sentido, está respetando el ciclo de vida del acero y reintroduce a la chatarra en el proceso de producción, tal como se indica en la siguiente figura.

Figura N° 9. Ciclo de vida del Acero



Fuente: Worldsteel. Análisis de ciclo de vida en la Industria del acero. Alacero. Pag. 2.

Sin embargo, como cualquier proceso, este ciclo requiere un análisis continuo para optimizar constantemente la asignación de recursos y el rendimiento ambiental. El análisis de ciclo de vida del acero prevé un enfoque integral para evaluar el desempeño ambiental considerando potenciales impactos en todas las etapas de manufactura, uso y fin de vida del acero.

La industria del acero tiene que demostrar los beneficios del producto en comparación con otros materiales desde un punto de vista de toda la cadena de valor. El concepto de ciclo de vida puede reforzar el valor de la marca y aumentar su reputación porque los clientes, fabricantes y consumidores quieren saber el impacto ambiental de los productos de acero.

### 3.8 Planificación del proceso de fabricación de palanquilla

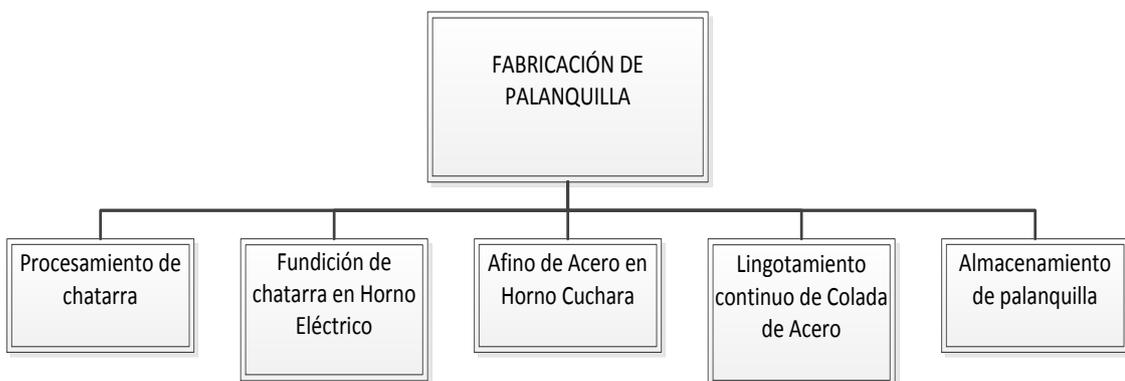
La planificación de la producción dentro del área de acería se realiza en tres etapas, la primera que se realiza durante la puesta en marcha y la curva de aprendizaje, la segunda etapa que será después de la curva de aprendizaje y la tercera etapa que es la estabilización.

Primera Etapa: Iniciada la puesta en marcha de la acería, se procederá a una producción sobre una curva de aprendizaje que se planifica cada 6 meses, la cual permitirá a los operarios experimentar y profundizar su etapa de capacitación teórica; además de ganar experiencia y prepararse para ir asumiendo sus respectivos puestos y turnos de trabajo.

Segunda Etapa: Luego de pasar la curva de aprendizaje y tener una producción sostenida que puede estar entre 12 mil y 14 mil toneladas de acero (Palanquilla) mensual, se habrá logrado el objetivo planificado y se procederá a pasar a la segunda etapa, que consistirá abastecer de palanquilla al área de laminación.

Tercera Etapa: Estabilización. En esta etapa final la producción es estable y de acuerdo a los requerimientos de laminación y/o comercialización. A lo largo del mes de producción se consideran pedidos de laminación en cuanto a características físicas (longitud) y/o químicas de palanquilla. A continuación se detalla en forma general el papa general del proceso de producción de la palanquilla

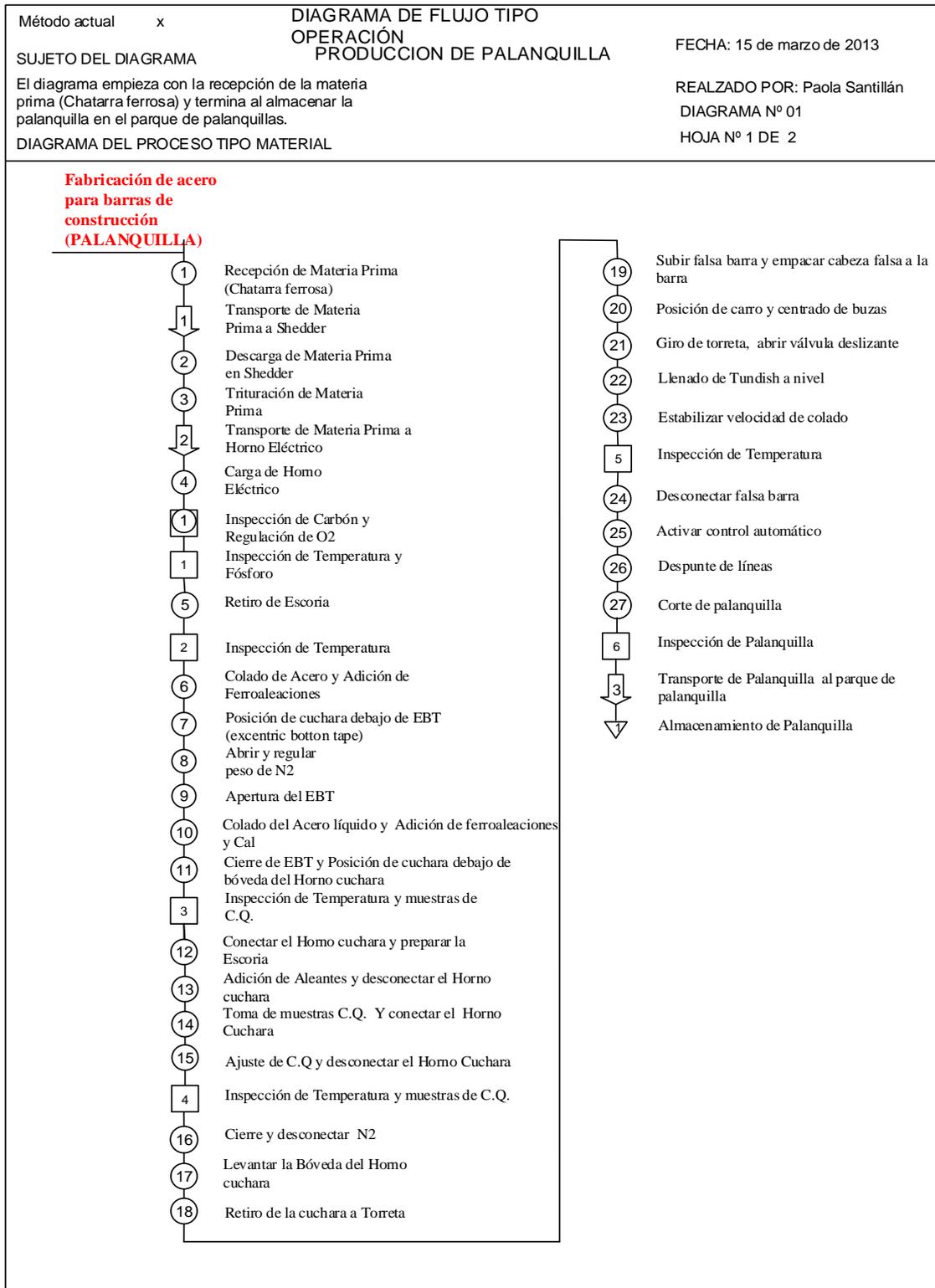
Figura 10. Mapa general del proceso de palanquilla



Fuente: Autora

### 3.9 Diagrama de flujo del proceso de producción de palanquilla

Se detalla a continuación el diagrama de flujo del proceso de producción de palanquilla desde la adquisición de materia prima hasta el almacenamiento de la misma.



Método actual x

DIAGRAMA DE FLUJO TIPO OPERACIÓN

FECHA: 15 de marzo de 2013

SUJETO DEL DIAGRAMA

PRODUCCION DE PALANQUILLA

El diagrama empieza con la recepción de la materia prima (Chatarra ferrosa) y termina al almacenar la palanquilla en el parque de palanquillas.

REALZADO POR: Paola Santillán

DIAGRAMA DEL PROCESO TIPO MATERIAL

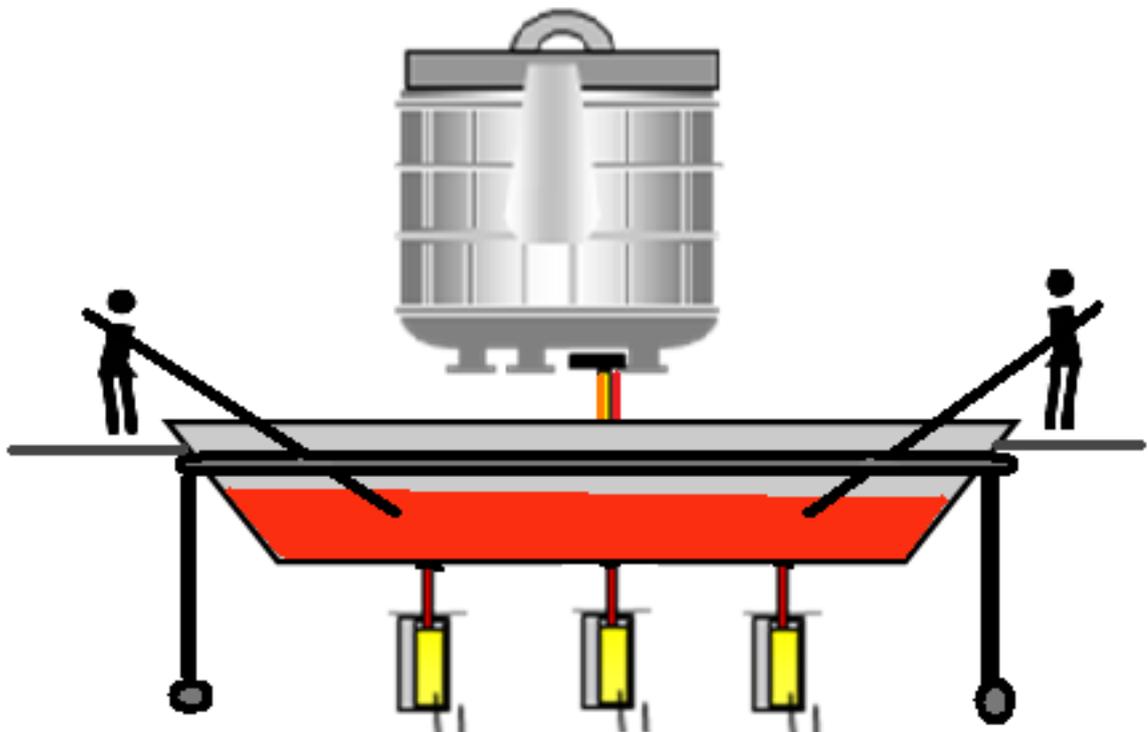
DIAGRAMA Nº 01  
HOJA Nº 2 DE 2

<b>RESUMEN</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>CANTIDAD</b>
OPERACIÓN	○	27
OPERACIÓN COMBINADA	◻	1
TRANSPORTE	⇒	3
DEMORA	⏸	0
INSPECCIÓN	□	6
ALMACENAJE	▽	1
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>

Hay que verificar el cambio de temperatura en el tundish durante el proceso de colada continua. Las especificaciones en el cambio de temperatura en colada continua depende de:

- Si la temperatura del tundish es de  $1555^{\circ}\text{C} - 1575^{\circ}\text{C}$  se debe sumergir 1 varilla de acero ( $\Phi 28\text{mm} \times 3\text{m}$  de longitud), en ambos lados del tundish hasta que se derrita la misma, una a la vez.

Figura 11. Especificación en cambio de temperatura en colada continua



Fuente: ADELCA C.A. Proceso de colada continua. pag. 1

- Tomar temperatura nuevamente hasta que esté en el rango de  $1540^{\circ}\text{C}$  a  $1555^{\circ}\text{C}$

**3.9.1** *Especificaciones de fabricación de palanquilla.* Se debe seguir las siguientes especificaciones para la producción de palanquilla:

Para fabricación de Palanquilla para productos laminados en caliente con Calidad SAE 1010 M. Como norma de referencia se utiliza la norma internacional SAE 1010. La palanquilla de Calidad SAE 1010, debe cumplir con la siguiente composición química:

Tabla 10. Composición química para palanquilla con calidad SAE 1010M.

Calidad	Composición química (%)										
		C	Mn	Si, máx.	P, máx.	S, máx.	Cu, máx.	Cr, máx.	Ni, máx.	Sn, máx.	Mo, máx.
SAE 1010M	Mínimo	0,08	0,30	0,20	0,04	0,04	0,30	0,20	0,25	0,06	0,06
	Objetivo	0,11	0,55								
	Máximo	0,15	0,65								

Fuente: Autora

El análisis químico debe ser realizado por el área de Espectrometría. Se debe tener en cuenta que el carbón equivalente no exceda 0.30%. La palanquilla debe cumplir con las siguientes especificaciones dimensionales:

Tabla 11. Especificaciones dimensionales para palanquilla con calidad SAE 1010M.

Parámetros	Nominal, mm.	Tolerancia, mm.	Mínimo, mm.	Máximo, mm.
Sección mm.	130	+/- 2,5%	127,0	133
Sección mm	100	+/- 2,5%	97,5	102,5
Longitud, mm.	11900	+/- 100%	11800	12000
Longitud, mm.	4000	+/- 100 %	3900	4100
Romboidez	-	+/- 0,5 %	-	5%
Flecha mm	-	+/- 0,5 %	-	100

Fuente: Autora

La palanquilla debe ser identificada de la siguiente manera, la pintura en sección con fondo color blanco.

El producto no conforme según su tipo, con defecto físico el fondo amarillo, con la esquina color blanca, y con defecto por composición química el fondo rojo, con la esquina color blanco.

El número de identificación debe ir en color rojo (seis dígitos, donde el primer dígito representa el año en curso y el resto son correlativos de acuerdo a cada colada). A partir del año 2010 los dos primeros números representan al año correspondiente.

Para fabricación de Palanquilla para productos laminados en caliente con Calidad SAE 1015, como norma de referencia se utiliza la norma internacional SAE 1015. La palanquilla, debe cumplir con la siguiente composición química:

Tabla 12. Composición química para palanquilla con calidad SAE 1015M.

Calidad	Composición química (%)										
		C	Mn	Si, máx.	P, máx	S, máx.	Cu, máx.	Cr, máx.	Ni, máx.	Sn, máx.	Mo, máx.
SAE 1010M	Mínimo	0,13	0,30	0,00	0,04	0,045	0,20	0,20	0,20	0,06	0,06
	Objetivo	0,14	0,44	0,21							
	Máximo	0,15	0,50	0,30							

Fuente: Autora

Para este tipo de palanquilla el carbón equivalente no debe exceder 0.30%. La palanquilla debe cumplir con las siguientes especificaciones dimensionales:

Tabla 13. Especificaciones dimensionales para palanquilla con calidad SAE 1015M.

Parámetros	Nominal, mm.	Tolerancia, mm.	Mínimo, mm.	Máximo, mm.
Sección mm.	130	+/- 2,5%	127,0	133
Longitud, mm.	100	+/- 2,5%	97,5	102,5
Longitud, mm.	4000	+/- 100%	3900	4100
Romboidez	-	+/- 0,5 %	-	5%
Flecha mm/m	-		-	10

Fuente: Autora

La palanquilla debe ser identificada de la siguiente manera, la pintura en sección debe ir de fondo color blanco. El producto no conforme según su tipo por defecto físico con fondo amarillo, con la esquina color blanco, por defecto por composición química con fondo rojo, con la esquina color blanco. El número de identificación debe ir de color rojo (seis dígitos, donde el primer dígito representa el año en curso y el resto son correlativos de acuerdo a cada colada).

Para la producción de palanquilla para barra de construcción termotratada, como especificaciones técnicas debe seguir la norma internacional ASTM A 706/A 706. La palanquilla, debe cumplir con la siguiente composición química:

Tabla 14. Composición química para palanquilla con calidad SAE 1015.

Calidad	Composición química (%)										
		C	Mn	Si, máx.	P, máx.	S, máx.	Cu, máx.	Cr, máx.	Ni, máx.	Sn, máx.	Mo, máx.
SAE 1010M	Mínimo	0,26	0,80	0,10	0,035	0,045	0,25	0,20	0,25	0,06	0,06
	Objetivo	0,28	0,90	0,25							
	Máximo	0,30	1,0	0,40							

Fuente: Autora

Para este tipo de palanquilla el carbón equivalente no debe exceder 0.55%. La palanquilla debe cumplir con las siguientes especificaciones dimensionales:

Tabla 15. Especificaciones dimensionales para palanquilla con calidad SAE 1015.

Parámetros	Nominal, mm.	Tolerancia, mm.	Mínimo, mm.	Máximo, mm.
Sección mm.	130	+/- 2,5%	127,0	133
Longitud, mm.	11900	+/- 100%	11800	12000
Longitud, mm.	8000	+/- 200%	7800	8200
Longitud, mm.	4000	+/- 100 %	3900	4100
Romboidez	-	+/- 0,5 %	-	5%
Flecha mm	-	-	-	10

Fuente: Autora

La palanquilla debe ser identificada de la siguiente manera, la pintura en sección debe ser sin color en el fondo. El producto no conforme según su tipo con defecto físico debe ir con fondo amarillo, con la esquina color blanca y por defecto por composición química el fondo rojo, con la esquina color blanca. Si existiera otra necesidad de identificación se coordinará con el área de calidad Laminación.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO BAJO LAS CONSIDERACIONES DE LA NORMA ISO 14064.**

#### **4.1 Lugar**

El lugar en el que se va a aplicar la determinación de la huella de carbono es la ACERÍA de la planta matriz de Acerías del Ecuador Adelca C.A. El área de Acería es la que tienen mayor riesgo de contaminación ambiental por dióxido de carbono.

#### **4.2 Métodos**

Para proceder en una forma estandarizada, a pesar de la diversidad existente de metodologías, necesarias en el caso de procesos o contextos específicos que requieren de datos y estructuras de cálculos particulares, la mejor manera para determinar la huella de carbono es observar una metodología que esté internacionalmente acordada. Las dos más prominentes son:

- Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHGP por sus siglas en inglés)
- ISO 14064.

Estas metodologías proporcionan una ruta que debe ser seguida para realizar una evaluación precisa de los Gases Efecto Invernadero (GEI). El primer paso es acordar qué es lo que cubrirá la evaluación de Gases Efecto Invernadero (GEI), es decir, qué es lo que se va a medir. Luego es necesario decidir el tipo de fuentes de emisiones que deben ser medidas.

La huella de carbono debe medir los seis gases de efecto invernadero identificados bajo el Protocolo de Kyoto (Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>; Metano CH<sub>4</sub>; Óxido nitroso N<sub>2</sub>O; Perfluorocarbonos PFC's; Hidrofluorocarbonos HFC's; y Hexafluoruro de Azufre, SF<sub>6</sub>).

Los tres primeros gases más importantes se describen a continuación:

- **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Es un componente natural de la atmósfera (0.033 por 100) y esencial para el crecimiento de las plantas.  
El quemado de combustibles fósiles, incluyendo las centrales térmicas de carbón y los incendios forestales, han incrementado los niveles de CO<sub>2</sub> como también en menor parte los cambios de uso de tierra.
- **Metano (CH<sub>4</sub>):** Es un gas que se genera en la naturaleza en condiciones anaerobias. Este proceso tiene lugar en lagunas, campos de arroz, ganaderías, agricultura y en la producción y consumo de los combustibles fósiles.  
El CH<sub>4</sub> posee un tiempo de residencia alto de aproximadamente 10 años.
- **Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O):** Su tiempo de residencia aproximada es de 150 años y es unas 200 veces más potente como gas de invernadero que el CO<sub>2</sub>.  
Las cantidades de N<sub>2</sub>O producidas son insignificantes en comparación con las de CO<sub>2</sub> y aparecen en las depuradoras de aguas residuales e industriales, la agricultura y en los gases de combustión.

Las dificultades que enfrentan las compañías para medir la huella de carbono es la obtención de los datos y la aplicación de los factores de conversión correctos para transformar los datos de la actividad en los equivalentes de dióxido de carbono.

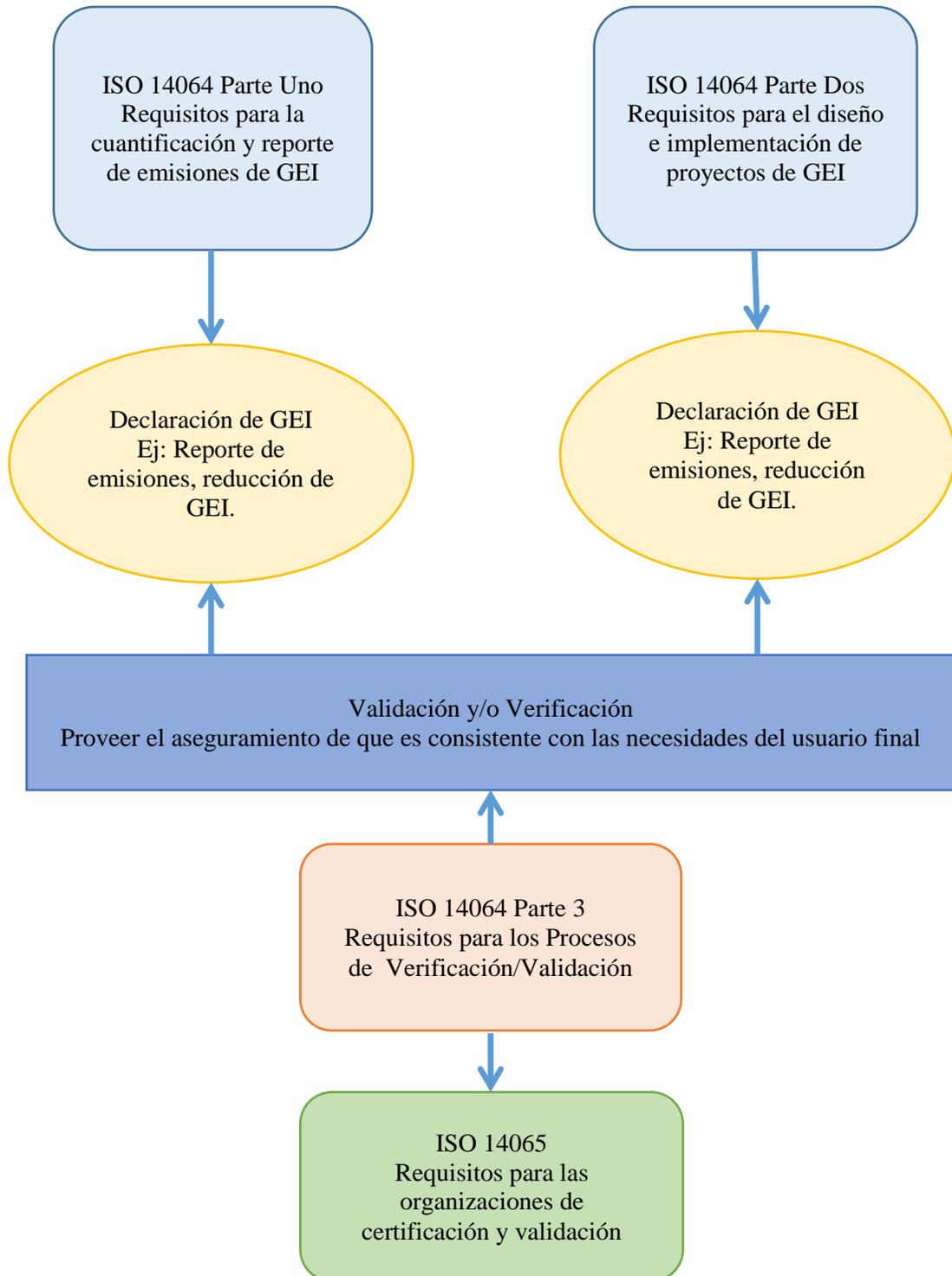
### **4.3 Norma ISO 14064.**

Las normas ISO 14064 tienen como objetivo dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisión de gases efecto invernadero y a las declaraciones de reducción o eliminación de gases efecto invernadero (AENOR, 2006).

Las normas pueden ser usadas por organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o mecanismos voluntarios de reducción de emisiones. Se pueden aplicar a todos los tipos de gases efecto, no estando limitadas al CO<sub>2</sub>. Se divide en tres partes y

se enfoca en la contabilización, reducción y verificación de estos gases de empresas y administraciones, a continuación, se presenta la relación entre las partes de la norma.

Figura 12. Relación de la Norma ISO 14064. Huella de Carbono



Fuente: CEPAL. Metodologías de cálculo de huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. pag.2.

**4.3.1 Metodología de la cuantificación de las emisiones.** Como se ha indicado, la presente tesis se realizó en la empresa ADELCA C.A. en el área de la acería. Las fuentes en las cuales se le realizaron la cuantificación de las emisiones en el área fueron:

- Hornos (producción).
- Equipo estático: GLP.
- Montacargas, equipo especial (excavadoras de chatarra Fuchs).
- Consumo eléctrico.
- Consumo de agua.
- Desechos sólidos.
- Desechos líquidos.

La identificación de estas fuentes se hizo en base a los equipos y actividades que emplean combustibles en el área de la acería y sobre los cuales se tuviera registro de ese consumo. Los gases de efecto invernadero cuantificados correspondieron a:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Metano (CH<sub>4</sub>).
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

La cuantificación de las emisiones se hizo utilizando la herramienta de cálculo de Excel, mediante la elaboración de una matriz donde se estableció los datos necesarios para la estimación de las emisiones, estos datos fueron tomados desde enero a diciembre de 2012 y desde enero a diciembre de 2013.

Las fuentes de emisiones fueron clasificadas de acuerdo al alcance tanto en emisiones directas o de alcance 1, indirectas que son asociadas a la electricidad o alcance 2 y finalmente las fuentes de otras emisiones indirectas o alcance 3.

La clasificación se realizó en orden ascendente de precisión dependiendo de la calidad y el nivel del detalle de información.

Tabla 16. Clasificación de las fuentes de emisión del área de acería de la empresa  
ADELCA C.A.

<b>Tipo de emisión (Alcance)</b>	<b>Fuente de emisión</b>	<b>Clasificación</b>
Directa (alcance 1)	Hornos (producción)	Emisiones directas
	Equipo estático: GLP	Emisiones directas
	Montacargas, equipo especial (excavadoras de chatarra Fuchs)	Emisiones directas
Indirecta (alcance 2)	Consumo eléctrico	Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad
Indirecta (alcance 3)	Consumo de agua	Otras emisiones indirectas
Indirecta (alcance 3)	Desechos sólidos y líquidos	Otras emisiones indirectas

Fuente: Autora

La estimación de las emisiones se hizo haciendo uso de la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) según las directrices del 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, la cual se basa en el uso de factores de emisión. Esta cuantificación es indirecta debido a que la contabilización de las emisiones se realizó mediante la recopilación de datos sobre consumo de sustancias generadoras de gases efecto invernadero.

- Fuentes de combustión fija: Para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la combustión estacionaria, se utilizaron datos de consumo en litros de bunker, el consumo de diésel y gasolina.

En el caso del consumo eléctrico, en nuestro país ésta se produce mediante las siguientes formas: hidráulica, y térmica, de las cuales la primera es una energía renovable mientras que la térmica no, esta última se caracteriza por utilizar bunker y/o

diésel para su funcionamiento, lo que ocasiona emisiones de gases de efecto invernadero.

Es por ello que al consumir energía eléctrica se está produciendo emisiones de gases efecto invernadero pero en forma indirecta, es decir, se están generando en fuentes sobre las que no se tiene ningún control, ya que esta es administrada una entidad pública.

Para determinar la cantidad de esta fuente de emisión se utilizaron los registros de consumo eléctrico (kWh).

- Fuentes de combustión móviles: Para la estimación de las emisiones generadas por la flota vehicular, se utilizó el sistema integrado de transporte con que cuenta el departamento de logística de la empresa; donde se lleva el control de los registros de facturas en litros de compra de combustible (diésel o gasolina) por placa de vehículo.

El montacargas hace uso de dos combustibles, gasolina y GLP (gas licuado de petróleo), los registros fueron brindados por el Departamento de Compras. El método que se utiliza para la estimación de las emisiones producto de la combustión móvil correspondió a el del IPCC, 2006. Volumen dos, Capítulo tres, Nivel 1. Para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas (t) provenientes de la combustión de combustibles, se utilizará la siguiente fórmula:

$$ECO_2 = A * FE \quad (1)$$

Dónde:

- ECO<sub>2</sub>= emisiones CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)
- A= datos de actividad (litros/año; kWh/año)
- FE= factor de emisión (t CO<sub>2</sub> /litro; t CO<sub>2</sub>/kWh)

Para el caso de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, es necesario el valor del potencial del calentamiento global, el cual convierte el valor de emisión del gas a CO<sub>2</sub> equivalente<sup>2</sup>. Para CH<sub>4</sub> se utilizará el valor de 21 y para N<sub>2</sub>O el valor de 310. Anexo E.

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$ECO_2 e = A * FE * PCG \quad (2)$$

Dónde:

- ECO<sub>2</sub>e = emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (t CO<sub>2</sub>/año)
- PCG= potencial de calentamiento global

CO<sub>2</sub> equivalente es la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que causarían el mismo forzamiento radiactivo que la cantidad emitida de un gas de efecto invernadero bien mezclado, todo multiplicado con sus respectivos PCG para tener en cuenta los diferentes tiempos de permanencia en la atmósfera.

- Compensación de emisiones: La determinación de la cantidad de carbono que puede capturar la biomasa forestal, constituida esta por las ramas, hojas, troncos y raíces de los árboles; se puede llevar a cabo mediante plantaciones forestales y bosques naturales, los cuales son fijadores de carbono.

Para poder estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> que puede remover una plantación forestal, se debe tomar en cuenta que la tasa anual de fijación de carbono está relacionada directamente con las especies de árboles y su crecimiento.

La estimación de fijación que puede tener una especie se realizará utilizando la guía “Orientación sobre las buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura” del “IPCC”.

La determinación de la capacidad de remoción de CO<sub>2</sub> dependiendo de la especie, se hará en base a la siguiente fórmula:

$$RCO_2 = [(IMA * D * FEB) * (1 + R) * FC * X] \quad (3)$$

Dónde:

- $RCO_2$ : Remoción de  $CO_2$  (t/ha)
- IMA: incremento medio anual ( $m^3/ha/año$ )
- D: densidad de la madera ( $t/m^3$ )
- FEB: factor de expansión de biomasa, 1,5 (Sin dimensión. IPCC, 2003)
- R: relación raíz/parte aérea, 0,24 (Sin dimensión. IPCC, 2003)
- FC: fracción de carbono, 0,5 (Sin dimensión. IPCC, 2003)
- X: factor de conversión de C a  $CO_2$  ( $44/12=3.67$ )

La selección de las especies, se realizará de acuerdo a las recomendaciones hechas por el Ing. Javier Villalba de la Jefe de Ambiental de ADELCA C.A. Anexos F y G.

Tabla 17. Valores a utilizar para estimar la capacidad de almacenamiento de carbono por especie.

Especie arbórea		IMA ( $m^3/ha/año$ )	D( $t/m^3$ )
Nombre común	Nombre científico		
Eucalipto	Eucalyptus urograndis	(40 a 50)	(de 0,45 a 0,55)
Aliso	Alnus glutinosa	18	0, 530

Fuente: Autora

Luego se procederá a estimar la cantidad de emisiones que pueden ser fijadas en un área de terreno de acuerdo a la capacidad de remoción de  $CO_2$  que tiene la especie, esto mediante la siguiente fórmula:

$$EFCO_{2eq} = Ar * RCO_2 \quad (4)$$

Dónde:

- Ar: área a reforestar (ha)
- $EFCO_{2eq}$ : emisiones totales fijadas (t/año)
- $RCO_2$ : remoción de  $CO_2$  (t/ha)

#### **4.4 Aplicación de metodología de medición de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

**4.4.1** *Inventario de emisiones de GEI del área de Acería de la planta matriz ADELCA C.A.* La actividad que realiza Acería del Ecuador Adelca C.A. como empresa forma parte del sector metalúrgico de Ecuador, sector que aporta una gran cantidad de emisiones de GEI hacia la atmósfera.

Esto se debe principalmente a que, en los procesos que realiza la empresa, se consumen grandes cantidades de combustibles para que estos se puedan llevar a cabo. Siendo este uno de los principales causantes del calentamiento global.

#### **4.4.2 Consumo por emisiones directas de gases efecto invernadero**

**4.4.2.1** *Emisiones directas producidas por la producción de acero.* Detrás de la producción de la palanquilla existe un consumo de materiales y energía por lo que su huella también debe ser calculada. Para estimar la huella de carbono asociada a la producción se toma en cuenta las toneladas de palanquilla producidas por mes.

Figura 13. Fotografía de palanquilla



Fuente: Autora.

Figura 14. Fotografía de producción de palanquilla



Fuente: Autora.

Se detalla a continuación la producción por mes de palanquilla y los resultados obtenidos después de calcular el CO<sub>2</sub> y el tCO<sub>2</sub>e, en la siguiente tabla.

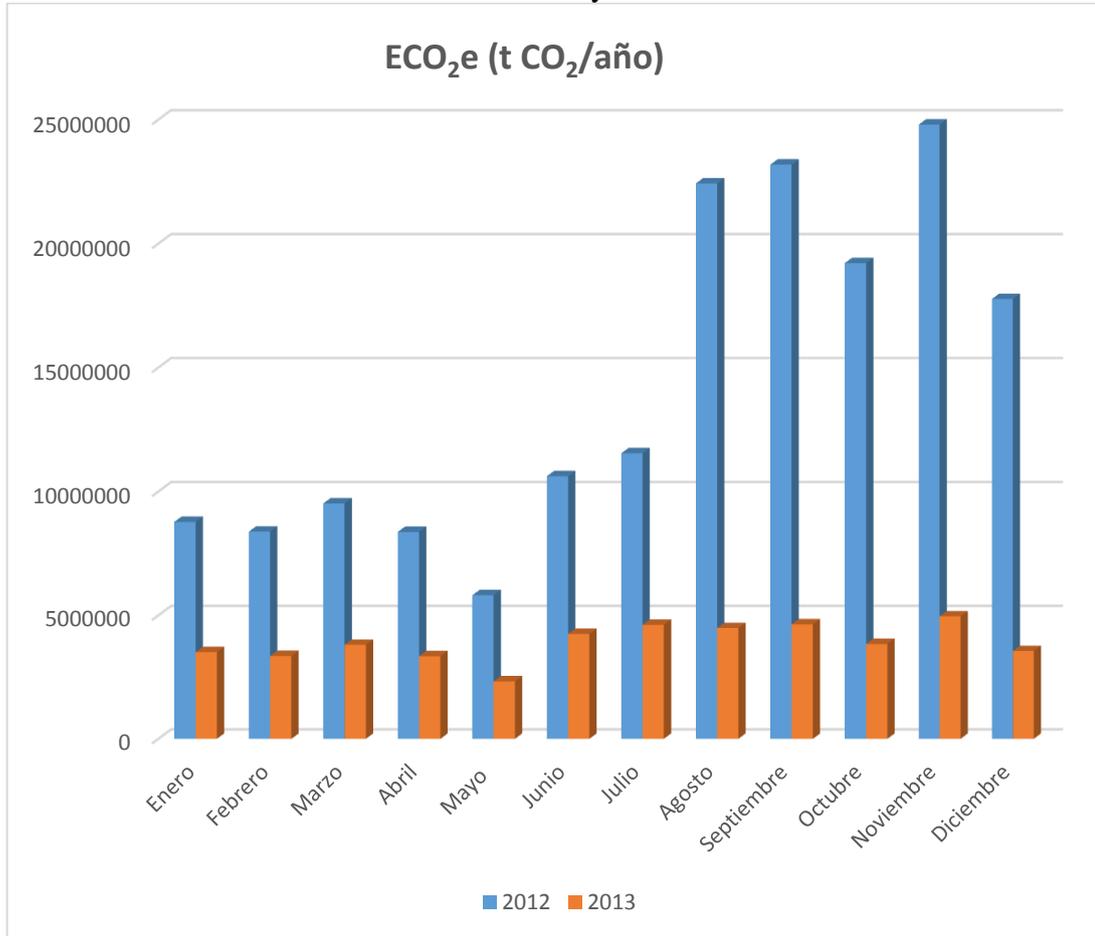
Tabla 18. Detalle por mes de producción de palanquilla y resultado de cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub>e en el año 2012 y 2013.

Meses	2012		2013	
	Detalle (Ton)	ECO <sub>2</sub> e (t CO <sub>2</sub> /año)	Detalle (Ton)	ECO <sub>2</sub> e (t CO <sub>2</sub> /año)
Enero	8773,5995	8773599,5	3509,4398	3509439,8
Febrero	8382,762	8382762	3353,1048	3353104,8
Marzo	9518,934	9518934	3807,5736	3807573,6
Abril	8369,6325	8369632,5	3347,853	3347853
Mayo	5815,9549	5815954,9	2326,38196	2326381,96
Junio	10615,62	10615620	4246,248	4246248
Julio	11545,2015	11545201,5	4618,0806	4618080,6
Agosto	22425,108	22425108	4485,0216	4485021,6
Septiembre	23184,35	23184350	4636,87	4636870
Octubre	19211,52	19211520	3842,304	3842304
Noviembre	24800,433	24800433	4960,0866	4960086,6
Diciembre	17766,87	17766870	3553,374	3553374
<b>Total</b>	<b>170409,985</b>	<b>170409985,4</b>	<b>46686,33796</b>	<b>46686337,96</b>

Fuente: Autora

En la tabla 18 se detalla la producción por mes tanto para el año 2012 como para el año 2013. Las emisiones debidas a la producción de palanquilla estimadas en base a las emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  de energía eléctrica generada a nivel de la acería.

Figura 15. Detalle de emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  causadas por la producción de palanquilla en el año 2012 y 2013



Fuente: Autora

En la Figura 15 se observa que en la producción presentó una cantidad de emisión total de  $\text{ECO}_{2e}$  es de 170409985,4 tCO<sub>2</sub>/año, y la variación de emisiones por mes es de 47,83 % para el año 2012, mientras que, la cantidad de emisión total de  $\text{ECO}_{2e}$  46686337,96 tCO<sub>2</sub>/año y su variación de emisión por mes es de 18,99 % para el año 2013, excepto en el mes de mayo del año 2012 esto se debe a la poca demanda de producción de palanquilla en la empresa, y un pare realizado por mantenimiento programado de los hornos, mientras que la producción de palanquilla en el año 2013 es casi uniforme.

En el mes de noviembre de 2012, el cual tuvo el punto más alto de emisión, hubo mayor demanda de productos lo que implica un mayor de materias primas, y electricidad, por lo que el consumo aumenta y se consigue las emisiones. Por el contrario, el mes de mayo de 2012 fue el que tuvo menores emisiones a la atmósfera ya que por el pare de los hornos por varios días la producción disminuyo. En promedio se genera en el año 2012 es de 14200832,12 tCO<sub>2e</sub> mensual, y el promedio que se genera en el año 2013 es de 3890528,163 tCO<sub>2e</sub> mensual. Se observa que el porcentaje de variación entre el año 2012 y 2013 es de 23,5%.

Sin embargo, esta producción puede verse afectada por otro factor, falta de materia prima, mantenimiento de la maquinaria o pare intempestivo del área de acería, lo que implica que el consumo de materia prima y energía varíen provocando que las emisiones se modifiquen por lapsos en el año evidenciando así esa fluctuación en el gráfico.

#### **4.4.2.2** *Emisiones directas producidas por consumo de GLP en el área de acería*

El GLP es utilizado para el calentamiento de las cucharas y del tundish, para que llegue a tener una temperatura aproximada de 1540°C a 1555°C. Para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> tomamos datos por mes de consumo de GLP.

Figura 16. Fotografía de cucharas y tundish



Fuente: Autora

Figura 17. Fotografía tundish



Fuente: Autora

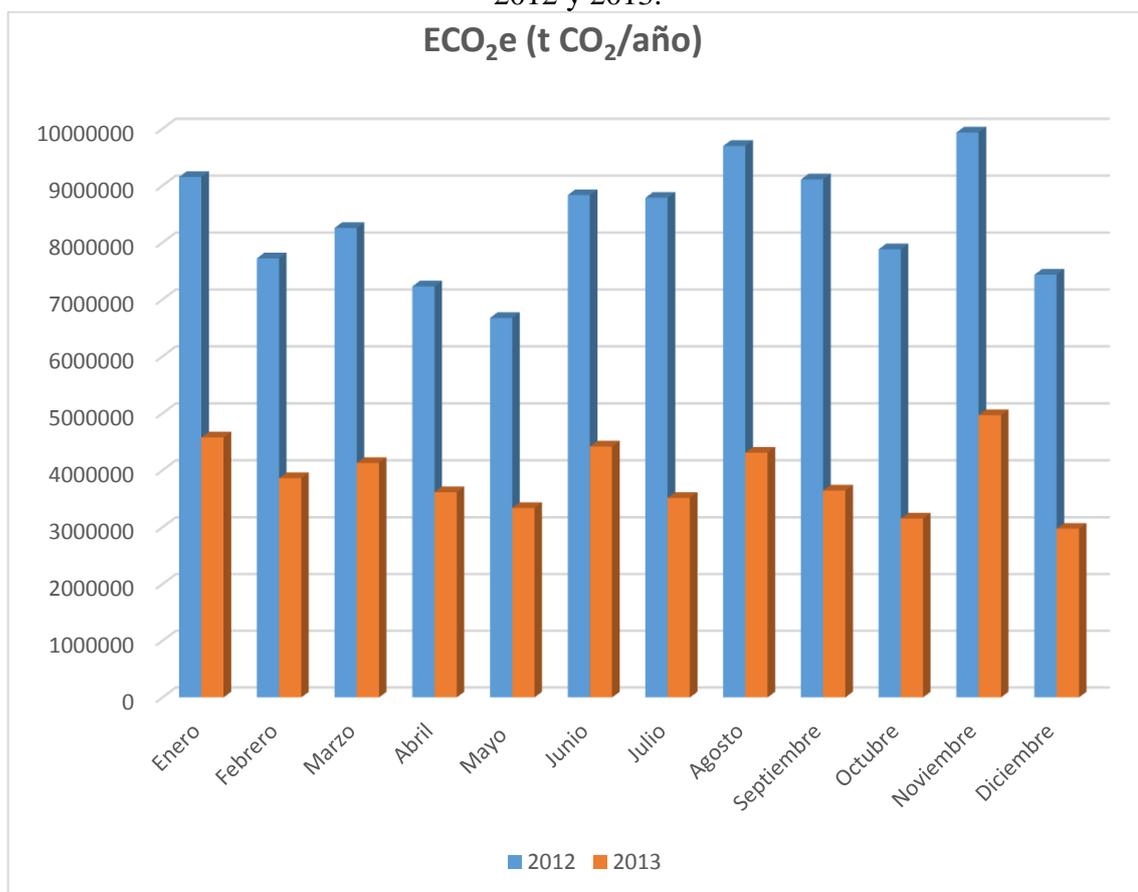
Se detalla a continuación el consumo de GLP por mes y los resultados obtenidos después de calcular las emisiones tCO<sub>2</sub>e, en la tabla 19.

Tabla 19. Detalle por mes de consumo de GLP y resultado de cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub>e en el año 2012 y 2013.

Meses	2012		2013	
	Detalle (m <sup>3</sup> )	ECO <sub>2</sub> e (t CO <sub>2</sub> /año))	Detalle (m <sup>3</sup> )	ECO <sub>2</sub> e (t CO <sub>2</sub> /año)
Enero	9236,77	9152109,096	4618,385	4576054,548
Febrero	7795,07	7723623,198	3897,535	3861811,599
Marzo	8334	8257613,56	4167	4128806,78
Abril	7295,34	7228473,543	3647,67	3614236,772
Mayo	6738,75	6676985,046	3369,375	3338492,523
Junio	8915,49	8833773,832	4457,745	4416886,916
Julio	8869,16	8787868,476	3547,664	3515147,391
Agosto	9786,675	9696973,865	4349,63333	4309766,162
Septiembre	9191,8195	9107570,596	3676,7278	3643028,238
Octubre	7954,9955	7882082,879	3181,9982	3152833,151
Noviembre	10025,35	9933461,256	5012,675	4966730,628
Diciembre	7503,3825	7434609,201	3001,353	2973843,68
<b>Total</b>	<b>101646,803</b>	<b>100715144,5</b>	<b>46927,7613</b>	<b>46497638,39</b>

Fuente: Autora

Figura 18. Detalle de emisiones de ECO<sub>2</sub>e causadas por el consumo de GLP en el año 2012 y 2013.



Fuente: Autor

En la Figura 18 se observa que el consumo de GLP en la acería de la planta Adelca C.A. presentó una cantidad de emisión total de ECO<sub>2</sub>e de 100715144,5 tCO<sub>2</sub>/año, la variación de emisiones es de 12 % por mes en el año 2012, mientras que para el año 2013 se presentó una cantidad de emisión total de ECO<sub>2</sub>e de 46497638,39 tCO<sub>2</sub>/año y las variaciones de emisiones es de 16% por mes en el año.

El mes de noviembre de 2012 y 2013, son los puntos más altos de emisión, sin embargo no hay mayor variación en el uso de GLP durante el proceso para los dos años calculados. Por el contrario, el mes de mayo de 2012 al igual que en las emisiones de la producción debido al pare del horno, las emisiones disminuyeron.

En promedio se genera 8392928,71 tCO<sub>2</sub> mensual en el año 2012, mientras que el promedio de emisiones que se genera por mes en el año 2013 es de 3874803,2 tCO<sub>2</sub>. La variación que existe de año a año es de 46,16%. Sin embargo pueden existir

variaciones mayores por mes y este factor puede cambiar lo que implica una variación de las emisiones y por lo tanto cambia el gráfico.

**4.4.2.3** *Emisiones directas producidas por consumo de diésel y gasolina en el área de acería por montacargas, maquinarias especiales y excavadoras de chatarra (maquinas Fuchs).* El diésel y la gasolina son utilizados para la maquinaria que descarga la chatarra (máquinas Fuchs; excavadora para chatarra), los montacargas y la maquinaria especial que se encuentran en el área de acería.

Para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> tomamos datos por mes de consumo de diésel y gasolina.

Figura 19. Fotografía de excavadora para chatarra (máquinas Fuchs)



Fuente: Autora

Figura 20. Fotografía de excavadora



Fuente: Autora

Figura 21. Fotografía de montacargas



Fuente: Autora

Se detalla a continuación el consumo de diésel y gasolina por mes en los años 2012 - 2013, y los resultados obtenidos después de calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>e, en la siguiente tabla 20.

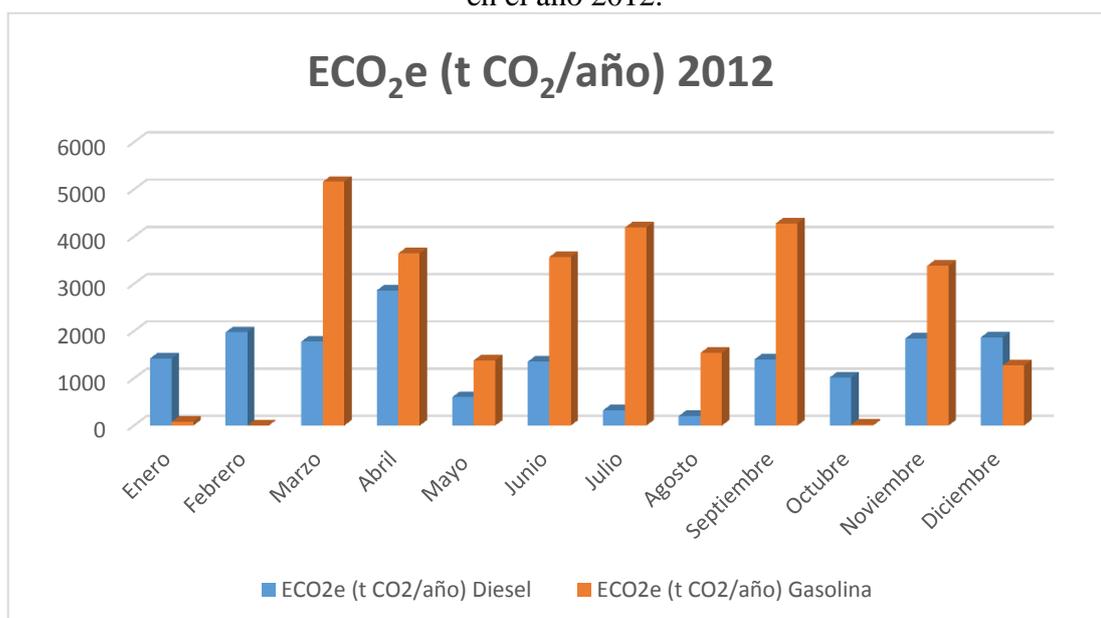
Tabla 20. Detalle de resultado de cálculos de emisiones de CO<sub>2e</sub> por consumo de diésel y gasolina en el año 2012 y 2013.

Meses	2012		2013	
	ECO <sub>2e</sub> (t CO <sub>2</sub> /año)		ECO <sub>2e</sub> (t CO <sub>2</sub> /año)	
	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina
Enero	1423	79	284,61	15,80
Febrero	1976	0	395,26	737,03
Marzo	1776	5159	221,97	737,03
Abril	2860	3644	317,79	520,63
Mayo	600	1380	66,71	197,15
Junio	1352	3568	150,21	509,77
Julio	325	4190	64,96	598,62
Agosto	202	1536	33,59	219,48
Septiembre	1398	4281	174,70	611,64
Octubre	1020	24	127,49	11,82
Noviembre	1845	3380	205,00	422,49
Diciembre	1868	1270	207,59	181,37
<b>Total</b>	<b>16645</b>	<b>28512</b>	<b>2250</b>	<b>4763</b>

Fuente: Autora

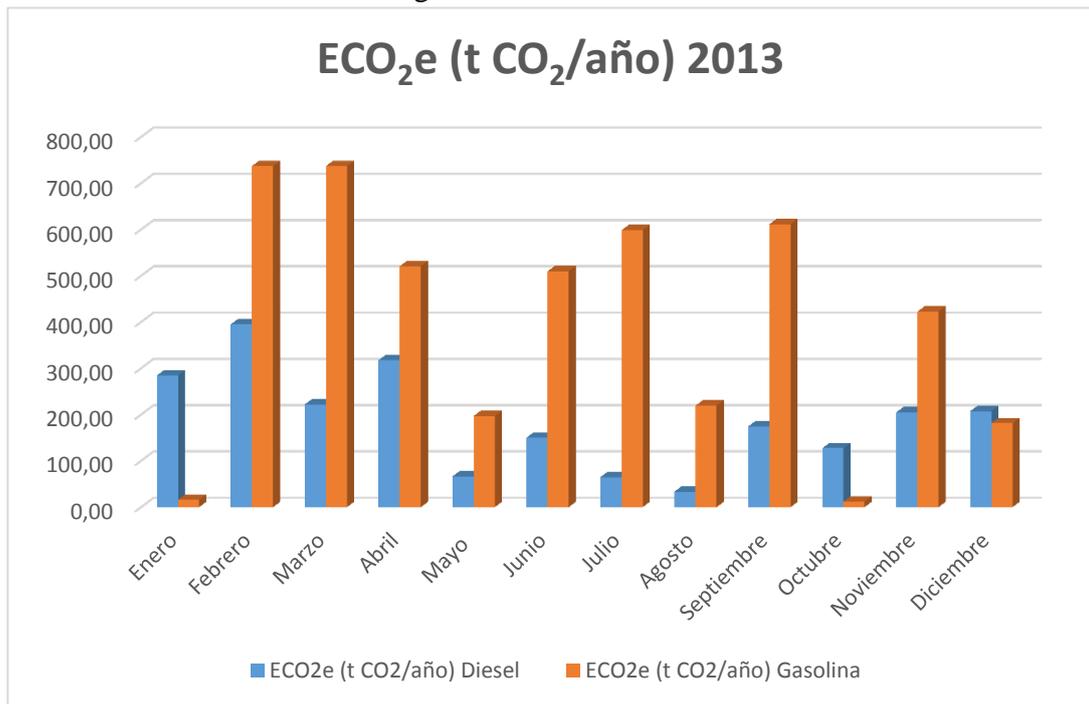
Las emisiones debidas al consumo de diésel y gasolina estimadas en base a las emisiones de ECO<sub>2e</sub> de energía eléctrica generada a nivel de la Acería se muestran en la Figura 22 y en la Figura 23.

Figura 22. Detalle de emisiones de ECO<sub>2e</sub> causadas por el consumo de diésel y gasolina en el año 2012.



Fuente: Autora

Figura 23. Detalle de emisiones de ECO<sub>2</sub>e causadas por el consumo de diésel y gasolina en el año 2013.



Fuente: Autora

En la Figura 22 y Figura 23 se observa que el combustible gasolina presentó una cantidad de emisión mayor en relación con el combustible diésel durante todos los meses del año 2012 y 2013, en promedio por mes en el año 2012 es de 78,31%, y el promedio por mes en el año 2013 es de 66,14% , que corresponde a emisiones producto de la combustión de gasolina, mientras que el 54,99% para el año 2012 y el 57,96% para el año 2013, corresponden a emisiones de la combustión de diésel. Esto se debe al consumo realizado por 5 excavadoras de chatarra y 3 montacargas (2 en bodega y 1 en la planta de polvos).

Las emisiones debidas al consumo de gasolina y al diésel por los montacargas y las excavadoras de chatarra muestran que no son constantes durante los 12 meses del año.

Esto se debe a que el departamento de bodega y la planta de polvos tienen asignados un presupuesto establecido por mes por el departamento de bienes y servicios, el cual se basa en la cantidad de los montacargas y de las excavadoras de chatarra y las necesidades de servicios o demanda de trabajo. Pero este presupuesto no indica que se gasta proporcionalmente todos los meses, sino que varía de acuerdo a la demanda de cada departamento.

Es por tal razón que el mes de marzo de 2012 y en los meses de febrero y marzo correspondientes al año 2013 presenta la mayor generación de emisiones en el año producidos por gasolina, y, en los meses de abril de 2012 y febrero 2013 representan la mayor generación de emisiones en el año producido por diésel.

Mientras que enero, febrero y octubre de 2012 y los meses de enero y octubre de 2013 son los más bajos en emisión de gasolina, los meses de mayo, julio y agosto de 2012 y 2013 son los meses más bajos en emisiones de diésel, ya que el uso de montacargas y de las extractoras de chatarra fue menor.

En la tabla 21. se detalla el total de las emisiones de CO<sub>2e</sub> producidas por consumo de diésel y gasolina en el área de acería debido al uso de montacargas y excavadoras de chatarra (máquinas Fuchs), en el año 2012 y 2013.

Tabla 21. Emisiones totales de CO<sub>2e</sub> producidas por consumo de diésel y gasolina en el área de acería, en el año 2012 y 2013.

<b>Total emisiones ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>		
<b>Combustible</b>	<b>ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año) 2012</b>	<b>ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año) 2013</b>
Diésel	16645	2250
Gasolina	28512	4763
<b>Total</b>	<b>45157</b>	<b>7013</b>

Fuente: Autora

Es importante tomar en cuenta que el factor de emisión del combustible diésel para el gas CO<sub>2</sub> es mayor que para la gasolina, sin embargo esto no implica que se den emisiones mayores en la combustión del diésel.

#### **4.4.3** *Consumo por emisiones indirectas de gases efecto invernadero*

**4.4.3.1** *Emisiones indirectas producidas por la electricidad que se consume en el área de la Acería* . El suministro eléctrico del área de Acería proviene de la empresa eléctrica Quito S.A. la cual suministra la mayor capacidad eléctrica al plantel mediante la contabilización de un medidor.

El consumo eléctrico en la planta es generado debido a dos fuentes: la administrativa que incluye las áreas de oficinas de acería; y la operativa que incluye desde motores, bombas y equipos eléctricos. Para poder realizar la determinación de emisiones por el consumo de electricidad en el área de Acería utilizamos la fórmula 1 y 2 para el cálculo de la huella de carbono.

Figura 24. Fotografía de iluminación en el área de acería



Fuente: Autora

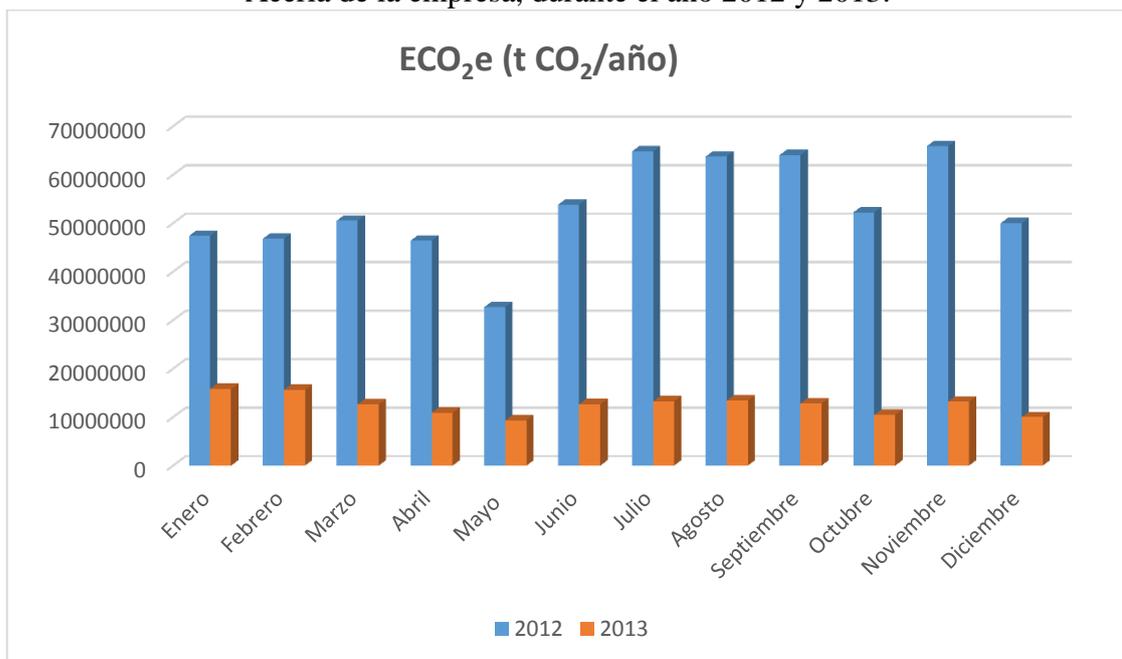
Tabla 22. Detalle por mes de consumo eléctrico en el área de la Acería, resultado de cálculos de emisiones de CO<sub>2e</sub> en el año 2012 y 2013.

Meses	2012		2013	
	Detalle (kw)	ECO <sub>2e</sub> (t CO <sub>2</sub> /año)	Detalle (kw)	ECO <sub>2e</sub> (t CO <sub>2</sub> /año)
Enero	492610,3	47372213,46	164203,433	15790737,82
Febrero	486563,5	46790718,71	162187,833	15596906,24
Marzo	525280,65	50513980,48	131320,163	12628495,12
Abril	482226,2	46373619,23	113464,988	10911439,82
Mayo	339972,4	32693683,23	97134,9714	9341052,351
Junio	559589,5	53813314,99	131668,118	12661956,47
Julio	673816,55	64798039,01	137513,582	13224089,59
Agosto	662772,95	63736023,51	139531,147	13418110,21
Septiembre	665730,15	64020404,71	133146,03	12804080,94
Octubre	542810,55	52199755,55	108562,11	10439951,11
Noviembre	685136,45	65886625,1	137027,29	13177325,02
Diciembre	519706,9	49977976,92	103941,38	9995595,383
<b>Total</b>	<b>6636216,1</b>	<b>638176354,9</b>	<b>1559701,05</b>	<b>149989740,1</b>

Fuente: Autora

Las emisiones debidas al consumo eléctrico del año 2012 y 2013 estimadas en base a las emisiones de ECO<sub>2e</sub> de energía eléctrica generada a nivel de la Acería se muestran en la Figura 25.

Figura 25. Detalle de emisiones de ECO<sub>2e</sub> procedente del consumo de electricidad en la Acería de la empresa, durante el año 2012 y 2013.



Fuente: Autora

La Figura 25 muestra una tendencia variable en los valores de emisiones, las cuales son producto del consumo eléctrico que se da dentro del área de la acería. Sin embargo, esa tendencia de variación no supera el 18,7% de CO<sub>2</sub>e de un mes al otro en el año 2012 y no supera los 16,03% de CO<sub>2</sub>e de un mes al otro en el año 2013. Esa pequeña variación entre los meses es debida a las variaciones del consumo eléctrico de los diversos aparatos que requieren de la electricidad para su funcionamiento, los cuales no mantienen un consumo constante.

Asimismo, este consumo se ve interferido por la demanda de palanquilla que tenga la empresa, ya que el consumo de energía sería mayor por el aumento del tiempo de trabajo, esto produce que el mes de noviembre de 2012, sea el punto mayor dentro de esta fuente, mientras que mayo de 2012, el de menor emisión puesto que la demanda de palanquilla fue baja en comparación con los otros meses.

Se observa que en el año 2013 el consumo de energía es menor a la del año 2012, esto se debe a la concientización del personal y al cambio de varios equipos dentro del área de la acería.

#### **4.4.4** *Consumo por otras emisiones indirectas de gases efecto invernadero*

##### **4.4.4.1** *Emisiones indirectas producidas el consumo de agua en el área de la Acería.*

Los usos más frecuentes del agua en la industria metalúrgica son como refrigerantes y en los sistemas de despojamiento de gases.

Las técnicas de reciclaje y reutilización son medidas integradas al proceso. El reciclaje se refiere a la recirculación del líquido al proceso donde ha sido generado; la reutilización de un efluente significa la recirculación de una fuente de agua para otro propósito. Por otra parte, para todas las operaciones siderúrgicas, las emisiones aéreas se minimizan cubriendo y sellando las unidades de operación, tales como hornos, edificios, procesos y áreas de almacenamiento; también se logra con programas regulares de mantenimiento preventivo.

El impacto ambiental causado por el uso de agua se da con la descarga de agua contaminada proveniente de la descontaminación de materiales, el enfriamiento y procesos húmedos de despojamiento. Una vez que la planta está en funcionamiento, el consumo de agua será comparable con el consumo de una propiedad agrícola de dieciocho hectáreas. Adelca cuenta con sus propios pozos y planta de tratamiento de agua, suficientes para abastecer la demanda actual y futura de la planta. Cabe decir que el consumo total de agua en la planta matriz de Adelca C.A. no ha variado en estos dos años.

Tabla 23. Consumo total de agua en la planta matriz de Adelca, ubicada en la parroquia de Alóag, Cantón Mejida.

<b>Consumo total de agua en la planta</b>		
<b>Consumo máximo en operación</b>	<b>Litro / Segundo</b>	<b>Litro / Segundo</b>
Consumo fabrica actual (lo que tenemos ahora)	7	6
Consumo planta de fundición (con proyecto) (1)	8	9
Consumo de planta de oxígeno	1	2
<b>Total consumo</b>	<b>16</b>	<b>17</b>

Fuente: ADELCA C.A. (2013). Informe de consumo total de agua 2012 - 2013 planta matriz, pag. 2.

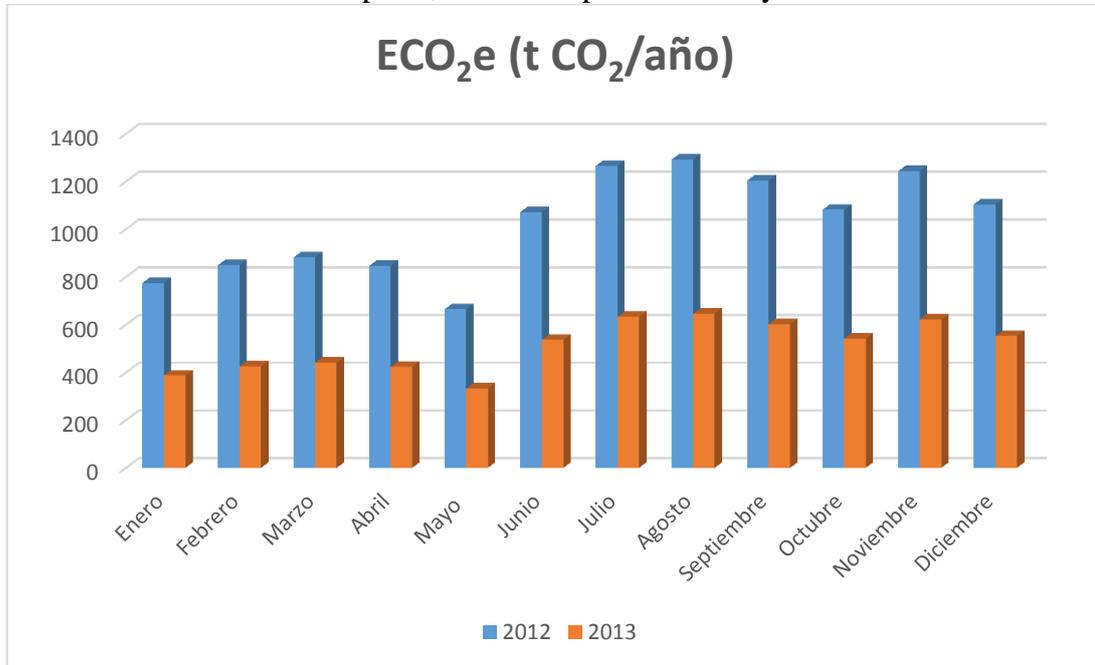
Tabla 24. Detalle por mes de consumo de agua en el área de la Acería, resultado de cálculos de emisiones de CO<sub>2e</sub> en el año 2012 y 2013.

<b>Meses</b>	<b>2012</b>		<b>2013</b>	
	<b>Detalle (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ECO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>	<b>Detalle (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ECO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>
Enero	2276	773,84	1138	386,92
Febrero	2497,8	849,252	1248,9	424,626
Marzo	2591,8	881,212	1295,9	440,606
Abril	2488,6	846,124	1244,3	423,062
Mayo	1954	664,36	977	332,18
Junio	3151,4	1071,476	1575,7	535,738
Julio	3721,7	1265,378	1860,85	632,689
Agosto	3797,6	1291,184	1898,8	645,592
Septiembre	3538	1202,92	1769	601,46
Octubre	3180,6	1081,404	1590,3	540,702
Noviembre	3655,7	1242,938	1827,85	621,469
Diciembre	3247,7	1104,218	1623,85	552,109
<b>Total</b>	<b>36100,9</b>	<b>12274,306</b>	<b>18050,45</b>	<b>6137,153</b>

Fuente: Autora

Las emisiones debidas al uso de agua en el año 2012 y 2013 estimadas en base a las emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  en el área de la acería se muestran en la siguiente figura.

Figura 26. Detalle de emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  procedente del consumo de agua en la acería de la empresa, durante el periodo 2012 y 2013.



Fuente: Autora

La Figura 26 no revela una tendencia variable en los valores de emisiones, las cuales son producto del consumo de agua en el año 2012 y 2013, al ser usado como refrigerante y en el sistema de despojo de gases dentro del área de la acería. Sin embargo, esa tendencia de variación no supera el 21 % de  $\text{CO}_{2e}$  de un mes al otro en los dos años. En promedio que se genera es de 1023  $\text{tCO}_2$  mensual en el año 2012, mientras el promedio de emisiones mensual es de 511  $\text{tCO}_2$  en el año 2013. Sin embargo pueden existir variaciones mayores por mes y este factor puede cambiar lo que implica una variación de las emisiones y por lo tanto cambia el gráfico.

**4.4.4.2 Emisiones indirectas causadas por desechos sólidos y líquidos producidos en el área de Acería.** La producción de palanquilla provoca grandes cantidades de desechos sólidos, como escoria de horno, desechos contaminados, fundas cartones, etc. La recolección de polvo en el alto horno, produce desechos que, en teoría, pueden ser parcialmente reciclados. Esta área también produce desechos líquidos, o desperdicios químicos que pueden ser potencialmente peligrosos, y que son manejados por el área de

desechos que se encuentra en la acería, estos desechos deben ser manejados, almacenados y eliminados de acuerdo al documento de procedimiento y manejo de residuos de peligrosos, emitido por el jefe de control ambiental de la empresa.

Algunos de los subproductos que se recuperan son peligrosos o carcinogénicos, y se debe tomar las medidas adecuadas para recolectar, almacenar y despachar estos productos. El principal residuo que se genera por la fundición de chatarra es la escoria, el cual es un residuo no peligroso, sin embargo se estima que se genera aproximadamente diez mil toneladas de escoria, que serán vendidas a fábricas de cemento y se usaran como materia prima alternativa y a menor costo, eliminando de esa manera contaminación por escoria siderúrgica.

Otro residuo que se extrae del área de acería son los polvos de la acería, el mismo que genera alrededor de mil toneladas anuales de este residuo, este producto también será entregado a empresas cementeras y su disposición y transporte se hará en recipientes especiales con empresas destinadas a esta actividad. Es necesario monitorear las fugas de líquidos y gases. El monitoreo dentro de la empresa se realiza de forma periódica, cada inspección y retiro de desechos tanto sólidos como líquidos se realizan bajo las normativas vigentes y dentro de los procedimientos ambientales emitidos por el área de seguridad industrial y ambiental de la empresa.

Figura 27. Fotografía de material refractario de hornos



Fuente: Autora

Figura 28. Fotografía de escoria y acero de hornos



Fuente: Autora

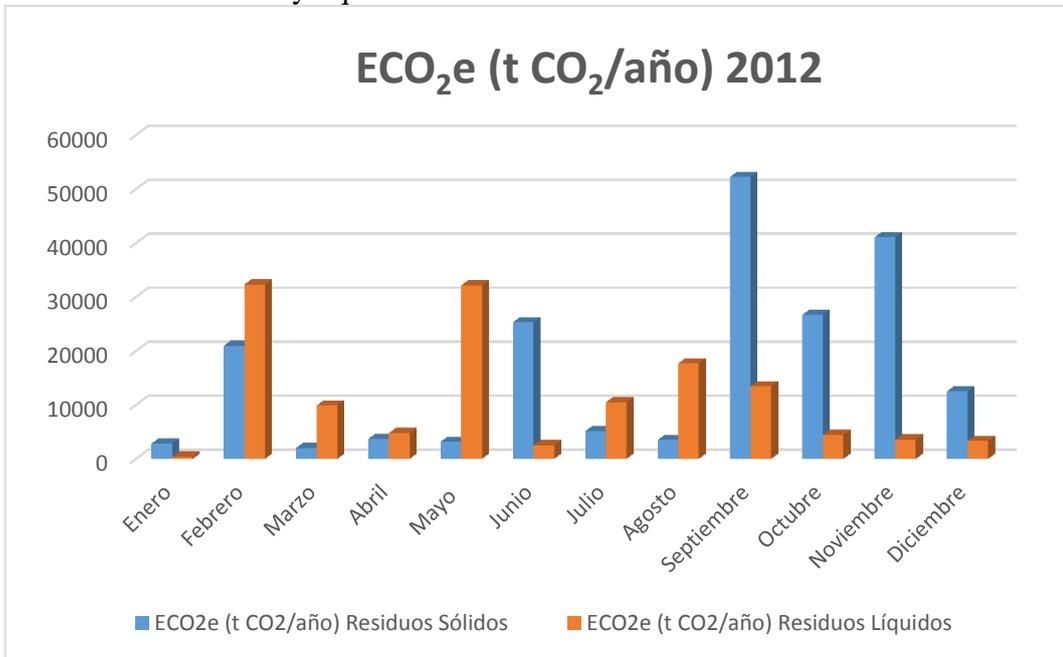
Tabla 25. Detalle de resultado de cálculos de emisiones de CO<sub>2e</sub> producidos por desechos sólidos y líquidos del área de Acería en el año 2012 y 2013.

Meses	2012		2013	
	Residuos sólidos	Residuos líquidos	Residuos sólidos	Residuos líquidos
Enero	2829	399	1414	200
Febrero	20952	32314	10476	16157
Marzo	2026	9898	1013	4949
Abril	3701	4794	1851	2397
Mayo	3163	32159	1582	16079
Junio	25305	2549	12652	1274
Julio	5142	10476	2571	5238
Agosto	3494	17689	1747	8844
Septiembre	52232	13427	17411	6714
Octubre	26692	4439	13346	2219
Noviembre	41072	3573	20536	1787
Diciembre	12511	3324	6255	1662
<b>Total</b>	<b>199120</b>	<b>135041</b>	<b>90855</b>	<b>67520</b>

Fuente: Autora

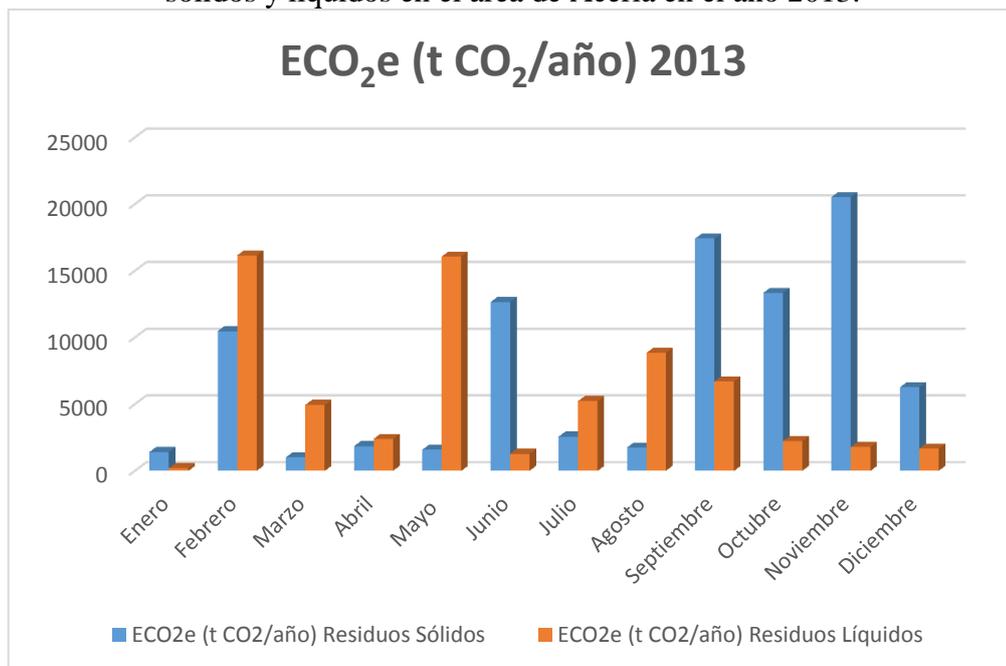
Las emisiones producidas por desechos sólidos y líquidos del área de Acería de los años 2012 y 2013, son estimadas en base a las emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  se muestran en las siguientes figuras.

Figura 29. Detalle de emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  causadas por la producción de desechos sólidos y líquidos en el área de Acería en el año 2012.



Fuente: Autora

Figura 30. Detalle de emisiones de  $\text{ECO}_{2e}$  causadas por la producción de desechos sólidos y líquidos en el área de Acería en el año 2013.



Fuente: Autora

En la Figura 29 y Figura 30 se observa que los desechos de residuos sólidos presentaron una cantidad de emisión mayor en relación con el desecho de residuos líquidos.

En promedio de la variación por mes el 98 % en el año 2012 y 2013 corresponde a emisiones producto de los residuos líquidos del área de Acería, mientras que la variación por mes correspondiente a emisiones producto de residuos sólidos es de un 99% y 92% correspondientes a los años 2012 y 2013 respectivamente.

Esto se debe a la producción de escoria y desechos sólidos del área de bodega, como cartón, fundas, etc.

Las emisiones producidas por los residuos sólidos y líquidos no son constantes durante los 12 meses del año.

Es por tal razón que el mes de septiembre y noviembre de los años 2012 y 2013 calculados presentan la mayor generación de emisiones en el año producidos por residuos sólidos de la acería, y el mes de febrero y junio de 2012 y febrero y mayo de 2013 representa la mayor generación de emisiones en el año producido por residuos líquidos.

Mientras que enero, marzo, abril, y mayo de 2012 y marzo y agosto de 2013, son los más bajos en emisiones producidas por residuos sólidos, mientras que enero y julio de 2012 y enero y junio de 2013 son los meses más bajos en emisiones producidas por residuos líquidos.

Tabla 26. Emisiones totales de CO<sub>2</sub>e producidas por residuos sólidos y líquidos en el área de Acería en el año 2012 y 2013.

<b>Total emisiones ECO<sub>2</sub>e (t CO<sub>2</sub>/año)</b>		
<b>Combustible</b>	<b>ECO<sub>2</sub>e (t CO<sub>2</sub>/año)</b>	<b>ECO<sub>2</sub>e (t CO<sub>2</sub>/año)</b>
	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Residuos Sólidos	199120	90855
Residuos Líquidos	135041	67520
<b>Total</b>	<b>334161</b>	<b>158375</b>

Fuente: Autora

Es importante tomar en cuenta que no existe un factor de emisión para transformaciones de residuos sólidos y líquidos, en Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O).

#### **4.5 Emisiones totales de GEI emitidas en el área de Acería de la planta ADELCA C.A.**

Hasta este momento se han analizado en forma particular cada una de las fuentes emisoras de gases efecto invernadero identificadas en el área de acería.

Con base a los resultados obtenidos se detalla la relación que existe entre cada una de las emisiones de cada fuente y cómo influye cada una de dichas fuentes en el total de las emisiones producidas por el área de acería en la planta matriz de la empresa Adelca C.A.

La Figura 31 y en la Figura 32 resumen las fuentes de emisión contabilizadas en el inventario de emisiones del área de acería de la empresa y su aporte en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en los años 2012 y 2013.

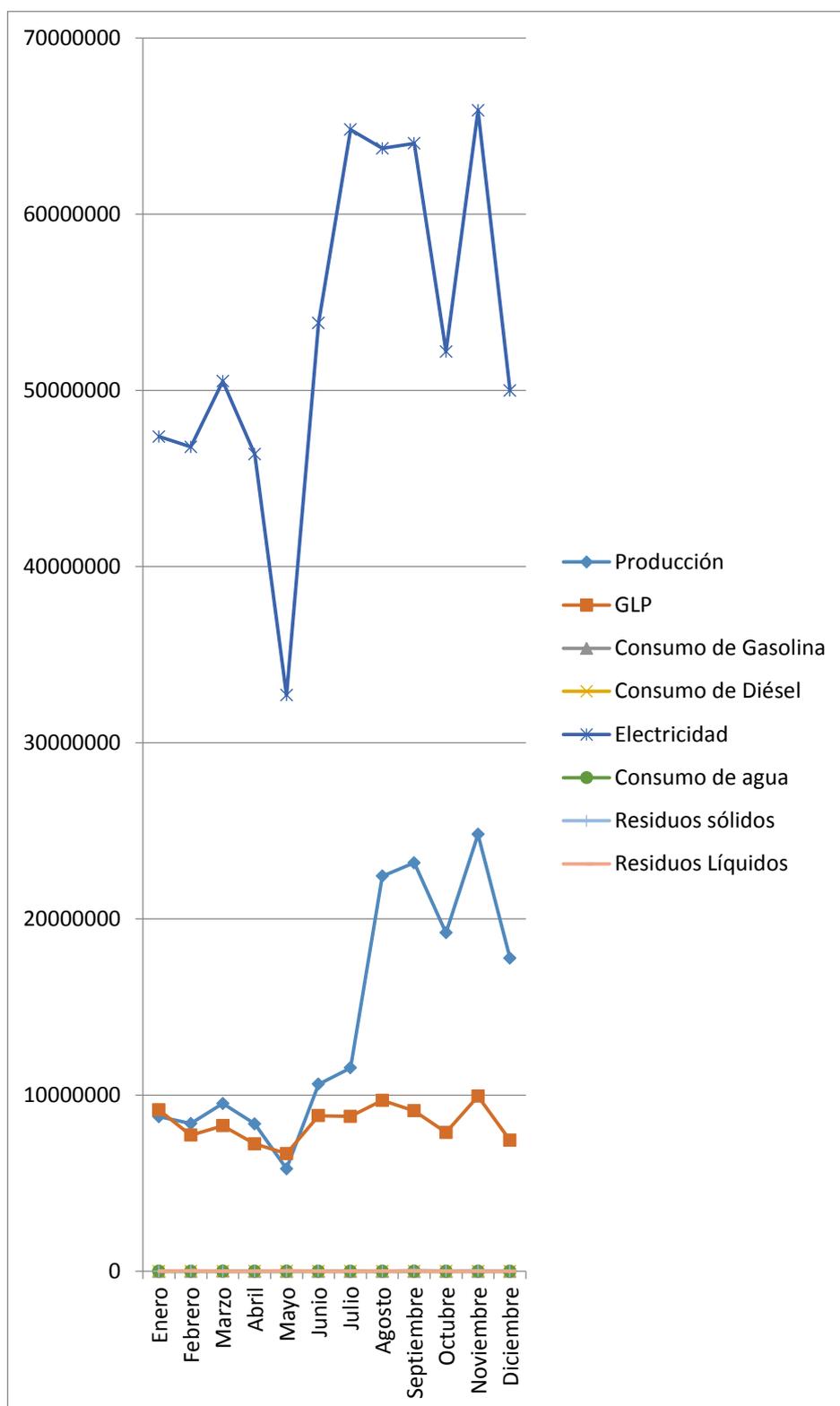
Se observa que la fuente de electricidad no tiene ninguna relación con el aporte de las demás fuentes; pero presenta las emisiones mayores a las emisiones totales emitidas en los años 2012 y 2013, ya que esta no interfiere en la tendencia de ninguna otra fuente.

Mientras que la línea de emisión de las otras fuentes se ven relacionadas entre sí o más cercanas entre sí.

No obstante, la fuente emisora de gas licuado de petróleo y producción aunque se encuentran más cercanas a las otras fuentes presenta emisiones no mayores a las de la fuente producida por electricidad pero tampoco interfiere con la tendencia de otras fuentes.

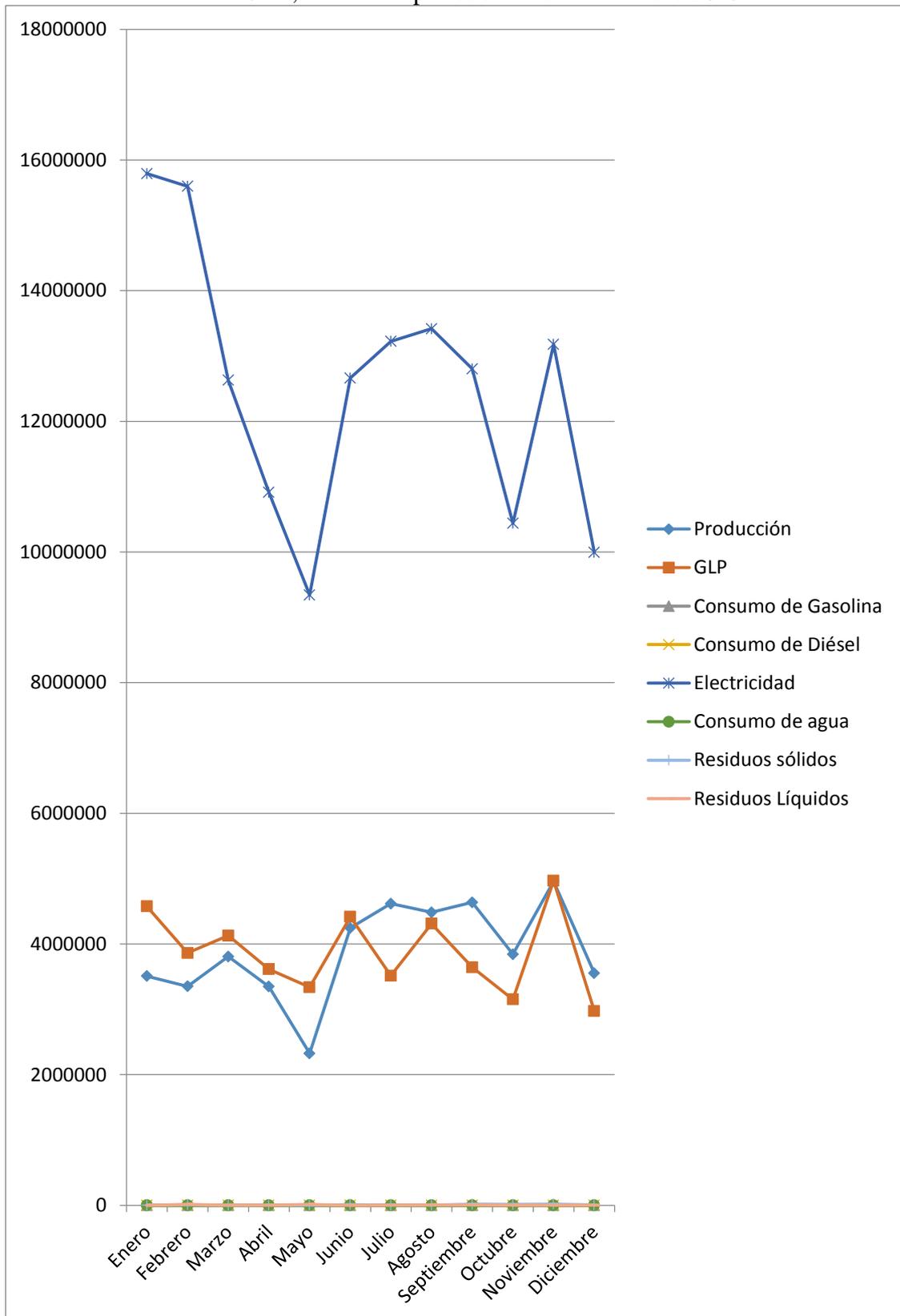
Las fuentes de residuos sólidos y líquidos, al igual que las fuentes de consumo de agua no tienen mayor incidencia en la emisión de gases efecto invernadero ya que su valor porcentual el menor al 1% en los dos años.

Figura 31. Emisiones de CO<sub>2e</sub> por fuente emitida por el área de Acería de la empresa Adelca C.A., durante el período enero – diciembre 2012.



Fuente: Autora

Figura 32. Emisiones de CO<sub>2</sub>e por fuente emitida por el área de Acería de la empresa Adelca C.A., durante el período enero – diciembre 2013.



Fuente: Autora

Tabla 27. Emisiones de CO<sub>2e</sub> por fuente generadora de GEI causadas en el área de Acería, en el año 2012.

<b>Fuente generadora de GEI</b>	<b>Cantidad emitida ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>	<b>% ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>
Producción	170409985	19
GLP	100715145	11
Consumo de Gasolina	28512	0,0031
Consumo de Diésel	16645	0,0018
Electricidad	638176355	70
Consumo de agua	12274	0,0013
Residuos sólidos	199120	0,0219
Residuos Líquidos	135041	0,015
<b>TOTAL</b>	<b>909693077,2</b>	<b>100</b>

Fuente: Autora

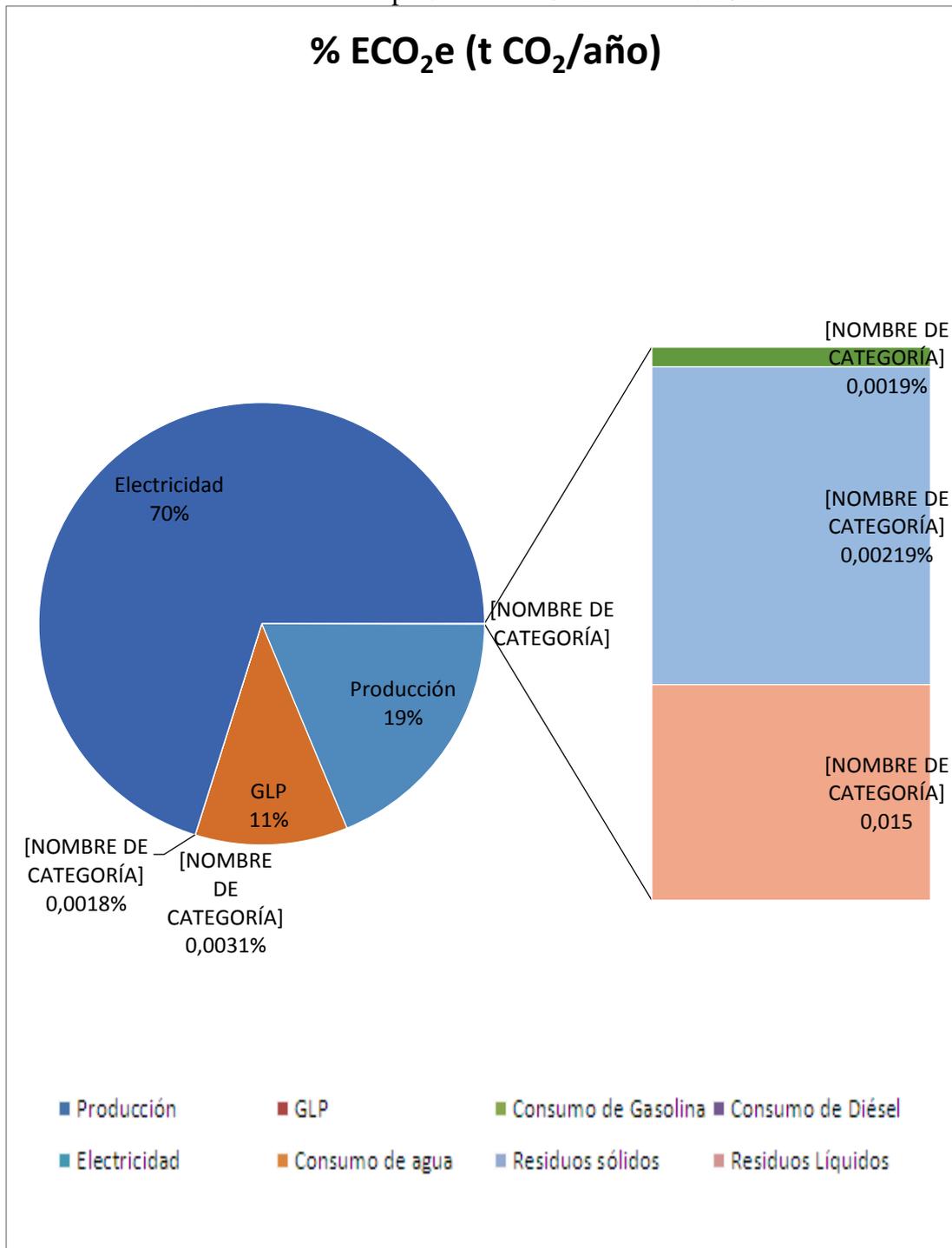
Tabla 28. Emisiones de CO<sub>2e</sub> por fuente generadora de GEI causadas en el área de Acería, en el año 2013.

<b>Fuente generadora de GEI</b>	<b>Cantidad emitida ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>	<b>% ECO<sub>2e</sub> (t CO<sub>2</sub>/año)</b>
Producción	46686338	19
GLP	46497638	19
Consumo de Gasolina	4763	0,0020
Consumo de Diésel	2550	0,0010
Electricidad	149989740,1	62
Consumo de agua	6137	0,0025
Residuos sólidos	90855	0,0373
Residuos Líquidos	67520	0,028
<b>TOTAL</b>	<b>243345541,5</b>	<b>100</b>

Fuente: Autora

El total de las emisiones estimadas dentro de los alcances establecidos, da como resultando la generación de aproximadamente 909693077,2 toneladas totales de CO<sub>2e</sub> para el área de acería, durante el periodo 2012 y como resultado de la generación de aproximadamente 243345541,5 toneladas totales de CO<sub>2e</sub> para el área de acería, durante el periodo 2013. El mayor aporte a este total de emisiones es causado por la fuente determinada por la electricidad, siguiendo como fuente de emisión el consumo de gas licuado de petróleo y la fuente generada por la producción en el año 2012 y 2013. Se detalla a continuación en porcentajes las emisiones totales por fuente emitida de gases.

Figura 33. Porcentaje (%) de emisiones totales de CO<sub>2</sub>e por fuente emitida por el área de acería de la empresa Adelca C.A. en el año 2012.

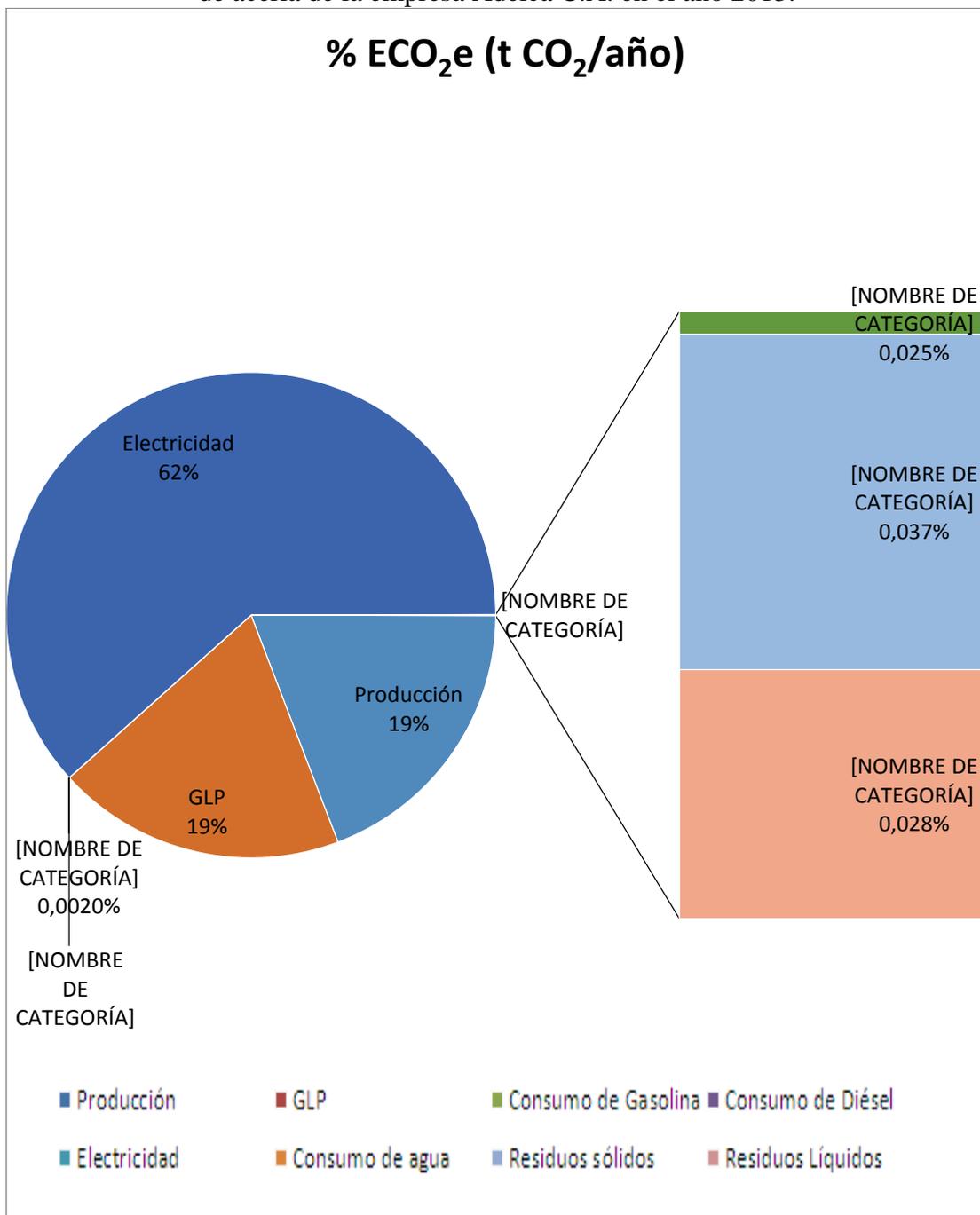


Fuente: Autora

De acuerdo a la Figura 33 el 70% aproximadamente del total de las emisiones generadas en el área de acería en el año 2012 corresponden a las emisiones producidas por el consumo de electricidad, en segundo lugar se encuentra las emisiones producidas

por la producción y en tercer lugar las emisiones producidas por gas licuado de petróleo.

Figura 34. Porcentaje (%) de emisiones totales de CO<sub>2</sub>e por fuente emitida por el área de acería de la empresa Adelca C.A. en el año 2013.



Fuente: Autor

De acuerdo a la Figura 34, el 62% aproximadamente del total de las emisiones generadas en el área de acería en el año 2013 corresponden a las emisiones producidas

por el consumo de electricidad, en segundo lugar se encuentra las emisiones producidas por la producción y gases efecto invernadero con 19%.

Mientras que en porcentajes mejores al 1% corresponden a las demás fuentes cuantificadas en el año 2012 y 2013. Por lo tanto, es importante trabajar en medidas de reducción para disminuir esas emisiones en las fuentes generadoras y compensar las emisiones sin posibilidad de reducción, para poder lograr así la carbono neutralidad.

#### **4.6 Propuesta de medidas de mitigación de emisiones**

Las diferentes especies, plantas y animales que conforman los ecosistemas que existen en el mundo, tomaron millones de años de evolución para llegar a un equilibrio en tanto a diversidad y abundancia, al existir un cambio climático las variables ambientales cambian esto produce una resolución temporal, lo cual en muchos casos va a ser más de lo que pueda la capacidad de adaptación resolver.

El IPCC, define la mitigación como “la intervención antropogénica para reducir las emisiones netas producidas por gases efecto invernadero mediante la reducción del uso de combustibles fósiles, la reducción de las emisiones provenientes de zonas terrestres mediante la conservación de grandes yacimientos dentro de los ecosistemas, y/o el aumento del régimen de recogida de carbono por parte de los ecosistemas” (IPCC, 2002).

Por lo tanto la mitigación implica modificar las actividades económicas y cotidianas de los individuos u empresas para lograr una disminución en las emisiones de gases efecto invernadero, con el fin de reducir o hacer menos intensos los efectos del cambio climático.

Las acciones de mitigación no implican un “dejar de usar”, sino que representan una oportunidad para introducir esquemas más racionales y sustentables en la producción y el consumo, cuyos beneficios se extiendan más allá de sus componentes climáticos.

Por lo que al realizarse un inventario de emisiones, se dan a conocer los datos sobre la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero que el área de acería de la empresa

produce en un periodo establecido. Es importante desarrollar estrategias para la gestión de los gases emitidos. El objetivo de esas estrategias es mitigar el efecto de esos gases, y poder alcanzar el carbono neutralidad.

Las estrategias de mitigación de emisiones que se proponen, para lograr que el área de acería sea carbono neutro para los años 2012 y 2013, son reducir en un porcentaje las emisiones que se generan en las fuentes de emisión y compensar las emisiones mediante la fijación de carbono en plantaciones forestales.

**4.6.1** *Acciones de reducción de emisiones producidas por el consumo de electricidad.* De manera inicial, se debe señalar que cualquier tipo de acción encaminado a la reducción del consumo de electricidad, provocará la disminución de emisiones, por lo tanto, se encuentra vinculados a los conceptos de una menor huella de carbono.

Se puede lograr la reducción de emisiones de gases por el consumo de electricidad disminuyendo el uso innecesario de artículos o equipos eléctricos. Muy pocas empresas tanto privadas como públicas prestan atención a determinadas prácticas que inciden en la reducción de la huella de carbono. Varias formas para evitar el consumo innecesario de electricidad y solucionar algunos problemas comunes son los siguientes:

**Iluminación:** Aprovechar la luz natural es uno de las maneras más eficientes para poder reducir el uso de luz eléctrica, en el caso de que sea necesario. Dentro de la empresa la mayor cantidad de emisiones fue producida por el consumo de electricidad que se genera a más del uso de equipos necesarios en la producción también al mantenimiento de la iluminación en áreas desocupadas durante periodos de tiempo largos, siendo recomendable evitar esta práctica.

Una manera de evitar el consumo innecesario de electricidad es colocar interruptores separados para encender las luces necesarias lo que contribuirá a un consumo menor de electricidad. Es también recomendable incentivar al personal que abandone en último lugar las instalaciones para que se encarguen del apagado de las luces, incluyendo los servicios de vigilancia, la inspección de lámparas y aparatos encendidos.

La instalación de sensores fotoeléctricos en el alumbrado exterior permite el apagado de la iluminación exterior con luz diurna, esto contribuirá con la reducción del consumo de electricidad y, por tanto, la huella de carbono. Se recomienda programar tareas de mantenimiento de la iluminación, de modo que se controle la limpieza y sustitución de las lámparas, una vez culmina el número de horas de funcionamiento establecido por el fabricante.

Como recomendación la sustitución progresiva de bombillas tradicionales por otras de bajo consumo como por ejemplo por lámparas halógenas que son más eficientes o la sustitución de bombillas incandescentes por tubos fluorescentes en las estancias en las que se necesite una mayor cantidad de luz son medidas adecuadas con un coste accesible y menor en la mayoría de los casos. Además de reducirse el consumo por bombilla, los dispositivos de bajo consumo tienen duración notablemente superior.

En el caso de la iluminación situada en exteriores se recomienda el uso de lámparas de sodio de baja presión, por ser las más eficientes considerando su ciclo de vida. Para aquellas actividades donde no se recomiende este tipo de lámparas, son recomendables las lámparas de haluro metálico.

La comparación de luminarias con el mismo control luminoso puede ofrecer diferencias relevantes en términos de eficacia luminosa.

Climatización: Al igual q en el caso anterior, frecuentemente se mantienen los equipos activos de aire acondicionado o calefacción en estancias desocupadas temporalmente. Como medida de reducción de consumo eléctrico desconectar los equipos es una manera muy útil.

La instalación de termostatos incide en un menor consumo eléctrico. En este caso, un aumento de un grado de la temperatura genera en torno a un 6% más de consumo eléctrico, siendo recomendable no superar la temperatura de 20°C. Tanto en el caso de los sistemas de aire acondicionado como en la calefacción, las temperaturas se deben adecuar al uso otorgado a cada espacio (zonas de paso, de trabajo, etc.).

En el caso de renovación de ventanas, los sistemas de doble ventana proporcionan ahorros de energía significativos, además de mejorar el aislamiento acústico de la infraestructura en cuestión. Permitir el paso de la luz solar manteniendo las persianas subidas y evitar que puertas y ventanas permanezcan abiertas innecesariamente posibilita la elevación de la temperatura de forma natural, lo que debe redundar en un menor consumo eléctrico y una menor huella de carbono.

Uso de PC's: Se debe evitar mantener encendido las computadoras durante periodos de ausencia prolongados del personal. Para pausas cortas, se es recomendable apagar la pantalla, pues este componente es el principal causante del consumo eléctrico de los computadores.

Incorporar aparatos de bajo consumo eléctrico: Existen diferentes distintivos que identifican a aquellos aparatos eficientes en el consumo de electricidad. La búsqueda de estos distintivos en el momento de compra posibilitará ahorros energéticos vinculados con su uso.

#### **4.7 Compensación de emisiones.**

Una de las estrategias utilizadas para mitigar las emisiones de GEI, es mediante la compensación de las emisiones. Esto se logra mediante la captura de CO<sub>2</sub> en sumideros, los cuales son capaces de fijar y almacenar carbono a través del crecimiento de los árboles en bosques en formación.

De acuerdo a la norma ISO 14064, los sumideros pueden definirse como la unidad o proceso físico natural o artificial que ayuda a la remoción de GEI de la atmosfera. Los principales sumideros o reservorios que se toman en cuenta en este estudio (unidad física de la biosfera, geósfera o la hidrosfera que almacena un GEI removido de la atmósfera) son los bosques, o plantaciones forestales las que permiten realizar una compensación de las emisiones.

Este proceso de fijación en la biomasa vegetal se realiza durante la fotosíntesis, en la cual la especie toma el carbono para su estructura y libera el oxígeno.

Esta tasa de fijación va a variar según aspectos característicos de la especie como el crecimiento, la edad, la zona climática, la cantidad de biomasa entre otros factores que determinan la captura anual de carbono de las especies de árboles en un área dada.

ADELCA C.A. como parte de este proceso de mitigación de emisiones, posee un área de terreno en la parroquia San Vicente, la cual tiene como propósito utilizarse en la compensación de las emisiones que genera la empresa. Por lo que como parte del estudio de cuantificación de las emisiones del área de Acería de su planta matriz, esta área de terreno al ser reforestada formara parte del proceso de fijación de emisiones de CO<sub>2</sub>e generadas en la Acería.

El terreno ubicado en la parroquia San Vicente, se localiza en el cantón Mejía. Sobre este terreno se coloca la chatarra proveniente de la región Costa del país. Tiene un área de alrededor 30 hectáreas. Actualmente el terreno se encuentra sin ninguna cobertura boscosa. Según la unidad ambiental de la empresa, este terreno se va a reforestar, pero también tiene como objetivo recolectar la chatarra proveniente de la región Costa del país, por lo que aparte de rescatar la vegetación del lugar, también va a funcionar como una zona de recolección de chatarra. Por lo que únicamente se va a reforestar 25 hectáreas de terreno.

Con ello, se determinaron ciertas especies de árboles posibles a sembrar en la zona de San Vicente, donde se encuentra localizado este terreno, para estimar la capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> y de acuerdo a esto mitigar las emisiones producidas en el área de Acería de la planta matriz de Adelca C.A. La selección de las especies se realizó tomando en cuenta factores como el clima, que sean de larga vida, rápido crecimiento, bajo mantenimiento, de ser posibles nativas y/o vías de extinción. Además, esta reforestación tiene como parámetros una densidad inicial de 3x3, suponiendo que se puedan sembrar 1000 árboles por hectárea de terreno.

La cantidad de CO<sub>2</sub> que pueden remover las especies seleccionadas según la estimación realizada se muestra a continuación:

Tabla 29. Cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado según especie.

<b>Especie arbórea</b>		<b>Remoción (t CO<sub>2</sub> /ha/año)</b>
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	
Eucalipto	Eucalyptus urograndis	93,86
Aliso	Alnus glutinosa	32,56

Fuente: Autora

La tabla 29, muestra que la especie de mayor capacidad de remoción según la estimación hecha es el Eucalyptus urograndis (Eucalipto), siendo el incremento medio anual, el factor que más influye para que la fijación sea mayor en comparación con las otra especie. Por otro lado, la especie Alnus glutinosa (Aliso), presenta la menor capacidad de fijación de CO<sub>2</sub>, puesto que el valor del incremento medio anual es el más bajo.

Al presentar un incremento medio anual mayor se relaciona con que su capacidad de acumular carbono es alta, esa tasa de fijación de carbono se ve reflejado por unidad de área y de tiempo en la plantación forestal de la especie.

Según la estimación anterior, en cuanto al almacenamiento de CO<sub>2</sub> que tienen las diversas especies, se calculó la cantidad de emisiones que pueden ser removidas al reforestar en los terrenos de la empresa, del total de las emisiones cuantificadas para el área de Acería de la planta matriz de Adelca C.A. Esto tomando en cuenta que la reforestación abarca un área de 25 hectáreas de terreno.

La tabla 30, presenta la estimación de las emisiones que pueden ser fijadas por las diversas especies al realizar la siembra en los terrenos de la empresa ubicados en San Vicente.

Tabla 30. Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> fijadas por especie.

<b>Especie arbórea</b>		<b>Emisiones fijadas (t CO<sub>2</sub>/año)</b>
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre Científico</b>	
Eucalipto	Eucalyptus urograndis	2346.5
Aliso	Alnus glutinosa	814

Fuente: Autora

Lo anterior implica, que si se reforesta las 25 hectáreas de terreno pertenecientes a la empresa con *Eucalyptus urograndis* (Eucalipto) y *Alnus glutinosa* (Aliso), que son las especies recomendadas, se estaría mitigando 3160,5 tCO<sub>2e</sub> del total de las emisiones cuantificadas que suman entre el año 2012 y 2013 la cantidad de 1153038619 tCO<sub>2e</sub>, es decir, se estaría compensando cerca del 30% del total de las emisiones del área de Acería del año 2012 y 2013.

**4.7.1.** *Costos relacionados a la compensación de emisiones.* Dentro de los costos de compensación de la huella de carbono de la empresa encontramos tres funciones básicas: producción, administración y financiamiento por los cuales la empresa tiene que realizar desembolsos.

**4.7.1.1** *Costos de producción.* Para el presente estudio se analizó las decisiones fundamentales que tiene que hacer la empresa, bajo las condiciones de competencia perfecta de esta manera se logra producir con máxima eficacia económica posible, para lograr el nivel de producción de máxima eficacia económica y máxima ganancia.

Tabla 31. Materias primas y materiales directas

Denominación	Cantidad	Unidades	Costo unitario USD	Costo total diario USD	Costo total USD
Planta árbol de aliso	15000	Unidad	0,6	0,6	7200
Planta árbol de eucalipto	10000	Unidad	0,5	0,5	3500
<b>TOTAL</b>					<b>14000</b>

Fuente: Autora

Tabla 32. Mano de obra directa

Denominación	Cantidad	Costo unitario USD	Costo total mensual USD	Costo anual USD
Operarios	4	320	1280	15360
<b>TOTAL</b>			<b>1280</b>	<b>15360</b>

Fuente: Autora

**4.7.1.2 Gastos generales de fabricación.** Los gastos generales de fabricación incluyen los costos que directamente se relacionan con el proceso de fabricación de la empresa.

Estos gastos incluyen los costos mensuales y anuales que se van a realizar para la mitigación de la huella de carbono.

Estos gastos contienen también la dotación de los empleados y los insumos agrícolas que van a ser utilizados para el mantenimiento de las 25 hectáreas a reforestar.

Tabla 33. Materiales indirectos

Denominación	Cantidad	Unidad	Costo	Costo total mensual USD	Costo anual USD
Ropa de trabajo	4	Unidad	10	40	480
Guantes protectores	6	Unidad	1	6	72
Insumos agrícolas					
Fungicida para la planta (*2HECT)	1	Litros	4,5	56,25	56,25
Desinfectante de suelos (*2HECT)	1	Litros	4	50	50
<b>TOTAL</b>					<b>658,25</b>

Fuente: Autora

Tabla 34. Mano de obra indirecta

Denominación	Cantidad	Costo Unitario USD	Costo total mensual USD	Costo anual USD
Supervisor de obra	1	320	320	3840
<b>TOTAL</b>				<b>3840</b>

Fuente: Autora

Tabla 35. Servicios

Denominación	Cantidad	Costo unitario USD	Costo total mensual USD	Costo anual USD
Servicios básicos				
Agua		1	1	12
Luz		2	2	24
Servicios de transporte (* Día)				
Transporte	2	4	80	80
Servicio de alimentación				
Alimentación (Solo almuerzo)	5	2,5	250	250
<b>TOTAL</b>				<b>366</b>

Fuente: Autora

**4.7.1.3 Reparación y mantenimiento.** El mantenimiento del área a reforestarse se realiza 2 veces al año en cuanto se refiere a fumigación, mientras que el agua de riego se paga mensualmente.

Tabla 36. Costos de reparación y mantenimiento

<b>Denominación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo anual USD</b>
Riego de agua	12	12
Fumigación	2	240
<b>TOTAL</b>		<b>252</b>

Fuente: Autora

**4.7.1.4 Costo de administración.** Dentro de los costos de administración se encuentran los gastos en que se incurren al administrar el proyecto de mitigación.

En este caso se toma en cuenta los costos administrativos generados por el Jefe de control ambiental y el gasto pre operacional que se generen para realizar el proyecto.

Tabla 37. Costos administrativos y gastos pre operacionales

<b>Denominación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario USD</b>	<b>Costo total USD</b>	<b>Costo anual USD</b>
Jefe de control ambiental	1	1500	1500	18000
Gastos pre operacionales	1	300	300	300
<b>TOTAL</b>			<b>1800</b>	<b>18300</b>

Fuente: Autora

La tabla 38 resume el total de los costos del proyecto de compensación de emisiones y mitigación, tomando en cuenta los costos de producción tanto directos que incluyen la mano de obra directa, la materia prima y materiales directos, como los costos indirectos que incluyen los materiales y mano de obra indirectas, servicios, la reparación y el mantenimiento, en cuanto se refiere a los costos de administrativos se toman en cuenta los gastos administrativos en los que se incluyen los sueldos y salarios además de los gastos pre operacionales.

Tabla 38. Costos del proyecto

<b>1.- Costos de producción</b>		<b>\$ 34466,25</b>
<b>Costos directos</b>		<b>\$ 29350</b>
Materia prima y materiales directos	\$ 14000	
Mano de obra directa	\$ 15350	
<b>Costos indirectos</b>		<b>\$ 5116,25</b>
Materiales indirectos	\$ 658,25	
Mano de obra indirecta	\$ 3840	
Servicios	\$ 366	
Reparación y mantenimiento	\$ 252	
<b>2.- Costos de administración</b>		<b>\$ 18300</b>
<b>Gastos de administración</b>		<b>\$18300</b>
Sueldos y salarios	\$ 18000	
Gastos pre operacionales	\$ 300	
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>=</b>	<b>Producción + Administración</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>=</b>	<b>\$ 52766,25</b>

Fuente: Autora

El costo por el cual la empresa tendría que incurrir para reforestar las 25 hectáreas de terreno, es de \$ **52.766,25** dólares, donde se indica que el costo manejado tanto para la administración como para la producción del proyecto de mitigación se encuentra realizado de acuerdo al mercado actual (año 2014).

Los beneficios que se pueden obtener, además de compensar emisiones de GEI, son recuperar parte del fondo forestal: biodiversidad y devolver el uso adecuado del suelo.

Evitar la erosión del sitio, ya que este se encuentra utilizado como patio de chatarra y a la vez prevenir la contaminación de las fuentes de agua cercanas al terreno, para poder darle mayor uso a este recurso tan preciado.

Es trascendental que cada sector de la empresa analice las fuentes emisoras, para que con ello se establezcan prácticas o mejoras que se puedan implementar para reducir las emisiones generadas, tales como el uso de tecnologías alternas de energía. De esta manera, que lo que se compense sea solo aquellas emisiones sin posibilidad de reducción.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Adelca cuenta con un sistema de gestión integrada de Calidad, Medio ambiente y Seguridad y Salud Laboral, lo que permite la adaptación de la empresa a los cambios de entorno, de esta manera se pretende demostrar su capacidad para proporcionar sus productos de calidad, cumplimiento también con la legislación laboral y de prevención de riesgos laborales, colocando a la empresa en el puesto número 27 del ranking empresarial nacional.

Se realizó un análisis de las diferentes metodologías existentes para cuantificar emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y hacer un estudio de huella de carbono en el área de Acería, en las cuales se ha tomado como referencia no solo la norma ISO 14064 sino también la norma PAS 2050 o el Protocolo de gases efecto invernadero. Se ha concluido en la utilización de la Norma ISO 14064 parte 2, la cual se centra en mediciones de GEI o en proyectos específicamente diseñados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El total de las emisiones estimadas dentro del área de acería de la empresa Adelca C.A., da como resultando la generación de aproximadamente 909693077,2 toneladas totales de CO<sub>2</sub>e para el área de acería, durante el periodo 2012 y como resultado de la generación de aproximadamente 243345541,5 toneladas totales de CO<sub>2</sub>e equivalente para el área de Acería, durante el periodo 2013 y donde el mayor aporte a este total de emisiones es causado por la fuente determinada por la electricidad, siguiendo el consumo de GLP y la Producción en los dos años.

Como medida de compensación Adelca C.A. a tomado en cuenta la reforestación de 25 hectáreas de terreno pertenecientes a la empresa con plantas como

eucalipto y aliso, mitigando 3160,5 tCO<sub>2</sub>e del total de emisiones cuantificadas en el año 2012 y 2013 que suman un total de 1153038619 tCO<sub>2</sub>e, el costo por el cual la empresa tendría que incurrir es de \$ 56.437,94, el mismo que será solventado por la empresa, de esta manera se estará compensando el 30% del total de emisiones del área de acería del año 2012 y 2013.

## **5.2 Recomendaciones**

Establecer un control estricto, al momento de recopilar información y registro de los datos de actividades de las diversas fuentes identificadas como generadoras de GEI, de tal manera que su acceso, su procedimiento y su análisis sea más fácil de acuerdo a la tecnología con la que se puede contar actualmente, incorporar nuevas medidas que ayuden a la mitigación.

Desarrollar un procedimiento de inspección de eficiencia energética, con el propósito de reducir el consumo de energía y limitar las emisiones de GEI. Donde se establezcan: un control de todos los aspectos que rigen el buen funcionamiento de los equipos, las condiciones más adecuadas para la toma de datos, los requerimientos de los equipos de medida, los intervalos de los valores admisibles de los niveles de emisión de acuerdo a la legislación nacional vigente, y los periodos de mantenimiento de los equipos.

Implementar el uso de energías limpias como estrategias de reducción de GEI en todas las fuentes generadoras, mediante el establecimiento de proyectos para que las emisiones puedan verse disminuida y conjuntamente recibir beneficios ambientales y económicos.

Implementar un programa de control de emisiones para evitar pérdidas de hidrocarburos. Este programa puede incorporar procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, mediciones, estimaciones, mejoras en los sellos, cambios de accesorios, etc. de manera tal que se mejore la seguridad y salud de los operarios y a la vez conservando las propiedades de los productos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADELCA C.A. 2012.** *Informe de consumo total de agua 2012 planta matriz ADELCA C.A.* Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia Alóag : s.n., 2012. pág. 2.
- . **2012.** *Máquinas y equipos de acería.* Alóag : s.n., 2012.
- . **2013.** *Organigrama empresarial planta Matriz ADELCA C.A.* Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia Alóag : s.n., 2013. pág. 1, Documento en excel.
- . **2013.** Registro de Máquinas y equipos de área de Acería, planta Matriz ADELCA C.A. Cantón Mejía, Parroquia Alóag, Pichincha, Ecuador : s.n., 2013. pág. 2.
- Aenor. 2006.** ISO 14064-1. *Gases efecto invernadero parte 1.* 2006, pág. 4.
- AENOR. 2006.** ISO 14064-1. *Gases efecto invernadero parte 1.* 2006, pág. 4.
- . **2006.** UNE-EN ISO 14040:2006. *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006).* 2006.
- Bioproductividad en la CAN. Global Footprint Network. 2008.* 2008, Huella ecológica y biocapacidad en la comunidad andina, pág. 7.
- CEPAL. 2010.** scribd. *Metodologías de cálculo de huella de carbonoy sus potenciales implicaciones para América Latina.* [En línea] 2010. [Citado el: 24 de 04 de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/36469816/Metodologias-de-calculo-de-Huella-de-Carbonoy-sus-implicaciones-America-Latina-Documento-de-Trabajo-CEPAL-2010>.
- Compensacion de las emisiones de gases efecto invernadero. Ihobe. 2009.* 2009, Análisis del ciclo de vida y huella de carbono, pág. 35.
- Cuidando al planeta azul. 2006.** Breve descripción de los gases de Efecto Invernadero (GEI). *Cuidando al planeta azul.* [En línea] 2006. [Citado el: 12 de 02 de 2013.] <http://cuidandoalplanetaazul.blogspot.com/2006/12/breve-descripcion-de-los-gases-de.html>.
- El semillero.** Aliso. *lsemillero@elsemillero.net.* [En línea] [Citado el: 20 de 06 de 2013.] [http://elsemillero.net/nuevo/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=206](http://elsemillero.net/nuevo/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=206).
- Facultad de Ingeniería UNICEN.AR.** Análisis del ciclo de vidadeun producto. [www.fio.unicen.edu.ar/](http://www.fio.unicen.edu.ar/). [En línea] [Citado el: 14 de 01 de 2013.] <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/esantall/q37.0/Clase%204%20-%20Economia%20Ecologica/Analisis%20del%20Ciclo%20de%20Vida.pdf>.
- Fernandez, Dr. Adrian. 2010.** Conferencia magistral "Actividades de cambio climático del Instituto Nacional de Ecología/Programas estatales de Acción Climática). [En línea]

2010. [Citado el: 3 de 06 de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/12224784/Dr-Adrian-Alfredo-Fernandez-Bremauntz>.

*Gases efecto invernadero*. **FAO. 2011.** 2011.

*Informe del día del medio ambiente*. **Federación asturiana de empresarios. 2012.** 2012, pág. 10.

*Introducción a la producción mas limpia*. **ONUDI.** Manual de Producción más Limpia, pág. 3.

**IPCC. 2002.** Cambio Climático y Biodiversidad. [En línea] 2002. [Citado el: 13 de 06 de 2013.] <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>.

**Panel Intergubernamental para el cambio climático. 2006.** Factor de conversión de emisión referente a la categoría de Energía, actividades de combustión, otros sectores, comercial institucional. [aut. libro] IPCC. 2006.

**SEMICOL S.A.** Aliso. [www.semicol.co](http://www.semicol.co). [En línea] [Citado el: 20 de 06 de 2013.] [http://www.semicol.co/semillas/forestales-y-ornamentales/aliso-fresno/flypage\\_new.tpl.html](http://www.semicol.co/semillas/forestales-y-ornamentales/aliso-fresno/flypage_new.tpl.html).

*Superficie de calentamiento global*. **Panel intergubernamental de cambio climático.** Ventanas al Universo.

—. **Panel intergubernamental de cambio de climático. 2007.** 2007, Ventanas al universo.

*Tabla de datos huella ecológica mundial*. **World Wide Fund for Nature. 2012.** 2012, Informe Planeta Vivo, biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro, pág. 143.

**TOBASURA, Isaías. 2007.** *Huella ecológica y biocapacidad: Indicadores biofísicos para la gestión ambiental*. Manizales, Colombia : s.n., 2007.

**Vinueza, Ing. Marco. 2012.** Fichas técnicas de Especies Forestales. <http://ecuadorforestal.org/>. [En línea] 22 de 10 de 2012. [Citado el: 21 de 06 de 2013.] <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/>.

**Wikipedia.org.** Wikipedia. *Desarrollo Sostenible*. [En línea] [Citado el: 14 de 11 de 2012.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible).

—. Wikipedia. *Consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible*. [En línea] [Citado el: 16 de 11 de 2012.] [http://es.wikipwdia.org/wiki/Consejo\\_Empresarial\\_Mundial\\_para\\_el\\_Desarrollo\\_Sostenible](http://es.wikipwdia.org/wiki/Consejo_Empresarial_Mundial_para_el_Desarrollo_Sostenible).

—. Wikipedia. *Desarrollo Sostenible*. [En línea] [Citado el: 14 de 11 de 2012.] [es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible).

—. Wikipedia. *Eco-eficiencia*. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2012.]  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Ecoeficiencia>.

—. Wikipedia. *Desarrollo sostenible, cronología*. [En línea] [Citado el: 16 de 11 de 2012.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible).

**World Business Council for Sustainable Development. 2000.** Eco-eficiencia. [En línea] 2000. [Citado el: 16 de 11 de 2012.] [es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Efficiency-Creating-More-Value](http://es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Efficiency-Creating-More-Value) cap. 1.

—. **2000.** scribd. *Eco-eficiencia*. [En línea] 2000. [Citado el: 17 de 11 de 2012.]  
<http://es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Ecoefficiency-Creating-More-Valu> cap.2.

—. **2000.** scribd. *Eco-eficiencia*. [En línea] 2000. [Citado el: 17 de 11 de 2012.]  
<http://es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Efficiency-Creating-More-Value> cap. 1.

**World Business Council for Sustainable Development. 2000.** Eco-eficiencia. [En línea] 2000. [Citado el: 16 de 11 de 2012.] [es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Efficiency-Creating-More-Value](http://es.scribd.com/doc/71044295/Eco-Efficiency-Creating-More-Value) .

**Worldsteel. 2010.** *Análisis de Ciclo de Vida en la Industria del acero*. s.l. : Alacero, 2010.

**WRI (World Resources Institute). 2005.** Protocolo de GEI. Estandar Corporativo de Vontabilidad y Reporte. [En línea] 2005. [Citado el: 15 de 06 de 2013.]  
[http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo\\_de\\_gei.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo_de_gei.pdf).