



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DESARROLLO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA
COMO INDICADOR AMBIENTAL EN LA EMPRESA NOVACERO S.A.
PLANTA LASSO**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de
Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación**

**Profesor Guía
Ing. Eugenia Paola Posligua Chica, MSc.**

**Autora
María Gabriela Viteri Tovar**

**Año
2015**

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Eugenia Paola Posligua Chica
Ingeniera Química – Master Ambiental
C.C.: 091975015-8

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

María Gabriela Viteri Tovar

C.C.: 050348763-9

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a mis padres: Elvia y Diego, que han sido mi guía, fortaleza y ejemplo a seguir en la vida.

Gracias a mis hermanos: José, Fer y Emi, por su comprensión y apoyo incondicional en todo momento.

Agradezco a mi profesora guía la Ing. Paola Posligua y a mi asesor externo el MSc. César Carreño por toda su ayuda, y valioso tiempo dedicado a la realización de este proyecto.

Agradezco de manera especial, a la empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso, por permitirme desarrollar este trabajo en sus instalaciones y facilitarme con los recursos e información necesaria.

María Gabriela

DEDICATORIA

A Elvia y Diego, por su amor, confianza y apoyo.

RESUMEN

La huella de carbono es un índice cuantitativo de las emisiones de carbono, su amplio campo de aplicación la destaca como una herramienta para la mitigación del cambio climático, contribuyendo a la orientación de procesos de toma de decisiones hacia políticas de intervención.

El objetivo de NOVACERO S.A. – Planta Lasso es convertirse en una empresa sostenible, sin embargo, no cuenta con un plan de mitigación frente al cambio climático. Por lo que pretende implementar una estrategia para identificar las fuentes de emisión de GEI, incluyendo la huella de carbono como indicador fundamental para el análisis de medidas de reducción. Por lo tanto, el presente trabajo busca estimar la huella de carbono corporativa como herramienta estratégica para el desarrollo de acciones de mitigación del cambio climático mediante la aplicación del GHG Protocol, una metodología específica para el cálculo de las emisiones por la producción de acero.

Los resultados principales de este estudio, estiman una huella de carbono corporativa de 100.326,53 toneladas de CO₂ equivalente en el año 2013, donde las principales actividades de emisión corresponden al consumo de electricidad y el consumo de combustible por fuentes de combustión fija. El consumo de energía eléctrica constituye el principal contribuyente con un aporte de 44% sobre el total de emisiones, seguido por el consumo de combustibles con el 23%. Por lo tanto, estos sectores fueron identificados como puntos de intervención clave para la propuesta y priorización de estrategias de mitigación.

La intensidad obtenida fue de 1,12 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producida, esto se debe a la tecnología usada en la planta industrial y a los factores exógenos como el tipo de matriz energética del país, en la que se considera a la generación de electricidad por medio de centrales hidroeléctricas obteniendo un factor de emisión de la electricidad más bajo que el promedio global (0,4597 KgCO₂/kWh).

Los resultados de este trabajo constituyen un escenario de referencia para futuros inventarios y cálculos anuales de huella de carbono que son fundamentales en el monitoreo y control de las emisiones de GEI generadas en la empresa analizada.

ABSTRACT

The carbon mark is a quantitative index of carbon emissions, because of its wide field of application it's considered as a tool for the mitigation of climate change, contributing to the direction of processes of decision-making to policy of interventions.

The aim of NOVACERO A.S. - Lasso Plant is to become a sustainable company; however, it does not have a mitigation plan to face the climate change. This is the reason why the company pretends to implement a strategy for identifying the sources of emission of GHG (Greenhouse Gases), including the carbon mark as a main indicator to analyze reduction actions. Consequently this project requires to include the corporative carbon mark as a strategically tool for the development of mitigation actions of climate change by the application of the GHG Protocol (Greenhouse Gases Protocol), a specific methodology for the calculation of emissions from steel production.

The main results of this study estimates a corporate carbon mark of 100.326,53 tons of CO₂ equivalent in 2013, where most of emission activities correspond to the consumption of electricity and the consumption of fuel because of permanent combustion sources. The consumption of electrical energy is the main contributor with a 44% on total emissions, followed by the consumption of fuels with 23%. Therefore, these sectors were identified as points of key intervention for the plan and prioritization of mitigation strategies.

The obtained intensity was 1,12 tons of tCO₂ per ton of steel produced, this is due to the technology used in the industrial plant and the exogenous factors like the type of energy system in the country, which the electricity is generated by Hydro-Electric Plants obtaining the lowest emission factor of electricity compared with global average (it responds to 0, 4597KgCO₂/kWh)

The results of this work constitutes a baseline view for future registers and annual calculation reports about carbon mark which are fundamental for the monitoring and control of emissions of GHG generated in the analyzed company.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ANTECEDENTES	2
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3	JUSTIFICACIÓN	4
1.4	ALCANCE	5
1.5	OBJETIVOS	6
1.5.1	Objetivo General.....	6
1.5.2	Objetivos específicos.....	6
2.	MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1	EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL.....	7
2.2	INDICADORES AMBIENTALES DE SOSTENIBILIDAD REFERENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO	9
2.3	LA HUELLA DE CARBONO COMO INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.....	11
2.3.1	Datos de la actividad	11
2.3.2	Factor de emisión	12
2.3.3	Potencial de calentamiento global	12
2.4	PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES PARA LA CONTABILIDAD DE LA HUELLA DE CARBONO.....	13
2.4.1	Metodología del <i>GHG Protocol</i> para la contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero	14
2.4.1.1	Límites del sistema para la contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero.....	15
2.4.1.2	Niveles para la aplicación de ecuaciones para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero	18
2.4.1.3	Elección del año base	20
2.4.1.4	Umbral de significancia	20
2.4.1.5	Materialidad para la emisión de gases de efecto invernadero.....	21
2.5	MARCO LEGAL PARA LA HUELLA DE CARBONO.....	21
2.5.1	Marco legal ecuatoriano.....	21
2.5.2	Protocolo de Kioto	22
2.6	EL ACERO Y LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA	24
2.6.1	Métodos para la producción de acero.....	26
2.7	CASO DE ESTUDIO: NOVACERO S.A.	30
2.7.1	Descripción del área de estudio NOVACERO S.A. – Planta Lasso	31
2.7.1.1	Área de producción	32
2.7.1.2	Área administrativa.....	35
2.7.1.3	Otras áreas	37

2.7.2	Importancia del desarrollo de la huella de carbono corporativa en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso	42
3.	METODOLOGÍA	44
3.1	DEFINICIÓN DEL AÑO BASE PARA LA CUANTIFICACIÓN Y REPORTE DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	45
3.1.1	Elección del año base y del umbral de significancia para la cuantificación y reporte de los gases de efecto invernadero	45
3.2	DETERMINACIÓN DE LÍMITES DEL SISTEMA PARA LA CUANTIFICACIÓN Y REPORTE DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	46
3.2.1	Determinación de los límites organizacionales.....	46
3.2.2	Determinación de los límites operacionales.....	48
3.2.2.1	Determinación de los procesos de NOVACERO S.A. – Planta Lasso	49
3.2.2.2	Identificación de fuentes de emisión de GEI	57
3.3	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	58
3.4	CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA EMPRESA NOVACERO S.A.– PLANTA LASSO A PARTIR DE LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DEL <i>GHG</i> <i>PROTOCOL</i>	59
3.4.1	Cálculo del alcance 1: emisiones directas	60
3.4.1.1	Cálculo de emisiones de combustión fija	61
3.4.1.2	Cálculo de emisiones del proceso de producción de acero.....	63
3.4.1.3	Cálculo de emisiones de combustión móvil.....	64
3.4.1.4	Cálculo de otras emisiones	65
3.4.2	Cálculo del alcance 2: emisiones indirectas	72
3.5	DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y PROPUESTAS DE REDUCCIÓN	73
3.6	ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO	73
3.6.1	Consumos de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso	73
3.6.1.1	Combustibles fósiles	73
3.6.1.2	Insumos químicos	76
3.6.1.3	Recursos que intervienen en la producción de acero	77
3.6.1.4	Energía eléctrica	78
3.6.2	Generación de residuos de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso	80

4.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO	82
4.1	RESULTADOS DEL ALCANCE 1	82
4.1.1	Emisiones por combustión fija	82
4.1.2	Emisiones por producción de acero.....	86
4.1.3	Emisiones por la combustión móvil.....	89
4.1.4	Otras emisiones.....	90
4.1.4.1	Emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales	91
4.1.4.2	Emisiones por generación de residuos	93
4.1.4.3	Emisiones por consumo de lubricantes y grasas	95
4.1.4.4	Emisiones por consumo de insumos químicos	97
4.1.5	Emisiones totales del alcance 1.....	97
4.2	RESULTADOS DEL ALCANCE 2	99
4.3	RESULTADO DE LA HUELLA DE CARBONO TOTAL.....	102
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
5.1	ANÁLISIS DEL ALCANCE 1	104
5.1.1	Análisis de emisiones por combustión fija	104
5.1.2	Análisis de emisiones por producción de acero.....	106
5.1.3	Análisis de emisiones por combustión móvil.....	107
5.1.4	Análisis de otras emisiones	108
5.1.4.1	Análisis de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales	109
5.1.4.2	Emisiones por generación de residuos	109
5.1.4.3	Emisiones por consumo de lubricantes y grasas	112
5.2	ANÁLISIS DEL ALCANCE 2	112
5.3	ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO	114
5.4	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS Y MEDIDAS DE REDUCCIÓN.....	116
5.4.1	Medidas de reducción en el 2014	116
5.4.2	Medidas de reducción para el 2015.....	120
5.5	ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO	122
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
6.1	CONCLUSIONES.....	125
6.2	RECOMENDACIONES	126

REFERENCIAS	128
ANEXOS	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Principales gases de efecto invernadero.....	8
Tabla 2.	Indicadores ambientales de sostenibilidad.....	10
Tabla 3.	Metodologías para el cálculo de la huella de carbono.....	14
Tabla 4.	Alcances de GEI según el <i>GHG Protocol</i>	17
Tabla 5.	Niveles para las ecuaciones de cálculo de GEI.....	18
Tabla 6.	Matriz de alcances y niveles de GEI.....	19
Tabla 7.	Mecanismos del Protocolo de Kioto.....	24
Tabla 8.	Mayores productores mundiales de acero.....	26
Tabla 9.	Definición del año base para NOVACERO S.A – Planta Lasso.....	45
Tabla 10.	Fuentes de emisión por alcance.....	57
Tabla 11.	Información recopilada del 2013 de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	58
Tabla 12.	Consumo mensual de combustibles fósiles de fuentes fijas de combustión del 2013.....	74
Tabla 13.	Consumo mensual de lubricantes y grasas de fuentes fijas de combustión del 2013.....	75
Tabla 14.	Consumo mensual de combustible de fuentes móviles de combustión del 2013.....	76
Tabla 15.	Consumo mensual de insumos químicos en las planta de tratamiento de agua en el 2013.....	77
Tabla 16.	Consumo mensual de recursos para la producción de acero del 2013.....	78
Tabla 17.	Consumo eléctrico del 2013.....	79
Tabla 18.	Consumo de energía eléctrica por áreas en el 2013.....	80
Tabla 19.	Generación de desechos en el 2013.....	81
Tabla 20.	Emisiones de CO ₂ e por combustión fija de CO ₂ en el 2013.....	83
Tabla 21.	Emisiones de CO ₂ e por combustión fija de N ₂ O y CH ₄ en el 2013.....	83
Tabla 22.	Emisiones de CO ₂ e por la producción de acero en el 2013.....	87

Tabla 23. Emisiones de CO ₂ e por combustión móvil en el 2013.....	89
Tabla 24. Emisiones de CO ₂ e por tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas en el 2013	92
Tabla 25. Emisiones de CO ₂ e por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales en el 2013	92
Tabla 26. Emisiones de CO ₂ e por la generación de residuos sólidos reciclables en el 2013.....	93
Tabla 27. Emisiones de CO ₂ e por el uso de lubricantes y grasas en el 2013	95
Tabla 28. Emisiones de CO ₂ e del alcance 1 en el 2013.....	98
Tabla 29. Emisiones de CO ₂ e por el consumo de energía eléctrica en el 2013.....	100
Tabla 30. Emisiones de CO ₂ e del alcance 2 en el 2013.....	100
Tabla 31. Huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	102
Tabla 32. Emisiones de CO ₂ totales de acerías de TATA Steel.....	115
Tabla 33. Emisiones de CO ₂ de POSCO con siderurgia eléctrica.....	115
Tabla 34. Puntos críticos de NOVACERO S.A. en el 2013	116
Tabla 35. Consumo eléctrico del horno de arco eléctrico en el 2013 y 2014	117
Tabla 36. Intensidad de CO ₂ en el horno de arco eléctrico en el 2013 y 2014	118
Tabla 37. Consumo de combustible horno del tren 1 en el 2013 y 2014.....	119
Tabla 38. Intensidad de CO ₂ en el horno del tren 1 en el 2013 y 2014	120
Tabla 39. Emisiones de CO ₂ e del horno del tren 2 en el 2013 y 2015	121
Tabla 40. Análisis costo/ beneficio de la implementación de las medidas de reducción de la huella de carbono en la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	122
Tabla 41. Costo de huella de carbono e implementación de medidas de reducción en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	123

Tabla 42. Beneficios ambientales y productivos de la huella de carbono en NOVACERO S.A. - Planta Lasso.	124
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alcances y emisiones a través de la cadena de valor	17
Figura 2. Árbol de decisión para la estimación de CO ₂ por la producción de acero	19
Figura 3. Demanda del producto por tipo de acero	25
Figura 4. Producción de acero en altos hornos	27
Figura 5. Producción de acero a partir de horno de arco eléctrico	28
Figura 6. Diagrama de proceso simplificado de la producción de acero	29
Figura 7. Ubicación geográfica NOVACERO S.A.- Planta Lasso	31
Figura 8. Áreas de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.	32
Figura 9. Áreas de reciclaje de chatarra metálica ferrosa, acería, mallas y figurados de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	34
Figura 10. Áreas de laminación del tren 1, tren 2 y laminador de productos pequeños de NOVACERO S.A. - Planta Lasso.	35
Figura 11. Oficinas de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	37
Figura 12. Área de las plantas de tratamiento de aguas industriales y de consumo de NOVACERO S.A. - Planta Lasso.....	40
Figura 13. Áreas de planta de humos, planta de oxígeno, subestación eléctrica, talleres y bodegas de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	41
Figura 14. Áreas de talleres, bodegas, comedor y vestidores de NOVACERO S.A. - Planta Lasso.	42
Figura 15. Diagrama de flujo de la metodología para el desarrollo de la huella de carbono corporativa de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	44
Figura 16. Límites organizacionales de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	47
Figura 17. Requerimientos para el funcionamiento de altos hornos y horno de arco eléctrico.....	49
Figura 18. Descripción de los procesos productivos de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.....	50

Figura 19. Reciclaje de chatarra metálica ferrosa.	51
Figura 20. Acería	52
Figura 21. Laminación del tren 1 (automático).	53
Figura 22. Laminación del tren 2 (manual).	54
Figura 23. Figurados: a. barra figurada b. varilla figurada.	55
Figura 24. Procesos a partir del alambtrn: a. Laminación de productos pequeños (LPP) b. Malla electrosoldada.....	56
Figura 25. Herramienta de cálculo para el sector acerero del GHG Protocol.	59
Figura 26. Fuentes de emisiones GEI para el alcance 1 de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.	60
Figura 27. Porcentaje de emisiones totales de CO ₂ e por combustión fija de NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.	84
Figura 28. Emisiones mensuales de CO ₂ e por combustión fija de NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.....	84
Figura 29. Emisiones mensuales de CO ₂ e por combustión fija según el tipo de fuente de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	85
Figura 30. Porcentaje de emisiones de CO ₂ e por fuente de combustión fija de CO ₂ de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	85
Figura 31. Porcentaje de emisiones de CO ₂ e por consumo de combustibles durante la combustión fija en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.	86
Figura 32. Porcentaje de misiones totales de CO ₂ e por la producción de acero en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	88
Figura 33. Emisiones mensuales de CO ₂ e por producción de acero en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	88
Figura 34. Emisiones totales de CO ₂ e por la combustión móvil en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	89
Figura 35. Emisiones mensuales de CO ₂ e por combustión móvil de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	90

Figura 36. Emisiones mensuales de CO ₂ e por montacargas y excavadoras de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	90
Figura 37. Emisiones totales de CO ₂ e por generación de residuos de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	93
Figura 38. Emisiones mensuales de CO ₂ e por generación de residuos sólidos reciclables de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	94
Figura 39. Emisiones mensuales de CO ₂ e por generación de papel, cartón y plástico de NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013	94
Figura 40. Porcentaje de emisiones totales de CO ₂ e por consumo de lubricantes y grasas de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	96
Figura 41. Porcentaje de emisiones de CO ₂ e según lubricante o grasa consumido de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	96
Figura 42. Emisiones de CO ₂ e por consumo de lubricantes y grasas de la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	97
Figura 43. Porcentaje de emisiones de CO ₂ e según la fuente de emisión del alcance 1 de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	99
Figura 44. Porcentaje de emisiones de CO ₂ e según las áreas de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	101
Figura 45. Emisiones indirectas de CO ₂ e por consumo eléctrico de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	102
Figura 46. Huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso del 2013	103
Figura 47. Consumo de combustibles y emisiones de CO ₂ e por combustión fija de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	105
Figura 48. Producción de acero y emisiones de CO ₂ e en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	106

Figura 49. Consumo de diesel y emisiones de CO ₂ e por combustión móvil en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013	108
Figura 50. Generación de residuos y emisiones de CO ₂ e en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	110
Figura 51. Consumo de lubricantes y grasas y las emisiones de CO ₂ e en NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	112
Figura 52. Consumo eléctrico y emisiones indirectas de CO ₂ e de NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.....	114

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Emisiones de CO ₂ e por combustión fija de CO ₂	62
Ecuación 2.	Emisiones de CO ₂ e por combustión fija de N ₂ O y CH ₄	63
Ecuación 3.	Emisiones de CO ₂ e por la producción de acero.....	64
Ecuación 4.	Emisiones de CO ₂ e por combustión móvil	64
Ecuación 5.	Emisiones de CH ₄ procedentes de aguas residuales domésticas.....	66
Ecuación 6.	Factor de emisión de CH ₄ para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas.....	67
Ecuación 7.	Total de materia orgánica degradable en aguas residuales domésticas.....	67
Ecuación 8.	Demanda biológica de oxígeno per cápita	67
Ecuación 9.	Emisiones de N ₂ O procedentes de aguas residuales efluentes	68
Ecuación 10.	Nitrógeno total en los efluentes.....	68
Ecuación 11.	Emisiones de CH ₄ procedentes de las aguas residuales industriales.....	69
Ecuación 12.	Factor de emisión de CH ₄ para aguas residuales industriales.....	70
Ecuación 13.	Total de materia orgánica degradable en aguas residuales industriales.....	70
Ecuación 14.	Emisiones de CO ₂ e por generación de residuos.....	70
Ecuación 15.	Emisiones de CO ₂ e por consumo de lubricantes y grasas.....	71
Ecuación 16.	Emisiones de CO ₂ e por consumo de insumos químicos.....	72
Ecuación 17.	Emisiones de CO ₂ e por consumo eléctrico	72

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado la preocupación por los posibles efectos que se podría ocasionar al planeta, especialmente al clima, debido a los contaminantes que son emitidos continuamente a la atmósfera y a la generación de gases efecto invernadero a causa de las actividades humanas.

La variación de las concentraciones de estos gases modifica el equilibrio energético del sistema climático, ocasionando el calentamiento global. Un hecho que se ha percibido y verificado en los últimos años son los aumentos del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el incremento del promedio del nivel del mar (IPCC, 2007).

Reconociendo el cambio climático como un problema global y teniendo en cuenta que el dióxido de carbono constituye la fuente principal de gases de efecto invernadero (GEI), los esfuerzos ambientales deben dirigirse hacia estrategias de reducción de emisiones.

Es por esto que han surgido herramientas como la Huella de Carbono para la medición del impacto de todos estos gases que afectan al ambiente. Dicha herramienta es considerada como un índice cuantitativo de las emisiones de carbono y además es usada como instrumento para la mitigación del cambio climático, contribuyendo a orientar procesos de toma de decisiones hacia políticas de intervención (CEPAL, 2010).

En el caso particular del Ecuador, la huella de carbono aún no ha sido tomada como un parámetro legal de control ambiental para las industrias, sin embargo, existen varias empresas como las dedicadas a la actividad siderúrgica que generan gases de efecto invernadero por el alto uso de combustibles en sus procesos productivos (MAE, 2011).

Por tal motivo, el presente documento es un estudio acerca del desarrollo de la Huella de Carbono Corporativa de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso que abarca desde el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero hasta la presentación de propuestas técnicas para su reducción, con el fin de lograr un crecimiento sostenible de la organización.

1.1 ANTECEDENTES

La demanda de acero a nivel mundial se ha incrementado seis veces hasta llegar a 1343,5 millones de toneladas métricas desde el año 1950 al 2007; siendo el principal país acerero China con el 48,53% de la producción mundial, seguido de la Unión Europea y Japón, con el 11,32% y 6,68%, respectivamente (World Steel Association, 2008).

En Latinoamérica, la producción de acero y sus derivados se concentra en Brasil con el 51%, México se ubica en segundo lugar con un 28%, mientras que el resto de países de la región alcanza, en conjunto, apenas el 21% de la producción total. De acuerdo a los datos oficiales del reporte de ILAFA (Instituto Latinoamericano de Fierro y Acero), la producción de acero en el Ecuador reporta en el año 2010 un volumen de 337.000 toneladas métricas. El comportamiento de esta producción ha sido creciente desde el año 2000 alcanzando una tasa del 481% en el transcurso de la década

En Ecuador existe una industria acerera, ya que no se cuenta con una siderúrgica integrada que realice el proceso desde la fundición de mineral de hierro. Actualmente, en el país existen 3 empresas acereras que poseen hornos para procesamiento de briqueta/hierro esponja/pellets y chatarra principalmente: ADELCA, ANCEC y NOVACERO S.A. (Instituto Nacional de Preinversión, 2013). Sin embargo, ninguna de estas empresas ha estimado su huella de carbono corporativa, a pesar de los impactos ambientales que causa la fabricación de acero; por tal motivo, el objeto de estudio de la presente investigación es NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

NOVACERO S.A. es una sólida empresa ecuatoriana, pionera y líder en el mercado desde 1973, con la mejor experiencia en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción, la cual cuenta con tres plantas de producción localizadas en Quito, Guayaquil y Lasso, cada una de ellas se especializa en diferentes productos (NOVACERO S.A., 2012).

NOVACERO S.A. – Planta Lasso se localiza en el cantón de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Panamericana Norte Km. 16 vía a Quito, en un sector de ocupación industrial. Los límites del predio son: al norte con terrenos de la empresa de Lácteos INDULAC, al este con la Panamericana Norte, al sur limita con un terreno baldío propiedad de NOVACERO junto a la Hostería San Mateo y al oeste con terrenos baldíos de propiedad de la empresa NOVACERO S.A, los mismos que limitan con una línea férrea

La zona urbana donde se encuentra la planta se clasifica como *Zona Industrial Externa al Área Urbana*, según lo establecido en el ordenamiento territorial por la Municipalidad de Latacunga (NOVACERO S.A. Planta - Lasso, 2010)

En esta planta se producen laminados (Pressiso) y varilla de construcción, opera las 24 horas del día, distribuidas en tres turnos de trabajo para los procesos productivos del Tren 1 y Maquinaria Pesada; dos turnos laborales corresponde a: Tren 2, Laminados de Productos Pequeños, Figurados, Subestación Eléctrica, Comedor, Dispensario Médico, Bodegas; y un turno de 8 horas para el personal Administrativo. (NOVACERO S.A. Planta - Lasso, 2010)

Es importante resaltar que NOVACERO S.A. – Planta Lasso mantiene un compromiso ambiental que se refleja no sólo en el cumplimiento de la legislación ambiental sino también en la implementación de proyectos que contribuyan al mejoramiento de la gestión de los recursos y cuidado del ambiente. Un ejemplo de ello, es haber recibido el “Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental 2010”, como el máximo estímulo nacional ya que demostró la mejor aplicación de prácticas de Producción Más Limpia (P+L) en

la gestión empresarial, adoptándola como un valor de responsabilidad corporativa con su gente, las comunidades vecinas y el país.

Dicho proyecto consistió en la instalación de una planta de reciclaje de agua, con la que se optimiza el 97% de este recurso. Esto significa que aproximadamente 4000 metros cúbicos son reutilizados; validando que el único líquido que se pierde es por evaporación y purgas (NOVACERO S.A., 2010).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa NOVACERO S.A. a pesar de cumplir con la legislación ambiental del país: la Ley de Gestión Ambiental, referente a la evaluación de impacto y control ambiental, y el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en el que se destaca el Libro VI correspondiente a la Calidad Ambiental; ha manifestado su predisposición por apoyar la propuesta nacional de la implementación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, RETC, en el Ecuador.

De esta manera, el desarrollo del cálculo de la huella de carbono permite la elaboración de un reporte de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y a su vez la formulación de propuestas de reducción en los puntos críticos detectados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Según World Steel Association (2008), a nivel mundial los procesos productivos en la industria acerera emiten alrededor del 5% de CO₂ a la atmósfera. Por tal motivo, desde el 2011 el Ministerio del Ambiente ha elaborado la propuesta nacional de la implementación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, RETC, en el Ecuador. En dicho registro se debe encontrar información de las emisiones y transferencias de sustancias contaminantes

generadas por las industrias (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2011).

A pesar de que este proyecto aún no se ha puesto en marcha como un requerimiento obligatorio, se tiene previsto que el RETC sea una herramienta de fortalecimiento para ciertos instrumentos como la licencia ambiental y su seguimiento, el código de la producción, incentivos relacionados a la producción y consumo sustentable, entre otros. El RETC además será un componente del SUIA, Sistema Único de Información Ambiental (MAE, 2011).

Previamente a que este requerimiento ambiental entre en vigencia, la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso, requirió analizar su situación en cuanto a generación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Por lo que se desarrolló el cálculo de la huella de carbono, un indicador que además de informar la producción de GEI en unidades de CO₂e y proponer medidas de reducción en los puntos críticos determinados en la empresa; sirvió como línea base para la elaboración y presentación de los reportes de inventario de las emisiones de GEI a la entidad competente del proyecto RETC.

Adicionalmente, debido al compromiso ambiental de sostenibilidad que mantiene NOVACERO S.A. se ha planteó la realización de la huella de carbono corporativa como uno de los objetivos a cumplir dentro del plan de sostenibilidad del 2014 para disminuir la contaminación ambiental que provoca la producción de acero.

1.4 ALCANCE

El alcance del trabajo de titulación a realizar fue el cálculo de la huella de carbono corporativa de la empresa NOVACERO S.A – Planta Lasso. Para ello, se realizó inventarios de las mediciones de emisiones de gases de efecto invernadero que provinieron de las actividades desarrolladas en la planta industrial, los cuales fueron transformados en unidades de dióxido de carbono

mediante el respectivo equivalente; teniendo como referencia metodologías estándares que se han realizado respecto al tema, como lo es el *GHG Protocol* (GreenHouse Gas Protocol) y las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Con el fin de identificar los puntos más críticos dentro de la planta industrial y su posible impacto ambiental. De esta manera, se determinó la huella de carbono corporativa como un indicador ambiental de sostenibilidad, el cual sirvió para proponer las respectivas medidas ambientales para reducir las descargas de CO₂ al ambiente.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Desarrollar la huella de carbono corporativa para la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso como indicador ambiental.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar las fuentes emisoras de gases efecto invernadero a través de la línea base levantada.
- Cuantificar las emisiones de CO₂ equivalente de las actividades desarrolladas en la empresa mediante una metodología estándar.
- Proponer alternativas ambientales de reducción de gases de efecto invernadero para la contribución al desarrollo sustentable de la empresa mediante la identificación de puntos críticos.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El cambio climático hace referencia a una variación en el estado del clima en un periodo prolongado de tiempo, generalmente decenios, identificando alteraciones en la atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y en la superficie de la biósfera (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2011). En 1992, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático atribuye dicho cambio directa o indirectamente a las actividades humanas (Gil, 2009).

Asociado al cambio climático se encuentra el calentamiento global, causante del incremento de la temperatura global, específicamente de la atmósfera y océanos. Siendo su principal consecuencia el efecto invernadero, fenómeno encargado de mantener un clima equilibrado en el planeta a través de la absorción de ciertos gases. Tal comportamiento se refiere cuando éste ocurre de manera natural, sin embargo, debido a la actividad industrial se ha generado una mayor emisión de gases efecto invernadero (GEI) (Larios, 2008).

En el 2013 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), manifestó en el quinto informe con una certeza del 95% que el calentamiento global que ha existido en los últimos años es un hecho innegable e inequívoco siendo la causa dominante la emisión de gases efecto invernadero producto de las actividades antropogénicas. El aumento de la concentración de estos gases desde la era preindustrial se debe principalmente al uso de combustibles fósiles y al cambio de uso de suelo.

Por primera vez a nivel mundial se ha superado el límite de las 400 partes por millón en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera (Red de Observatorio [SUSWATCH], 2014). Además, a lo largo del último siglo se ha evidenciado el aumento de la temperatura media mundial por más de 0,8 °C. De hecho, se ha registrado que desde el 2000 al 2010 ha sido el periodo más

caluroso de la historia. Esto ha generado variaciones en el clima como precipitaciones intensas y olas de calor más frecuentes y severas (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2014).

Con el objetivo de enfrentar el calentamiento global y prevenir los efectos del cambio climático, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático elaboró el Protocolo de Kioto. Un acuerdo en el que los países miembros se comprometen a la mitigación y reducción de las emisiones de gases efecto invernadero (CMNUCC, 2014).

Los gases de efecto invernadero (GEI) que causan el calentamiento global son: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6). En la tabla 1 se describen los principales gases de efecto invernadero de acuerdo a la Organización Mundial de Meteorología (2010).

Tabla 1. Principales gases de efecto invernadero

Gas	Principales fuentes	Concentración preindustrial (ppm)	Concentración Actual (ppm)	Ritmo de crecimiento anual actual (%)	Vida atmosférica (años)
CO_2	Quema de combustibles fósiles, producción de cemento, cambios en el uso del suelo.	278	370	0.4	50-200
CH_4	Cultivos de arroz, rellenos sanitarios, ganadería	0.7	1.8	0.44	12.2
NO_2	Agricultura, quema de biomasa, procesos industriales, quema de combustibles fósiles	275	317	0.25	120

Tomado de Organización Mundial de Meteorología, 2010.

En el caso de la industria siderúrgica, la fabricación de acero tiene como consecuencia la emisión de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado (Ferrasa Corporation, 2013).

Las emisiones de CO₂ ocurren principalmente en el proceso de reducción del mineral de hierro en los altos hornos, por cada tonelada de acero producido se emite un promedio de unas 1,7 toneladas de dióxido de carbono. Según la International Energy Association (IEA), la industria del hierro y del acero es responsable de aproximadamente un 4% - 5% del total de las emisiones mundiales de CO₂ (World Steel Association, 2008).

Las emisiones de SO_x provienen principalmente del azufre contenido en los concentrados de mineral de hierro y el carbón, mientras que las emisiones de NO_x provienen sobre todo por el proceso de combustión en los hornos de coque, las plantas de síntesis y los hornos de recalentamiento de los laminadores. Las emisiones de polvos se producen en procesos metalúrgicos y dispersantes usados en la producción de hierro y acero (World Steel Association, 2008).

2.2 INDICADORES AMBIENTALES DE SOSTENIBILIDAD REFERENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO

En los últimos años se ha evidenciado un deterioro ambiental debido principalmente a los gases emitidos por las actividades del sector industrial, los cuales por su alta concentración en la atmósfera son causantes del cambio climático y calentamiento global. Por esta razón, dentro del campo ambiental es necesario determinar la sostenibilidad mediante indicadores que permitan el control y evaluación del medio ambiente, así como la calidad de vida (De Tapia, Martín, Fernández, Román, Salvado, & Espinosa, 2012).

Se han desarrollado diversos indicadores para analizar distintos aspectos como: cambio climático, escasez de recursos, consumo energético, calidad de

agua y aire, entre otros. Su aplicación dependerá de la organización y los objetivos específicos que se hayan trazado cumplir (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2009).

En la tabla 2 se muestran los principales indicadores ambientales de sostenibilidad usados para determinar el impacto de las actividades humanas sobre el ecosistema.

Tabla 2. Indicadores ambientales de sostenibilidad

	Principio	Unidades de medida	Resultado	Aplicación
Huella Ecológica	Transforma tanto los consumos de recursos y energía a hectáreas de terreno productivo como: cultivos, pastos, bosques, entre otras.	Superficie Ha/año	Se detalla el impacto preciso sobre el ambiente.	Poblaciones, regiones, países, sector agrícola (actividades productivas).
Huella Hídrica	Volumen total de agua consumida para la producción de bienes y servicios de individuos, empresas o países.	Tiempo, masa m^3/kg , $m^3/año$	La información generada es complementaria a los indicadores que son usados en el sector productivo.	Población, países, sector productivo (consumo de agua dulce)
Huella de Carbono	Cuantificación de los gases de efecto invernadero que son emitidos principalmente por la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, transporte entre otros procesos.	Masa Ton $CO_2e/año$	Determinar la incidencia en el cambio climático por las actividades que se desarrollen en la organización o por el ciclo de vida de un producto, servicio o evento	Poblaciones, países, empresarial.

Los indicadores ambientales de sostenibilidad propuestos son herramientas útiles para la cuantificación y análisis del consumo de recursos. La elección del

indicador es de acuerdo a los impactos ambientales ocasionados por el cambio climático y a los objetivos propuestos en el Protocolo de Kioto (Pichs, 2011).

2.3 LA HUELLA DE CARBONO COMO INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

La huella de carbono es uno de los indicadores que ha logrado mayor aceptación para identificar, sintetizar y difundir de manera precisa los impactos ambientales de un proceso o producto. Esta huella está íntimamente relacionada con el cambio climático ya que representa un elemento primordial de responsabilidad social de las empresas. Por consiguiente, este indicador ha sido escogido para el desarrollo del presente proyecto como una herramienta estratégica para la determinación de las medidas de mitigación del cambio climático, además de que se encuentra alineada con los compromisos del Protocolo de Kioto (López, 2008).

En la huella de carbono influyen parámetros que deben ser definidos claramente con el fin de realizar un correcto cálculo. Específicamente son necesarios los datos de la actividad, los factores de emisión y el potencial de calentamiento global (Van Ypersele, 2008).

2.3.1 Datos de la actividad

Este parámetro se refiere a la toma de datos relacionados con las emisiones producidas por cada actividad identificada a lo largo de un periodo, generalmente, en un año (Observatorio de la Sostenibilidad en España [OSDE], 2012).

Para el consumo de combustible, las fuentes de combustión fijas se expresan en unidades de energía (TJ) y se puede calcular como el producto de consumo de combustible y el valor calorífico del combustible utilizado. En las fuentes de combustión móviles al no existir un consumo de combustible específico, los datos se pueden obtener en relación a la distancia (Km). En el caso de

consumo eléctrico, los datos son equivalentes al consumo de kilo watts por hora (kWh) (OSDE, 2012).

2.3.2 Factor de emisión

Para la medición directa de gases de efecto invernadero no es común realizar el monitoreo de concentración y flujo, en muchos de los casos se calcula mediante el balance de masa o fundamento estequiométrico de acuerdo al proceso analizado. No obstante, el método más usado para el cálculo de las emisiones de estos gases es a través de factores de emisión documentados (World Business Council for Sustainable Development [WBCSD], World Resources Institute [WRI] y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México [SEMARNAT], 2006).

Los factores de emisión son valores representativos que relacionan la cantidad de un contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a su generación (EPA, 2014). Por lo tanto, para el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero se debe tener en cuenta los factores de emisión de acuerdo a actividades que se hayan identificado.

Las emisiones que se encuentran relacionadas con el consumo de combustible se calculan usando factores de emisión publicados. Las emisiones referentes al consumo eléctrico se estiman mediante los factores de emisión proporcionados por la red eléctrica local. Otras emisiones que dependen de datos de las actividades de la empresa como el transporte, se calculan a partir de factores de emisión publicados o de terceras partes (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006).

2.3.3 Potencial de calentamiento global

Cada gas de efecto invernadero afecta a la atmósfera en diferente grado y permanece en ella durante un periodo distinto. La representación de la medida

en la que un determinado gas puede absorber la radiación infrarroja y el tiempo que persiste en la atmósfera se denomina Potencial de Calentamiento Global (PCG) o *Global Warming Potential* (GWP). Este índice es calculado para periodos de 20, 100 o 50 años, en el Protocolo de Kioto el PCG está basado para 100 años ya que es el valor más frecuente (Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC], 2007).

Para establecer los efectos de los distintos gases, el PCG determina el potencial de calentamiento de un gas en específico y lo compara con el gas que posee un volumen igual de CO₂ en el mismo lapso de tiempo, en consecuencia, el PCG del CO₂ es siempre 1 (IPCC, 2007). Por ejemplo, para un periodo de 100 años el PCG del metano es 25, lo que quiere decir que la emisión de 1 tonelada de metano es equivalente a 25 de toneladas de CO₂ equivalente. Por lo tanto, la unidad de medida usada para expresar el PCG de los gases de efecto invernadero es el CO₂ equivalente (CO₂e).

2.4 PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES PARA LA CONTABILIDAD DE LA HUELLA DE CARBONO

Existe una diversidad de metodologías para el cálculo de la huella de carbono, muchas de ellas son reconocidas a nivel mundial y han influenciado en varios estudios actuales en cuanto a emisiones de GEI. Por este motivo, es importante enfatizar en el análisis de los estándares y protocolos que son utilizados por productos y organizaciones más representativas del mercado para la medición y reporte de GEI. A continuación en la tabla 3 se presentan las metodologías más aplicadas a nivel mundial para el cálculo de la huella de carbono.

Tabla 3. Metodologías para el cálculo de la huella de carbono

Metodología	Gases considerados	Enfoque	Ventajas	Desventajas
<i>GHG Protocol</i>	Seis principales del Protocolo de Kioto	Organización	Posee herramientas de cálculo la cuantificación de emisiones de GEI de acuerdo al sector productivo específico que pertenezca la empresa.	No considera otros impactos ambientales y ofrece pocas recomendaciones de reducción de emisiones.
<i>Bilan Carbon</i>	Todos los gases de efecto invernadero	Organización/ producto	Ofrece la función de recomendación de reducción de emisiones.	No se venden licencias de <i>Bilan Carbon TM</i> sino más bien se ofrecen cursos de capacitación a las personas interesadas.
Método de cuentas contables (MC3)	Todos los gases de efecto invernadero	Organización/ producto	Se obtiene la huella de carbono en función de los recursos consumidos (huella energética) y según las emisiones de CO ₂ que no son absorbidas por el consumo de recursos de origen biótico (huella natural).	Aplicado a pequeña escala en universidades, vertederos, plantas de tratamiento de aguas, concesionarios de vehículos, etc.

2.4.1 Metodología del *GHG Protocol* para la contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero

Debido a que la fabricación de hierro y acero es una actividad intensiva en energía que genera dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en varias etapas durante el proceso de producción, el *GHG Protocol* ha establecido una herramienta de cálculo para este sector industrial que incorpora métodos para cada uno de estos tres gases de efecto invernadero.

Por lo tanto, para el cálculo de la huella de carbono corporativa de Planta Lasso de NOVACERO S.A. se seleccionará esta metodología que facilitará la recolección de datos, compilación, interpretación y discriminación de datos no esenciales a partir de la herramienta de cálculo específica para el sector acerero. Además que permitirá definir las fronteras del sistema, la caracterización y clasificación de los gases y la adaptación del protocolo a escenarios locales.

2.4.1.1 Límites del sistema para la contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero

Para llevar a cabo el desarrollo de la huella de carbono corporativa se debe determinar los límites del inventario de las emisiones de GEI, dichos límites son organizacionales y operacionales. Los límites organizacionales dependen de la estructura de la empresa para identificar las operaciones que son de propiedad absoluta o sobre las que ejerce un control, mientras que los límites operacionales implican las emisiones de GEI de dichas operaciones dividiéndolas en directas o indirectas (GHG Protocol, 2008).

La determinación de los límites organizacionales y operacionales de la empresa es un requisito fundamental para el logro de una medición correcta y transparente, ya que al definir estas fronteras se establece la magnitud y profundidad de la información que va a ser recopilada. Para ello es necesario realizar la identificación de las áreas y actividades que se desarrollan en la empresa (Dómenech, 2007).

A. Límites organizacionales

Para los inventarios corporativos, la contabilidad exacta de las emisiones de una fuente depende de si esa fuente es propiedad absoluta o persona jurídica sociedad conjunta, filial, u otra. El *GHG Protocol* ofrece dos métodos para la determinación de cómo debe llevarse a cabo dicha contabilidad.

- Enfoque de participación accionaria

Una empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción que posee en la estructura accionaria. Este enfoque manifiesta un interés económico, lo cual establece el alcance de los derechos que la empresa tiene sobre los riesgos y beneficios de una actividad u operación (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006).

- Enfoque de control

Una empresa informa el 100% de las emisiones de las fuentes sobre las que tiene control. Dos criterios alternativos pueden utilizarse para definir el control:

- Control financiero: Una empresa ejerce el control financiero de la fuente si tiene la capacidad de dirigir tanto las políticas financieras y operativas de dicha fuente con el fin de obtener beneficios económicos (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006).
- Control operacional: Una empresa tiene el control operacional de una fuente si se tiene la completa autoridad para introducir y aplicar sus políticas y prácticas de operación en la fuente (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006).

B. Límites operacionales

La determinación de los límites operacionales involucra identificar las emisiones directas e indirectas generadas y de esta manera determinar los alcances de cuantificación de GEI, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Alcances de GEI según el GHG Protocol

Alcance	Emisiones consideradas	Emisiones Excluidas	Ejemplos
ALCANCE 1 Emisiones directas	Emisiones generadas en fuentes propias o controladas por la empresa.	Emisiones de GEI que no constan en el Protocolo de Kyoto como CFCs, NO _x .	Emisiones de la combustión en calderas, hornos y vehículos. Emisiones de la producción química en equipos de procesos propios o controlados.
ALCANCE 2 Emisiones indirectas	Emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa.	Emisiones generadas fuera del límite organizacional.	Emisiones provenientes de máquinas eléctricas.
ALCANCE 3 Otras emisiones indirectas	Emisiones generadas en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa.	Emisiones contempladas en el alcance 2.	Emisiones generadas por el transporte de materia prima realizado por terceros.

En la figura 1 se muestra la identificación de los alcances y las emisiones a través de la cadena de valor.

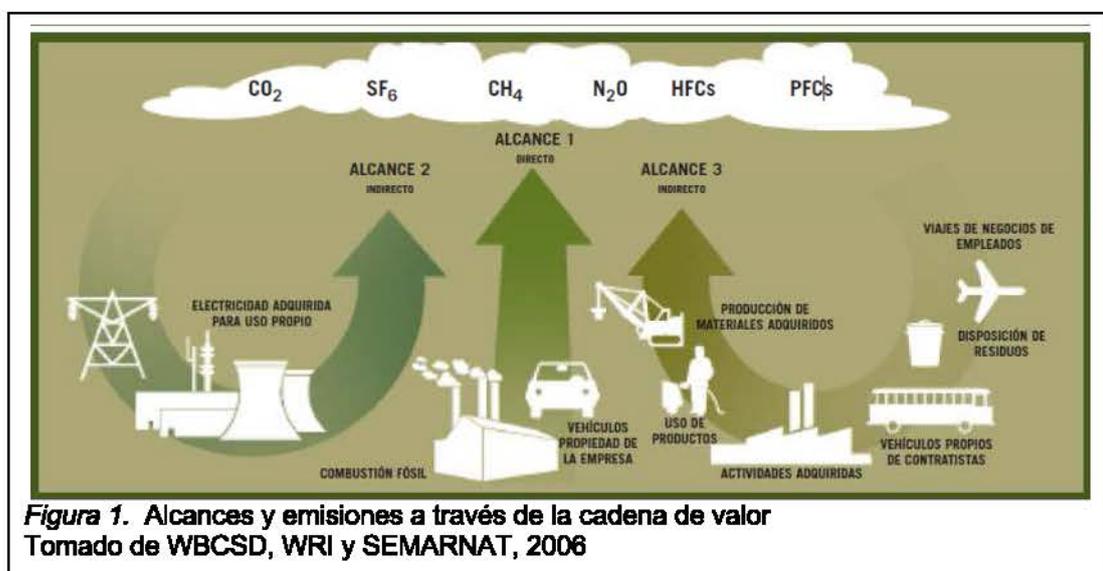


Figura 1. Alcances y emisiones a través de la cadena de valor
Tomado de WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006

2.4.1.2 Niveles para la aplicación de ecuaciones para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero

Para la recopilación de los datos de las emisiones de GEI se requiere determinar el nivel o *tier* para la aplicación de las respectivas ecuaciones de cálculo. Dicho nivel hace referencia al detalle de la información que va a ser recopilada dentro de la empresa.

Existen tres tipos de niveles de acuerdo al detalle y especificación de los datos recolectados, es decir, a medida que aumentan el nivel la información debe ser más específica y consecuentemente los cálculos serán más precisos. A continuación en tabla 5 se presentan las definiciones y diferencias de los niveles de acuerdo a su clasificación.

Tabla 5. Niveles para las ecuaciones de cálculo de GEI

Niveles	Definiciones	Diferencia
NIVEL 1	Los datos obtenidos son generales ya que son multiplicados por factores de emisión establecidos.	Valor predeterminado global.
NIVEL 2	Los datos obtenidos son menos generales, reflejan las prácticas industriales habituales dentro de un país específico.	Valor predeterminado nacional o regional.
NIVEL 3	Los datos obtenidos son más precisos ya que se toma en cuenta la composición de los materiales y los tipos de tecnologías usadas en la instalación.	Valor específico de la instalación.

Adaptado de GHG Protocol, 2008.

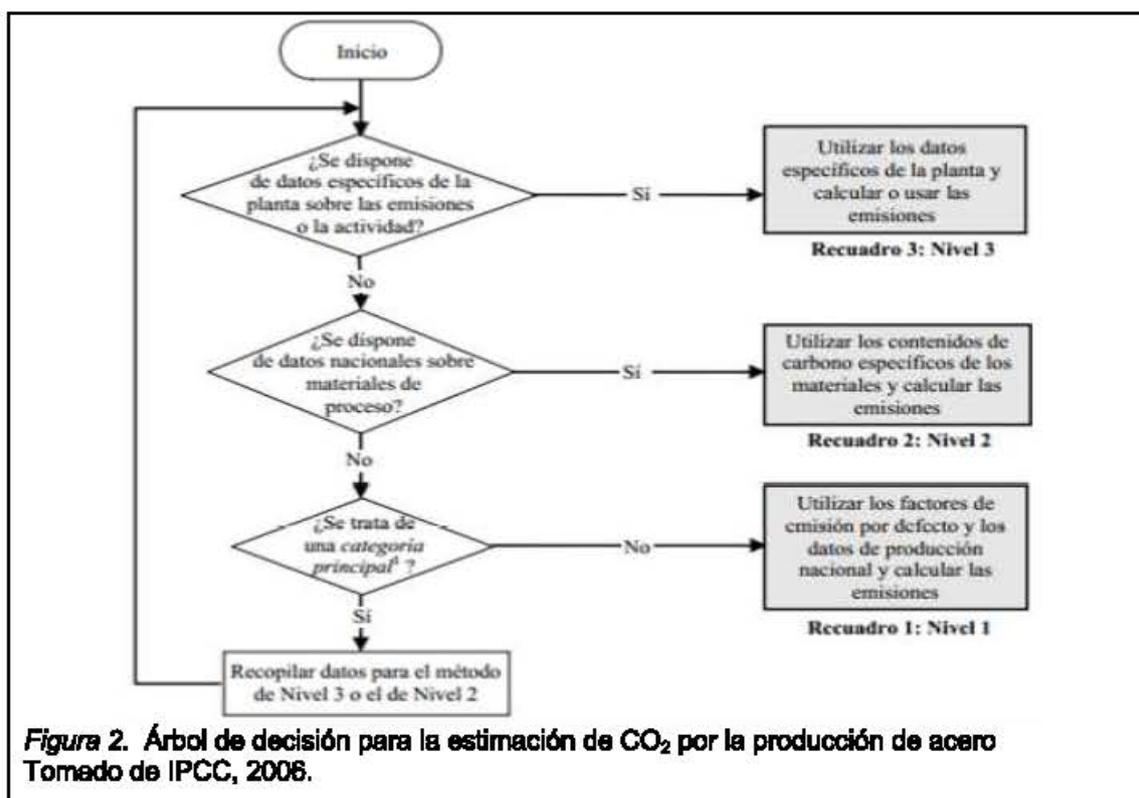
Los niveles o *tiers* establecerán la precisión de los cálculos obtenidos en cada alcance ya sea en las emisiones generadas en las fuentes propias o controladas por la empresa (alcance 1), o en las emisiones generadas por la electricidad adquirida y consumida por la misma (alcance 2). Por lo tanto, dentro de un mismo alcance pueden encontrarse los tres tipos de niveles o *tiers* dependiendo de los datos recolectados en las fuentes de emisión.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de matriz de la relación entre los alcances y los niveles.

Tabla 6. Matriz de alcances y niveles de GEI

ALCANCE 1 Emissiones directas	Nivel 1: Promedios globales del sector
	Nivel 2: Promedios de prácticas Industriales nacionales
	Nivel 3: Datos específicos de la Instalación a ser estudiada
ALCANCE 2 Emissiones Indirectas	Nivel 1: Promedios globales del sector
	Nivel 2: Promedios de prácticas industriales nacionales
	Nivel 3: Datos específicos de la instalación a ser estudiada
ALCANCE 3 Otras emisiones directas	Nivel 1: Promedios globales del sector
	Nivel 2: Promedios de prácticas industriales nacionales
	Nivel 3: Datos específicos de la instalación a ser estudiada

En una industria perteneciente al sector acerero, la elección de un nivel dependerá de las circunstancias nacionales, tal como se indican en el árbol de decisión de la figura 2 para las emisiones de CO₂ generadas en la producción de hierro y acero.



Por lo tanto, el nivel 1 se basa en datos sobre la producción y en factores de emisión por defecto, siendo apropiado sólo si la producción de acero no constituye una *categoría principal*, es decir, cuando no se considera como prioridad en el sistema del inventario de gases de efecto invernadero del país.

El nivel 2 estima las emisiones de CO₂ de la producción de hierro y acero a partir de datos sobre el consumo conocido de materias primas, incluidos los agentes reductores, y en datos genéricos de la industria. Y el nivel 3 requiere datos específicos de la planta industrial analizada (IPCC, 2006).

2.4.1.3 Elección del año base

Para reportar las emisiones de GEI, se debe elegir un año base y justificar las razones por las que se selecciona ese año en particular. El inventario del año base que se obtiene es utilizado para dar seguimiento a los objetivos de disminución de emisiones de GEI.

2.4.1.4 Umbral de significancia

Se debe definir un criterio tanto cualitativo como cuantitativo para realizar cualquier ajuste en las emisiones del año base, y de esta manera hacer algún recálculo o determinar algún cambio relevante en los datos (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006).

Según la guía del estándar corporativo de contabilidad y reporte de GEI del *GHG Protocol* (2006) establece que el umbral de significancia que usualmente se aplica es del 10%. Sin embargo para una mayor precisión en la cuantificación de emisiones de GEI varias empresas prefieren tomar un umbral de significancia del 5%.

2.4.1.5 Materialidad para la emisión de gases de efecto invernadero

La materialidad es un margen de error del 5% sobre o debajo de la declaración de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por factores internos o externos. La materialidad es estándar dentro de las prácticas de contabilidad financiera y representa la cantidad de emisiones insignificantes permitidas (WBCSD, WRI y SEMARNAT, 2006).

Las entidades tienen la flexibilidad de definir específicamente el tipo de gas de efecto invernadero de las emisiones que se considera como insignificante en el ámbito de sus operaciones. Por lo tanto, la definición de materialidad aborda los errores e inexactitudes reportados por una entidad con respecto a sus emisiones de gases de efecto invernadero. Una imprecisión se produce cuando las emisiones directas o indirectas establecidas de una empresa se diferencian de sus emisiones reales, más o menos cinco por ciento. En el registro, estas incertidumbres inherentes pueden ser el resultado de errores de redondeo, errores numéricos, los factores de emisión de incertidumbre, u otros errores de cálculo (Verisae, 2009).

2.5 MARCO LEGAL PARA LA HUELLA DE CARBONO

En el ámbito nacional e internacional se han elaborado normas, leyes y protocolos con el objetivo de establecer medidas para hacer frente al cambio climático, siendo la huella de carbono una de las alternativas para la reducción de los gases de efecto invernadero, causantes principales de la alteración del sistema climático.

2.5.1 Marco legal ecuatoriano

A nivel nacional mediante el artículo 414 de la Constitución de la República del Ecuador, el Estado se compromete a adoptar medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático a través de ciertas

alternativas, entre ellas, la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como, implementar medidas para la conservación de la naturaleza y protección de la población que se encuentre en riesgo (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

En el Decreto N° 1815 publicado en el Registro Oficial 636 del 17 de julio de 2009, el Presidente de la República del Ecuador declara como política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático, y encarga al Ministerio del Ambiente formular y ejecutar la estrategia nacional para dar a conocer a la población las acciones para enfrentar a este proceso natural (República del Ecuador, 2009).

Por tal motivo, en el 2010 se crea por Decreto Ejecutivo 495 el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC) con el objetivo de coordinar y facilitar la implementación de las políticas nacionales correspondientes al cambio climático y los compromisos que se firmaron en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2010).

Adicionalmente, en el Plan Nacional para el Buen Vivir realizado para el periodo 2013 - 2017, en su séptimo objetivo de sostenibilidad, se plantea incorporar criterios de mitigación y adaptación al cambio climático mediante programas y evaluaciones de impacto, vulnerabilidad y riesgo en el territorio. Conjuntamente, se pretende promover la eliminación de incentivos que afectan a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en los sectores que dependen del consumo de combustibles fósiles (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2013).

2.5.2 Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto (PK) se basa en los principios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, es decir, es un acuerdo

internacional en el los países industrializados se comprometen a controlar y disminuir las emisiones de seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (CMNUCC, 2014). Este acuerdo fue adoptado inicialmente en el 11 de diciembre de 1997 pero no entró en vigor sino hasta el 16 de febrero del 2005.

El PK establece metas vinculantes de reducción para 37 países y la Unión Europea ya que se los considera como los principales responsables de la emisión de estos gases en las últimas décadas. Mientras que los países en vías de desarrollo se comprometen a utilizar nuevas tecnologías que reduzcan el uso de combustibles fósiles. Es por eso que el protocolo tiene el principio de: *responsabilidad común pero diferenciada* (CMNUCC, 2014).

Los gobiernos signatarios se comprometieron específicamente a reducir el 5% de sus emisiones desde 2008 hasta el 2012, teniendo como base las emisiones registradas en 1990. Sin embargo, en el 2013 se llevó a cabo la décimo novena Cumbre de las Naciones sobre Cambio Climático (COP 19), en la que se concluyó una resolución para alargar este periodo de compromiso hasta el 2020.

Asimismo, el PK implantó tres componentes básicos para que se pueda llegar a cumplir los compromisos, que son conocidos como *mecanismos de flexibilidad*.

Tabla 7. Mecanismos del Protocolo de Kioto

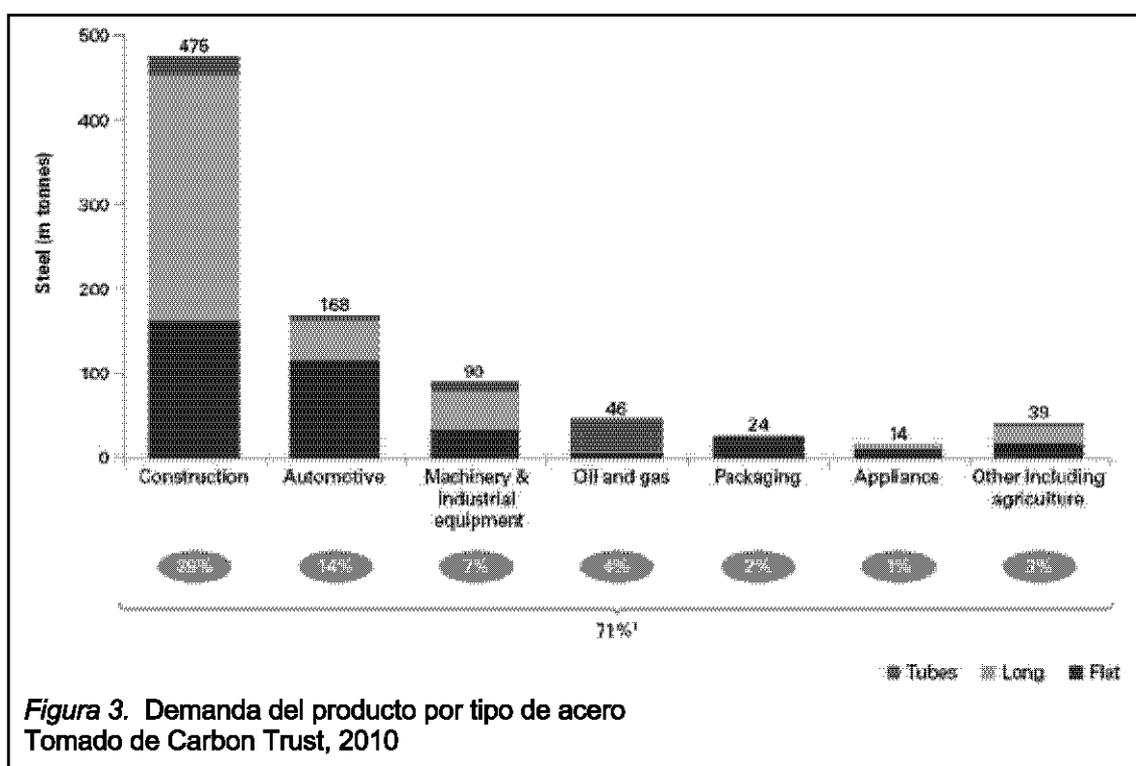
	Protocolo de Kioto	Principio	Obtención	Ejemplo
Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)	Artículo 12	Los países industrializados se comprometen en transferir tecnologías limpias o financiar proyectos en países en vías de desarrollo.	Créditos por reducciones certificadas de las emisiones (CER).	Proyecto de electrificación en el que se instalen paneles solares o se usen calderas que garanticen un menor consumo.
Aplicación conjunta	Artículo 6	Los países industrializados implementan proyectos sostenibles en otros países industrializados.	Créditos por reducciones certificadas de las emisiones (CER).	En un país industrializado implementa un plan de eficiencia energética o un proyecto de reforestación en otro país industrializado.
Comercio de emisiones	Artículo 17	Sistema en el que los gobiernos, organizaciones o individuos pueden comprar y vender los certificados de emisiones reducidas de los gases de efecto invernadero (CER).	Bonos de carbono	La implementación del programa de cocinas mejoradas a cargo del Proyecto Especial Copasa en Perú, permite acceder a bonos de carbono.

2.6 EL ACERO Y LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

El acero es fundamental y esencial para el desarrollo de las actividades de la vida moderna y para el crecimiento económico. A nivel mundial la tasa de la demanda de acero ha crecido notablemente, es así que desde 1950 al 2007 la producción de acero ha aumentado seis veces hasta llegar a 1343,5 millones

de toneladas métricas (World Steel Association, 2008). Para satisfacer esta demanda existen diferentes tipos de acero, los cuales han sido diseñados con determinadas especificaciones para cumplir con las exigencias de los usuarios.

La variedad de aceros depende principalmente de la composición química y del amplio espectro de microestructuras que le otorgan al acero una diversidad de propiedades (World Steel Association, 2008). En la figura 3 se presenta la demanda global del producto en base al tipo de acero, determinando que el sector que tiene mayor demanda es el de la construcción con el 39%, seguido con el 14% que corresponde al sector automotriz.



El 29% de la demanda global final de acero se encuentran en pasos intermedios, incluyendo la transformación, procesamiento y centro de servicios del acero.

Los países o regiones que se encuentran entre los mayores productores de acero son: China, la UE, Japón, EE.UU. y Rusia, los cuales fueron

responsables del 74% de la producción mundial en el 2007 de acuerdo a lo que se presenta en la tabla 8.

Tabla 8. Mayores productores mundiales de acero

País/Región	Producción de acero crudo (millones de toneladas métricas)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. China	494,9	500,3	573,6	626,7	683,3	724,7	779,0
2. Unión Europea	210,2	198,2	139,3	172,8	177,7	168,6	165,6
3. Japón	120,2	118,7	87,5	109,6	107,6	107,2	110,6
4. Estados Unidos	98,1	91,4	58,2	80,6	86,2	88,6	87,0
5. India	53,5	57,8	62,8	68,3	72,2	77,3	81,2
6. Rusia	72,4	68,5	60,0	66,9	68,7	70,6	69,4
7. Corea del sur	51,5	53,6	48,6	58,5	68,5	69,3	66,0
8. Alemania	48,6	45,8	32,7	43,8	44,3	42,7	42,6
9. Turquía	25,8	26,8	25,3	29,0	34,1	35,9	34,7
10. Brasil	33,8	33,7	26,5	32,8	35,2	34,7	34,2

Tomado de World Steel Association, 2013

Estos países han logrado un desarrollo considerable de la industria siderúrgica en los últimos 25 años a partir de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten aumentar la producción de acero y disminuir el impacto ambiental.

2.6.1 Métodos para la producción de acero

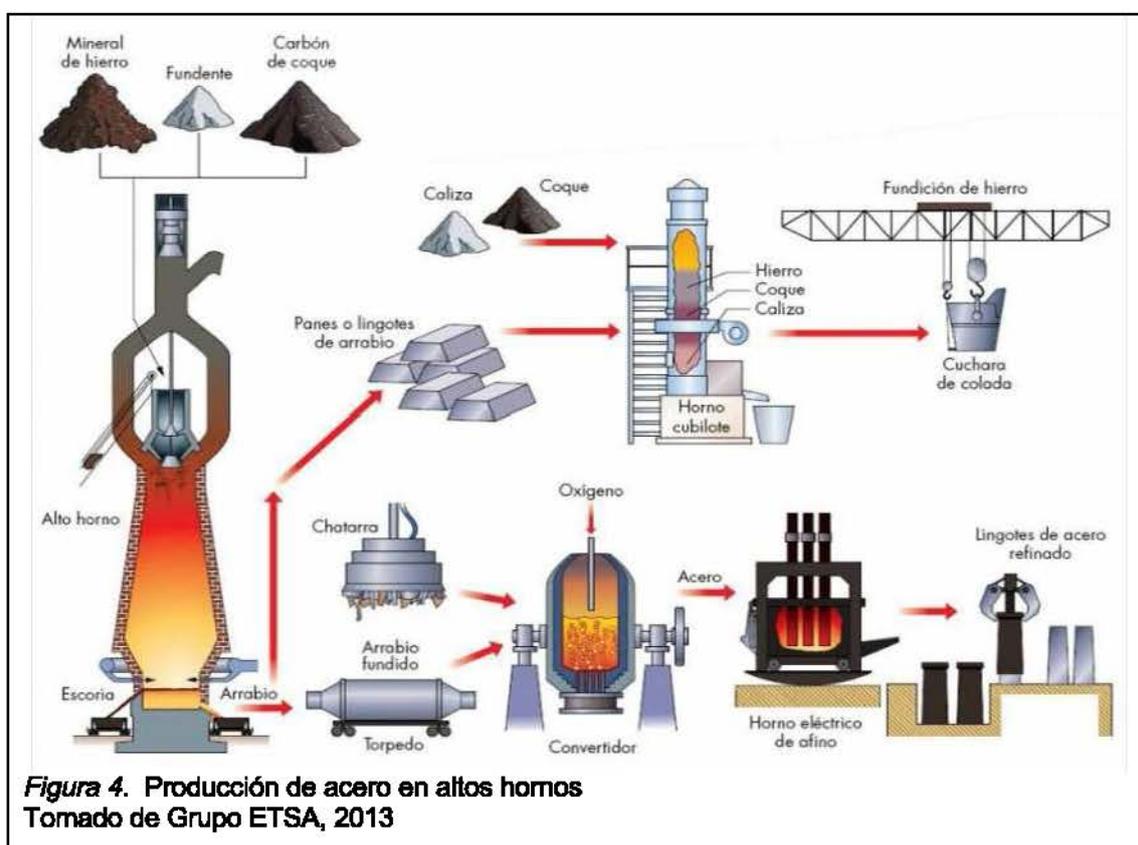
En la producción del acero existen dos métodos distintos, la siderurgia integral y la siderurgia eléctrica, determinados a partir de la materia prima que se utiliza en cada uno de ellos.

En la siderurgia integral la materia prima es el mineral de hierro y junto con el carbón de coque y el sinter conforman la carga para el horno (alto horno), en éste se producen una serie de reacciones químicas que permiten la reducción

de los óxidos naturales del hierro, obteniendo un producto metálico llamado arrabio, que se utiliza en estado líquido para la producción de acero (Ferrasa Corporation, 2013).

En el Ecuador debido a la información geológica que existe, no se dispone de una industria siderúrgica integral ya que no se han descubierto yacimientos que contengan suficiente mineral hierro para ser explotados, además, de la ausencia de carbón mineral con alto poder energético que es usado en la fundición (Portilla, 2012).

En la figura 4 se muestra un diagrama del proceso que se lleva a cabo en los altos hornos para la fabricación de acero.

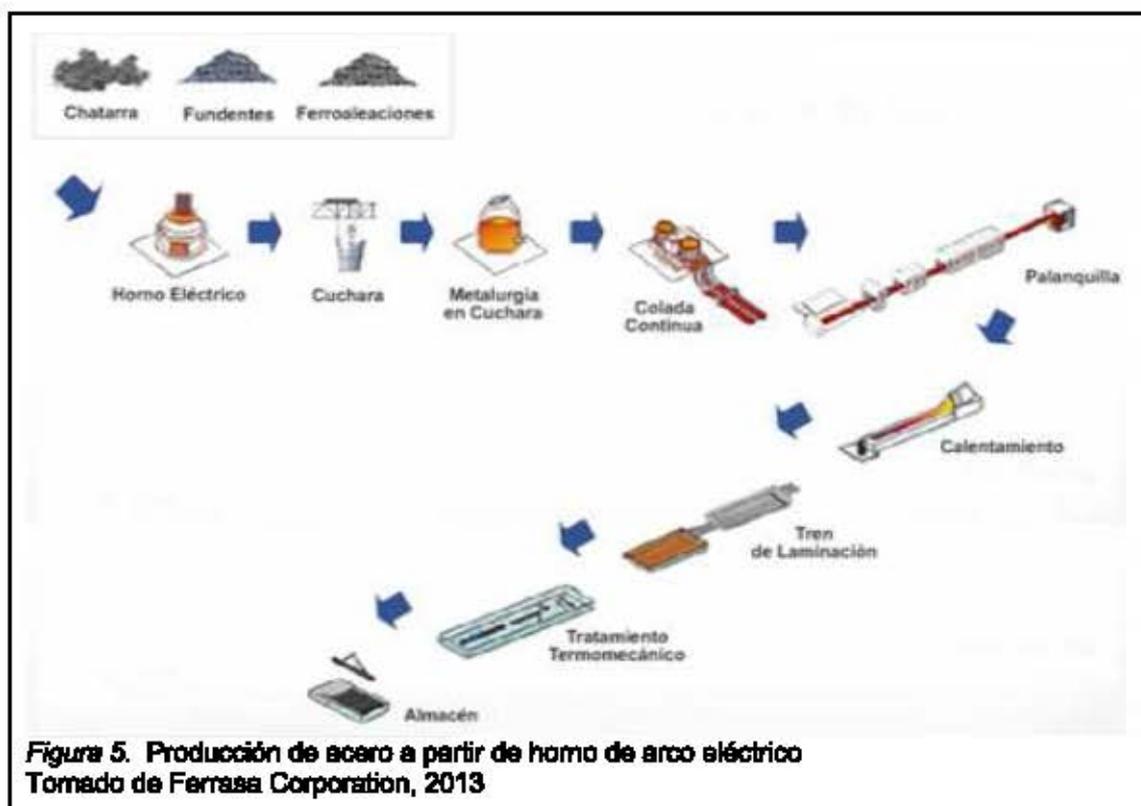


En la siderurgia eléctrica el proceso es diferente, la chatarra es la materia prima, la cual es fundida en una acería constituida por un horno de arco eléctrico (EAF, por sus siglas en inglés). El consumo de energía eléctrica es de

aproximadamente 390 kWh por cada tonelada de acero producido, aunque existen hornos que consumen 300 kWh, o incluso menos (López, 2011).

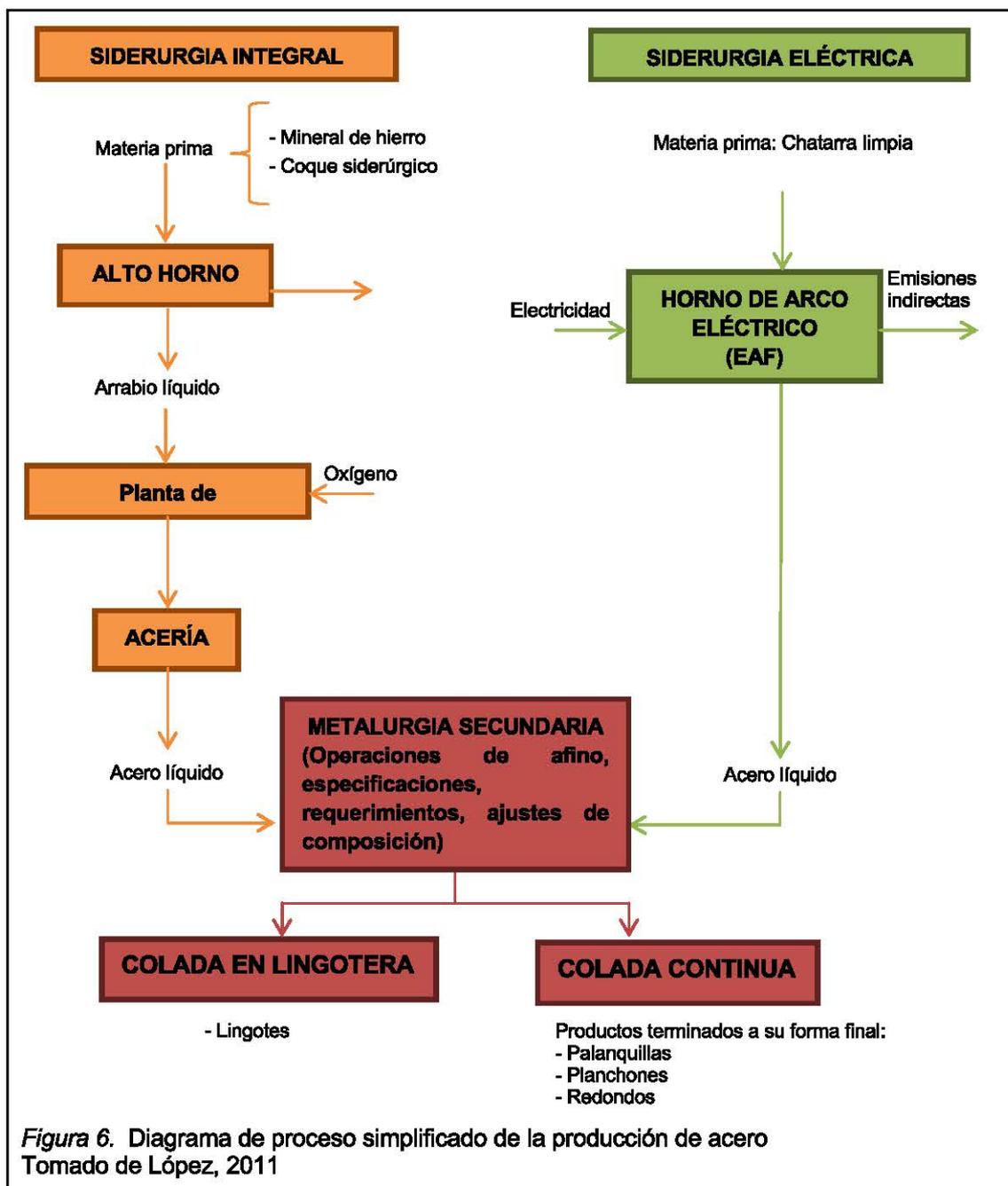
En América Latina en el 2011 se produjo 31 515 000 toneladas métricas de acero en EAF, equivalente al 47,5% de la producción regional total. Dicho porcentaje está por encima del promedio mundial, lo que indica la importancia de este método de producción de acero para la región. Los cuatro principales productores por esta vía son: México, Venezuela, Brasil y Argentina (Madías, 2011). En el Ecuador existen tres empresas acereras representativas que poseen EAF para procesamiento de briqueta/hierro, pellets y chatarra principalmente: NOVACERO S.A., Adelca y Andec (Instituto Nacional de Preinversión, 2013).

En la figura 5 se presenta la producción de acero a partir de EAF.



En ambos métodos, hornos de arco eléctrico y altos hornos, el acero fundido pasa a la máquina de colada para obtener productos semielaborados

(palanquillas) que necesitan ser laminados en caliente para salir al mercado en la forma, dimensiones y propiedades adecuadas. A continuación en la siguiente figura se presenta un diagrama simplificado del proceso de fabricación de acero comparando los dos tipos de horno.



En cuanto a las emisiones de CO₂, en un horno de arco eléctrico (EAF) se producen emisiones mínimas a diferencia de un alto horno que emite,

relativamente, una gran cantidad de gases contaminantes y polvo que requieren de un tratamiento previo para ser liberados a la atmósfera (López, 2011). Esto sucede debido a que el CO_2 se forma principalmente en la producción de acero en altos hornos por la presencia del carbono en forma de coque siderúrgico que es usado como reductor químico. Esta forma de carbono elimina el oxígeno contenido en el mineral, lo que resulta en la formación de hierro líquido, monóxido de carbono (CO) y CO_2 . El CO se convierte entonces en CO_2 cuando el gas producido en el alto horno se quema en otra parte de la acería, por ejemplo, para generar electricidad (TATA Steel Group, 2011).

En los hornos de arco eléctrico se produce también CO_2 pero en cantidades más reducidas ya que no se presentan las mismas reacciones químicas que en un alto horno. Estas emisiones se generan principalmente durante los procesos de fundición y refinación, que eliminan el carbono en forma de CO y CO_2 de los materiales de carga y electrodos de carbono. Las emisiones del EAF son capturadas y enviadas a las cámaras de filtros para eliminar el material particulado; es por eso que este proceso es considerado menos contaminante y permite cumplir más fácilmente con las legislaciones ambientales (U.S. Environmental Protection Agency, 2012). La Agencia Internacional de Energía prevé que hasta el año 2050 exista una participación de acerías eléctricas cercana al 50% (Madías, 2011).

2.7 CASO DE ESTUDIO: NOVACERO S.A.

NOVACERO S.A. es una empresa ecuatoriana, constituida desde 1973 que se dedica al desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción. La empresa cuenta con tres plantas de producción localizadas en Quito, Guayaquil y Lasso, cada una de ellas se especializa en diferentes productos. La Planta ubicada en Guayaquil, fabrica tuberías, perfiles y cubiertas metálicas de acero; la Planta de Quito, se dedica a la construcción de soluciones viales de acero, y la Planta de Lasso donde se producen perfiles de

acero laminados en caliente como ángulos, platinas, cuyo principal producto es la varilla de construcción antisísmica sismorresistente.

Para el desarrollo de la huella de carbono corporativa se seleccionó una instalación específica, resultando la planta industrial Lasso como el escenario de estudio para el presente trabajo. Los resultados obtenidos servirán como base para el resto de instalaciones que deseen implementar la huella de carbono como indicador ambiental de sostenibilidad.

2.7.1 Descripción del área de estudio NOVACERO S.A. – Planta Lasso

La Planta Lasso de NOVACERO S.A. se encuentra ubicada en la parroquia Tanicuchí, del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, Panamericana Norte Km. 16, vía a Quito, de coordenadas geográficas UTM: 765504 E, 9'912.416N, de una extensión de 392,13 Ha. En la figura 7 se muestra la ubicación geográfica de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.



*Figura 7. Ubicación geográfica NOVACERO S.A.- Planta Lasso
Tomado de Google Earth, 2014*

Esta planta Industrial comprende 201.657 m², que corresponden a diversas zonas como: área de producción, áreas administrativas, áreas de tránsito, comedor, estacionamiento, vestidores, áreas verdes, entre otras. A continuación en la figura 8 se presenta la distribución de las áreas de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

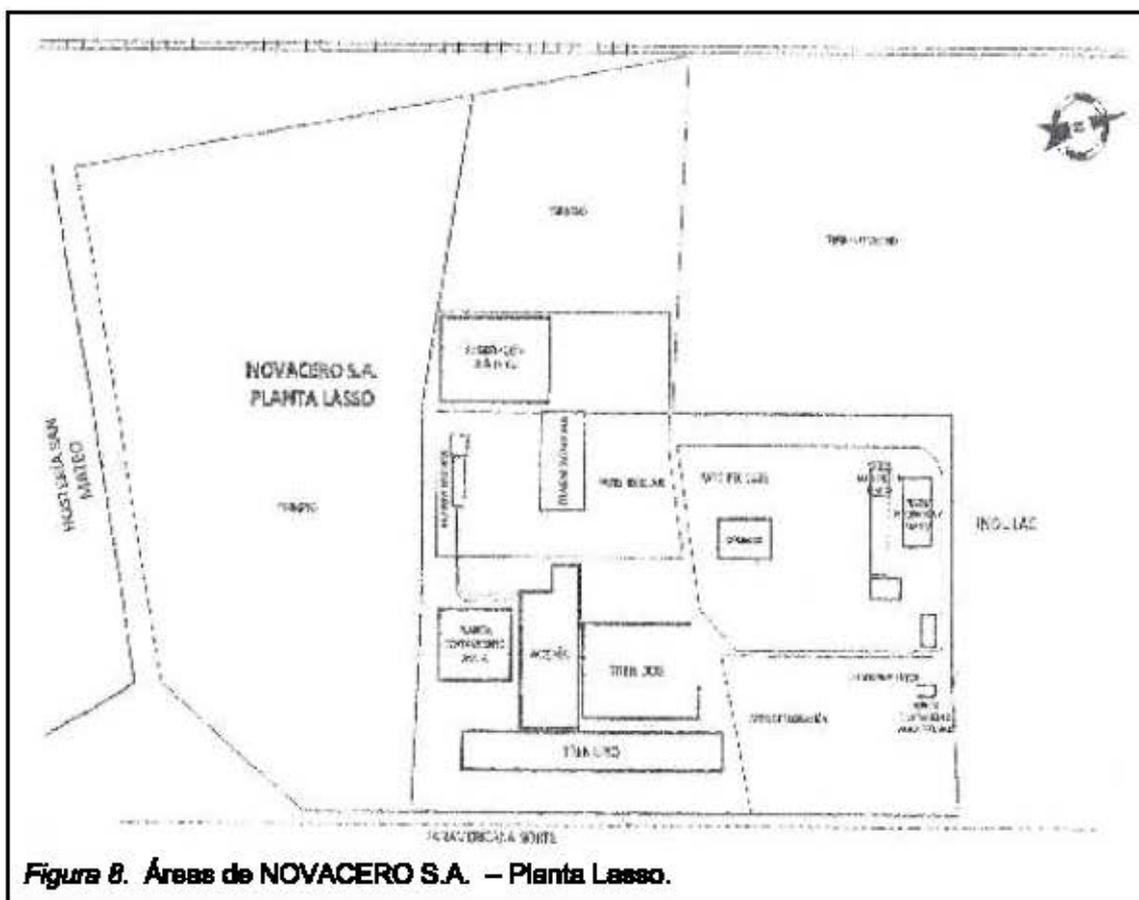


Figura 8. Áreas de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

27.1.1 Área de producción

El área de producción posee aproximadamente 34.221m² y consta principalmente de: patio de reciclaje de chatarra metálica ferrosa, acería, laminación del tren 1, laminación del tren 2, laminación de productos pequeños (LPP), mallas y figurados.

- **Reciclaje de chatarra metálica ferrosa:** En esta área se receipta y clasifica la chatarra de acuerdo a su densidad, con el fin de ser cortada,

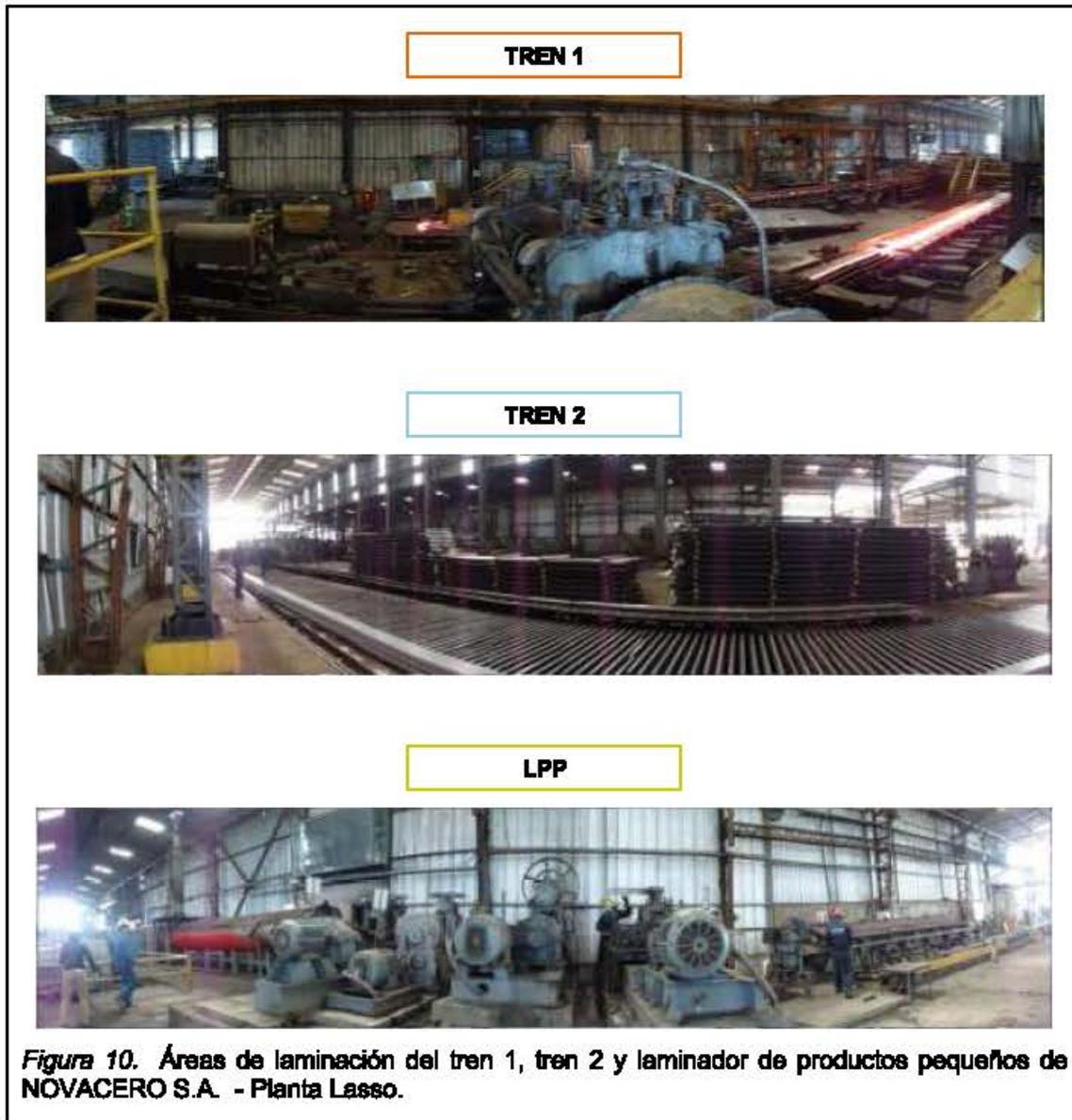
compactada, o fragmentada y ser almacenada temporalmente en nave de la acería para su fundición. Las máquinas que intervienen son: prensa cizalla, tijera de corte, compactadora y fragmentadora.

- **Acería:** El galpón de la acería se encuentra en el sector sureste de la planta industrial, donde se realiza la fundición de acero y la obtención de la palanquilla. El horno de arco eléctrico y la máquina de colada continua son los principales equipos para llevar a cabo este proceso.
- **Tren de laminación 1:** Está ubicado de lado este de la planta industrial. La materia prima empleada en el proceso son palanquillas elaboradas en el proceso de acería, para obtener como productos: varillas, platinas y perfiles laminados. Los equipos que son empleados en esta zona son: horno, deshornador, desbastadores, tren intermedio, tren acabador, mesa de enfriamiento y cizallas de corte.
- **Tren de laminación 2:** Está ubicado de lado centro este de la planta, la materia prima empleada en esta área es la palanquilla, y los productos esperados del proceso son: varillas, perfiles laminados, platinas. La maquinaria que es utilizada en este proceso se compone de: Horno, tren desbastador, tren de laminación, mesa de enfriamiento, cizallas y enderezadora.
- **Laminador de Productos Pequeños:** A un lado del galpón donde se encuentra el Tren 2 existe una pequeña área que aloja al proceso Laminado de Productos Pequeños (LPP). En la zona se encuentran instalados maquinaria como: horno, desbastador, mesa de enfriamiento y corte. La materia prima empleada en esta área es el alambón cuyo objetivo es obtener material laminado que permita elaborar productos de menor tamaño que los que se obtienen en los trenes de laminación anteriores.

- Malla y figurados: Esta área se ubica junto al galpón del Tren 1, de lado este de la planta. La finalidad en esta área es de dar forma al alambre y la elaboración de mallas. La maquinaria empleada en esta área es: cizallas, sierras, dobladoras, estribadoras.

A continuación en la figura 9 y 10 se presentan dichas áreas que intervienen en la producción de acero.





2.7.1.2 Área administrativa

A parte de las áreas de producción se encuentran las oficinas donde se realizan actividades administrativas, siendo las siguientes:

- **Gerencia de la Planta y SGI (Sistema de Gestión Integral):** En la edificación que se encuentra junto a la entrada a la empresa y frente a la guardianía, funcionan en el primer piso las oficinas del SGI (Sistema de Gestión Integrado) y una sala de reuniones; mientras que en el segundo piso se encuentran la Gerencia de la Planta y la oficina de recepción.

- Recursos Humanos y dispensario médico: En esta edificación de dos pisos se encuentra el dispensario médico y la oficina de recursos humanos, está ubicada al frente al galpón del Tren 2 y LPP.
- Contabilidad: Estas oficinas se encuentran de lado norte de la empresa, se realizan actividades administrativas contables y de ventas.
- Oficinas de jefes de planta: Cada nave o galpón de producción es controlada por los Jefes de Planta, para lo cual, en cada estación de trabajo se encuentra un espacio destinado como oficina para la persona que lleva este cargo.
- Despacho y garita: En esta edificación funcionan en el primer piso la guardianía y en el segundo piso la oficina de despachos, donde se lleva un registro y control de los pesajes de los vehículos que ingresan y salen con chatarra, así como del producto terminado que es distribuido a diferentes puntos a nivel nacional.



2.7.1.3 Otras áreas

En la Planta Lasso de la empresa NOVACERO S.A. existen otras áreas que no forman parte del área de producción pero brindan servicios para que se puedan realizar los procesos productivos y al personal. Entre estos se encuentran:

- **Planta de Tratamiento de Agua:** El agua que se emplea en la Planta de Acería para refrigerar los diferentes sistemas de operación, proviene de la Planta de Tratamiento de Agua, ya que el agua que se recolecta de todos los procesos productivos de la empresa, es tratada en dicha planta, lo que permite una recirculación constante, de ahí que no se realiza descargas a fuentes naturales.

- **Planta de Oxígeno:** Comprende tanques de almacenamiento de los diferentes gases que intervienen en el proceso, además, del área destinada al control y manejo de los equipos que permiten obtener oxígeno con el 93% de pureza para el área de Acería y un menor porcentaje para las áreas de laminación.
- **Planta de Tratamiento de Agua para consumo:** El agua proviene de dos pozos subterráneos y pasa por tratamientos de oxidación, clarificación, filtración; de acuerdo al tipo de tratamiento, el agua se emplea para consumo o para riego, uso de baños y lavamanos, en la Planta. Los equipos que se utilizan para su funcionamiento son únicamente bombas eléctricas.
- **Planta de humos:** La acería cuenta con un sistema de extracción de humos, diseñado para recoger los humos provenientes de la operación del horno de fundición, los cuales son aspirados y transportados por mangas de poliéster, que mediante un sistema automático de disparos de aire comprimido sacuden las mangas para desprender el polvo pegado a las paredes, el cual es recibido en una tolva para ser recolectado en bolsas y almacenarlas en un área de almacenamiento temporal. Los humos que pasan por todo el proceso, son descartados a la chimenea como aire limpio.
- **Subestación Eléctrica:** La subestación eléctrica fue diseñada con la finalidad de abastecer de energía a las nuevas instalaciones del proyecto de la planta de fundición y todos los sistemas auxiliares que son necesarios para la operación del proceso de fundición, además suministrar energía a los procesos de laminación.
- **Taller de máquinas y herramientas:** Este taller se encuentra de lado oeste del galpón del Tren 1. Las actividades que se realizan son de matricería,

rodillos y guías, piezas necesarias para dimensionar productos, para lo cual se emplean: tornos, afiladoras, fresadoras, talladoras y taladros

- **Proyectos:** El galpón está situado en el lado noroeste de la planta, conformada por un taller donde se ubica maquinaria y material para reconstruir o construir instalaciones que hayan sido dañados o que se requieren en los procesos de producción de los trenes y LPP, se emplean mesas de trabajo y cuentan con una grúa que es utilizada para los materiales pesados. En este espacio se observa un cuarto de almacenamiento de equipos de corte y soldadura.
- **Bodega de almacenamiento de producto terminado:** La nave de Producto Terminado se localiza cerca al área de Proyectos. En el área se reciben los productos terminados de los trenes de laminación, las varillas y otros productos se disponen por colores de acuerdo a su tipo, el apilamiento es ordenado y su organización se ayuda con la colocación de etiquetas.
- **Taller de maquinaria pesada:** El taller de maquinaria pesada está localizado en el lado noroeste de la planta junto al área de Proyectos, posee tres habitaciones. El cuarto de herramientas cuenta con estantes para colocar las piezas mecánicas, un pequeño taller donde se encuentran recipientes para colocar los distintos desechos que se generan en el área, y una habitación donde se realizan los mantenimientos de la maquinaria.
- **Bodega de insumos y suministros:** La bodega está ubicada en el lado suroeste de la planta, donde se tiene sustancias, materiales o productos consumibles que son necesarios en las etapas productivas de las operaciones de la Planta. Además, se registra tanto el material que ingresa como el que sale a las distintas áreas de la industria.

- Comedor: Esta área es una edificación de dos pisos que está conformada por la cocina y comedor para los trabajadores de la Planta. La cocina se encuentra en el segundo piso, cuenta con equipos de congelación, estantes donde se coloca los alimentos, mesones para trabajar, fregaderos y lavamanos para el personal que labora en esa área.
- Vestidores: El área de vestidores utilizado por el personal que trabaja diferentes turnos en la planta, está localizado frente de lado este del área de almacenamiento del producto terminado.

En las siguientes figuras se muestra cada una de estas áreas que sirven de apoyo para la fabricación del acero en la planta.



Figura 12. Área de las plantas de tratamiento de aguas industriales y de consumo de NOVACERO S.A. - Planta Lasso.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE HUMOS



PLANTA DE OXÍGENO



SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS



PROYECTOS



BODEGA DE ALMACENAMIENTO PRODUCTO TERMINADO



Figura 13. Áreas de planta de humos, planta de oxígeno, subestación eléctrica, talleres y bodegas de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.



Figura 14. Áreas de talleres, bodegas, comedor y vestidores de NOVACERO S.A. - Planta Lasso.

2.7.2 Importancia del desarrollo de la huella de carbono corporativa en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso

El compromiso ambiental y la sostenibilidad forman parte de la estrategia de negocio hacia el futuro de NOVACERO S.A. En este proceso se está construyendo un plan de sostenibilidad hacia el 2015 (NOVACERO S.A., 2013).

Dentro de este plan se han planteado varios objetivos para disminuir la contaminación ambiental que genera la producción de acero, uno de ellos es el desarrollo de la huella de carbono corporativa de la planta industrial ubicada en Lasso.

Con la realización de este proyecto se pretende conocer la cantidad de GEI que está emitiendo dicha planta y proponer medidas de mitigación y/o

reducción, con el fin de que la producción de acero genere menos impactos ambientales. De esta manera, NOVACERO S.A. busca también alinearse con las campañas de sostenibilidad que se están llevando a cabo a nivel mundial por otras empresas dedicadas a la industria siderúrgica, como por ejemplo, TATA Steel de la India que a partir del cálculo de su huella de carbono tiene como objetivo mejorar el entorno en el que se está operando y el de las comunidades cercanas a las plantas industriales; por lo que está invirtiendo en programas de eficiencia energética y en planes de reducción de polvo, ruido y emisiones que se producen en los procesos (TATA Steel Group, 2011).

Además, la planta Lasso de NOVACERO S.A. contará con un línea base de emisiones de GEI que será importante cuando entre en vigencia en el país la elaboración de registros de emisiones y transferencia de contaminantes (RETC) ya que según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2011), uno de los datos a especificar en estos registros es la cantidad de emisiones de GEI que genere la industria.

Entre otros beneficios y oportunidades que la empresa obtendrá al realizar la huella de carbono corporativa son: el ahorro energético y económico; la certificación internacional; la incursión en un nuevo mercado de *demanda verde* y la contribución para el inventario nacional de emisiones de GEI en el sector de procesos industriales sobre las emisiones generadas por las industrias de los metales.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la huella de carbono corporativa de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se requirió establecer un año específico para la determinación de los límites organizacionales y operacionales con el fin de identificar las fuentes de emisión de GEI de acuerdo a los alcances para proceder a la recolección de la respectiva información.

De esta manera se procedió al cálculo de las emisiones de GEI y se propuso las medidas de reducción de dichos gases.

En la figura 15 se detalla el diagrama de flujo de la metodología para el desarrollo de la huella de carbono corporativa de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

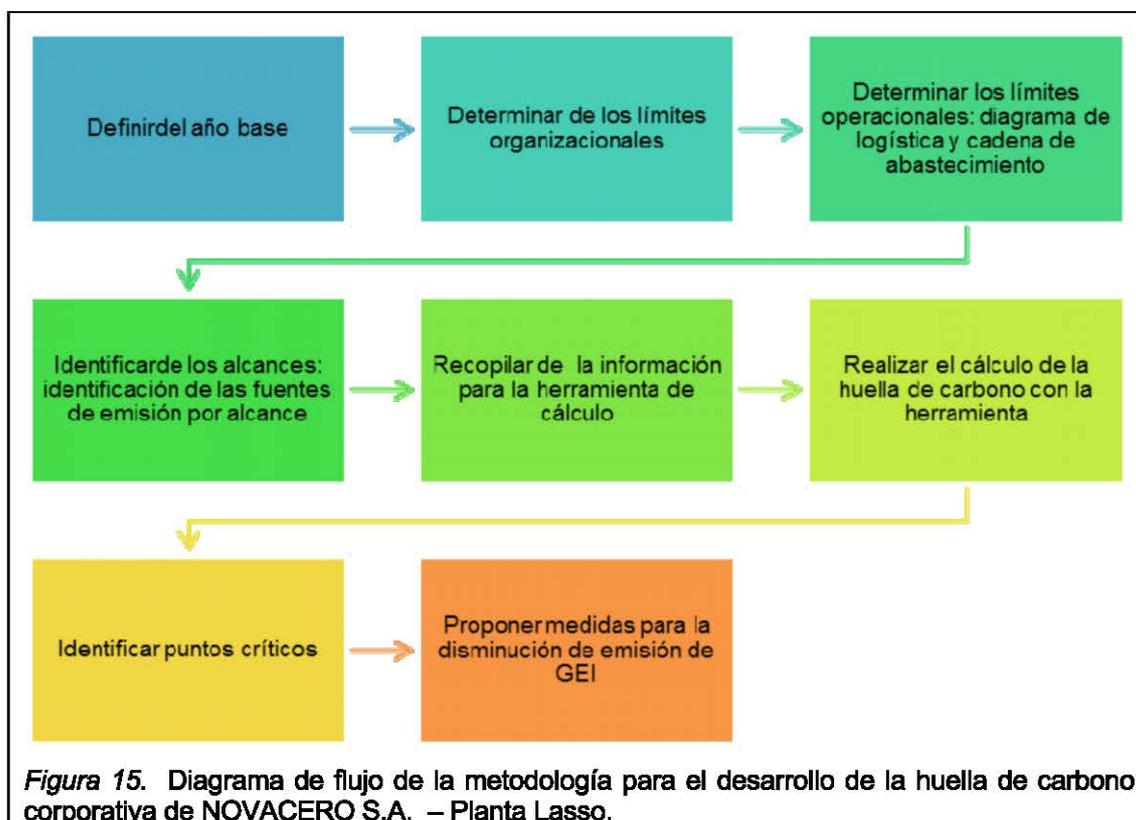


Figura 15. Diagrama de flujo de la metodología para el desarrollo de la huella de carbono corporativa de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

3.1 DEFINICIÓN DEL AÑO BASE PARA LA CUANTIFICACIÓN Y REPORTE DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

La determinación del año base para la cuantificación y reporte de GEI es la parte esencial para proceder a la recopilación de información en un periodo de tiempo determinado. Por lo tanto, para establecer el año base para el presente trabajo realizado en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se realizó una matriz en la que se analizó los recursos de información disponibles en los últimos tres años: 2011, 2012 y 2013.

Tabla 9. Definición del año base para NOVACERO S.A – Planta Lasso

Recursos de información	AÑO		
	2011	2012	2013
Registros de consumo de combustible (diesel)	25%	75%	100%
Registros de consumo de energía eléctrica	60%	83%	100%
Registros de indicadores de productividad e insumos	75%	100%	100%
Registros de generación de residuos (papel, plástico)	100%	100%	100%
Software HIPERK (registros de insumos y consumos de la planta industrial)	0%	25%	100%

3.1.1 Elección del año base y del umbral de significancia para la cuantificación y reporte de los gases de efecto invernadero

En la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso se definió el año 2013 para las mediciones de los gases de efecto invernadero debido a la disponibilidad suficiente de información principalmente de los consumos de combustibles y energía eléctrica. Además, el umbral de significancia que se consideró para la cuantificación y reporte de las emisiones de GEI fue del 5%.

3.2 DETERMINACIÓN DE LÍMITES DEL SISTEMA PARA LA CUANTIFICACIÓN Y REPORTE DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

La determinación de los límites del sistema para la cuantificación y reporte de GEI para la empresa NOVACERO S.A. – Lasso se basó tanto en los límites organizacionales como operacionales.

3.2.1 Determinación de los límites organizacionales

Los límites organizacionales definidos para el desarrollo del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa NOVACERO S.A – Planta Lasso, fueron establecidos bajo el enfoque de control operacional, que contabiliza todas las emisiones de GEI atribuibles a las instalaciones, procesos y operaciones sobre las cuales tiene el control. De esta manera, se excluyeron aquellas que la empresa no ejerce ningún tipo de control a pesar de que sea propietaria.

Los límites organizacionales se determinaron a partir de un esquema en el que se identificaron las fuentes que son de propiedad de la empresa o sobre las que ésta ejerce control de las operaciones (figura 16).

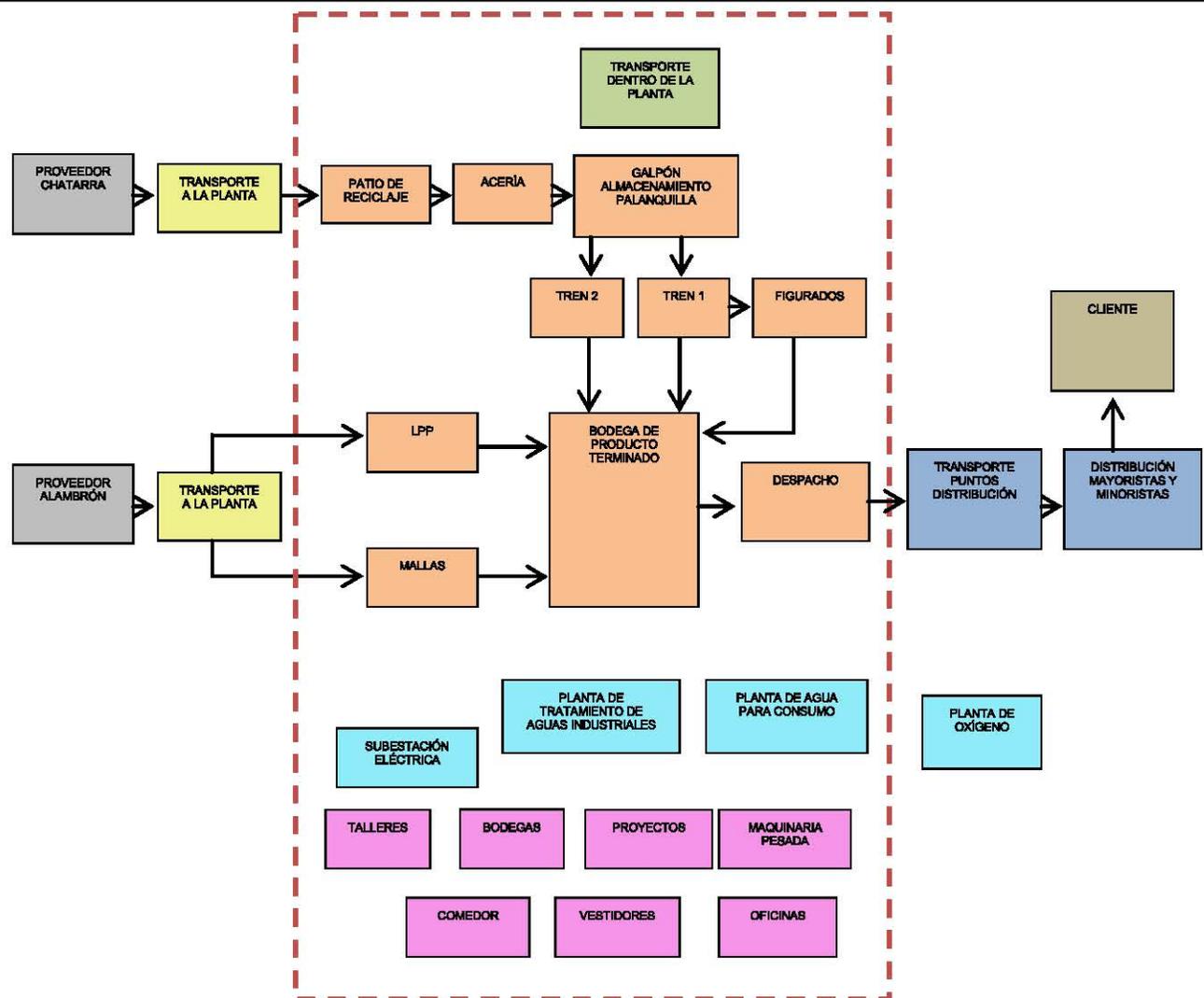


Figura 16. Límites organizacionales de NOVACERO S.A. – Planta Lasso

La empresa NOVACERO S.A es propietaria absoluta y tiene el control de las instalaciones, procesos y operaciones que se desarrollan en la planta industrial de Lasso, excepto de la planta de oxígeno de la que únicamente recibe el servicio de abastecimiento de oxígeno para la acería, siendo la empresa LINDE GROUP la propietaria y responsable de dichas operaciones y procesos.

3.2.2 Determinación de los límites operacionales

Los límites operacionales de la Planta Lasso de NOVACERO S.A. se determinaron mediante la cuantificación de GEI de los alcances 1 y 2, es decir, de las emisiones que se producen en fuentes controladas por la empresa y por las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la misma. Para ello se realizó inspecciones en campo y entrevistas con los jefes de cada área de la empresa.

Según la guía de emisiones de CO₂ de la producción de hierro y acero (2008), las fuentes de emisión de GEI se identificaron en base al método de producción de acero de la empresa y de los procesos productivos que se desarrollan en la misma. La producción de acero de NOVACERO S.A. - Planta Lasso se basa principalmente en el uso de la chatarra como materia prima debido a la inexistencia de minas de mineral de hierro en el país, la cual es fundida en un horno de arco eléctrico (EAF).

El principio de funcionamiento de este horno se puede resumir en la fusión de la chatarra metálica debido al calor generado por el cortocircuito que producen tres electrodos de grafito alimentados por un transformador, al entrar en contacto con la chatarra.

A diferencia de un alto horno, no usa como combustible diesel, búnker o gas natural para su funcionamiento sino que simplemente el EAF utiliza energía eléctrica. Adicional a la electricidad, utiliza lanzas de oxígeno gaseoso que permitan eliminar los puntos fríos y de esta manera reducir considerablemente el consumo de energía eléctrica.

En la figura 17 se presenta los principales requerimientos para el funcionamiento de un horno de arco eléctrico (EAF) y de un alto horno.



Figura 17. Requerimientos para el funcionamiento de altos hornos y horno de arco eléctrico.

Una comparación más detallada se encuentra en el marco referencial en el punto 1.1.1.

Por lo tanto, el método de producción de acero de NOVACERO S.A. – Planta Lasso es el de una siderurgia eléctrica basada en acero reciclado, diferenciándose de una siderurgia tradicional o integral que necesita del mineral de hierro y coque siderúrgico para la fabricación de acero.

3.2.2.1 Determinación de los procesos de NOVACERO S.A. – Planta Lasso

Para la determinación de los procesos productivos que se llevan a cabo en la planta industrial se realizó diagramas de flujo, con el objetivo de identificar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero que se encuentran dentro de las instalaciones.

En la figura 18 se presenta una breve descripción de los procesos que intervienen en la producción de acero.

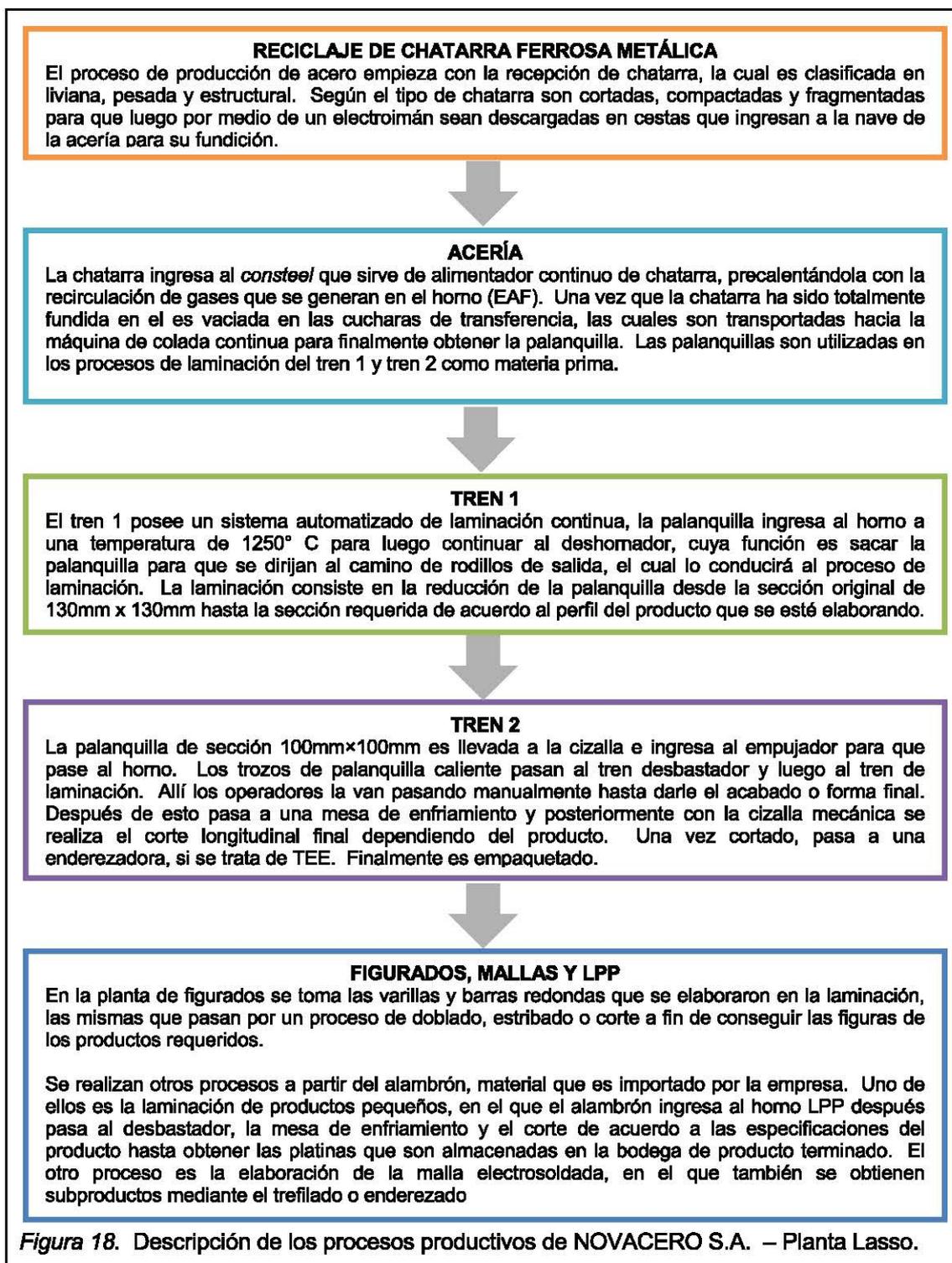
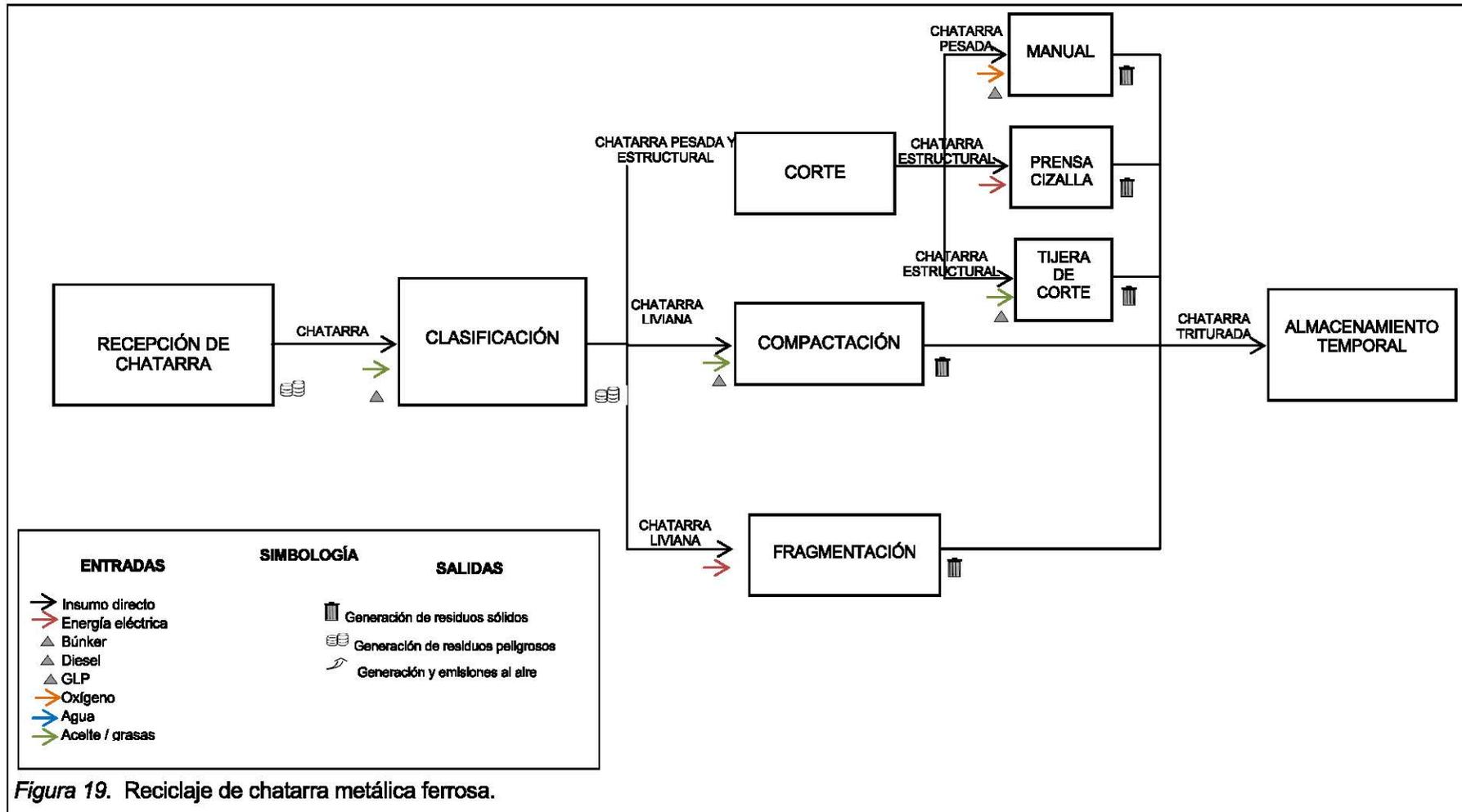


Figura 18. Descripción de los procesos productivos de NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

A continuación se muestran los diagramas de flujo de cada proceso productivo.



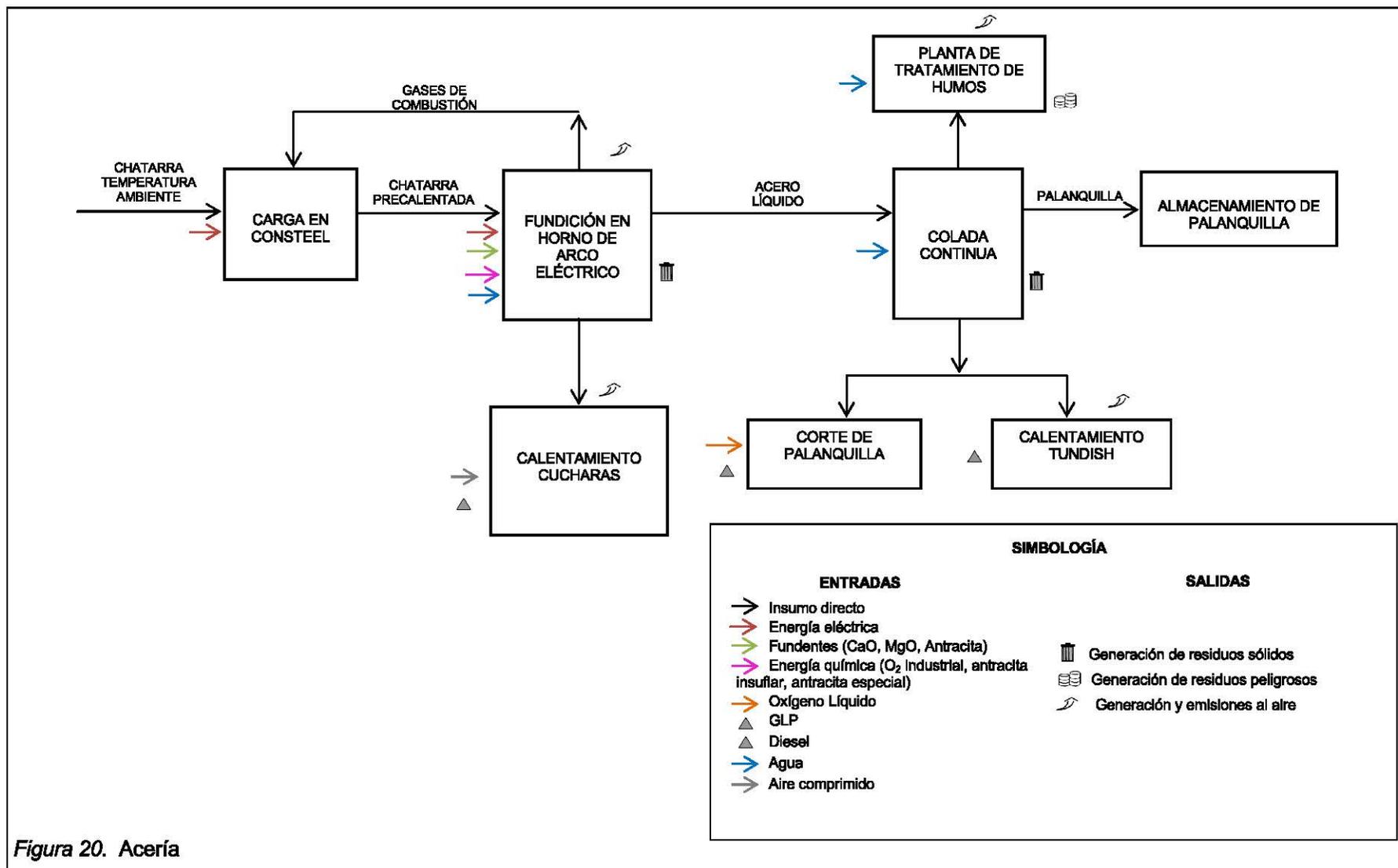
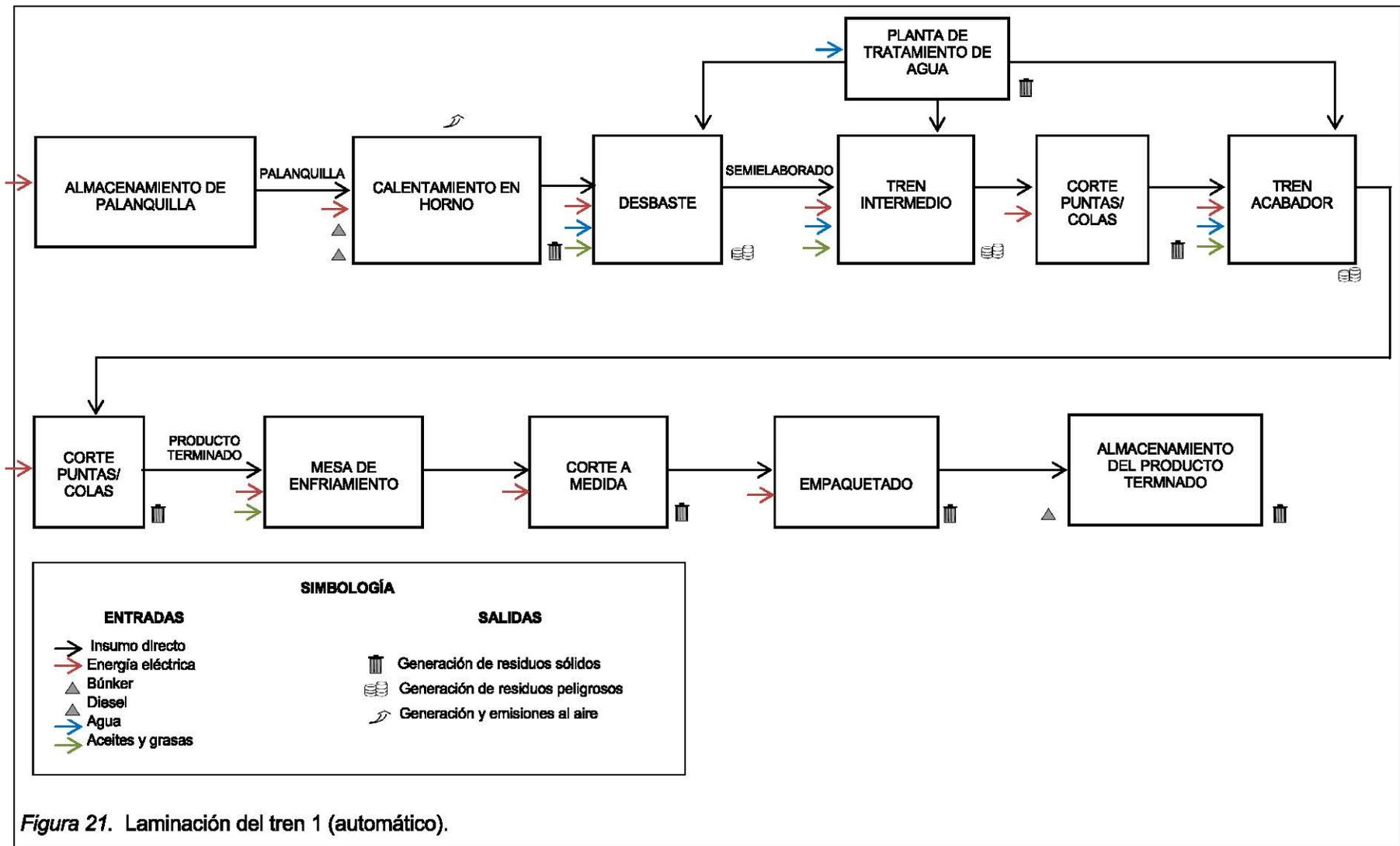
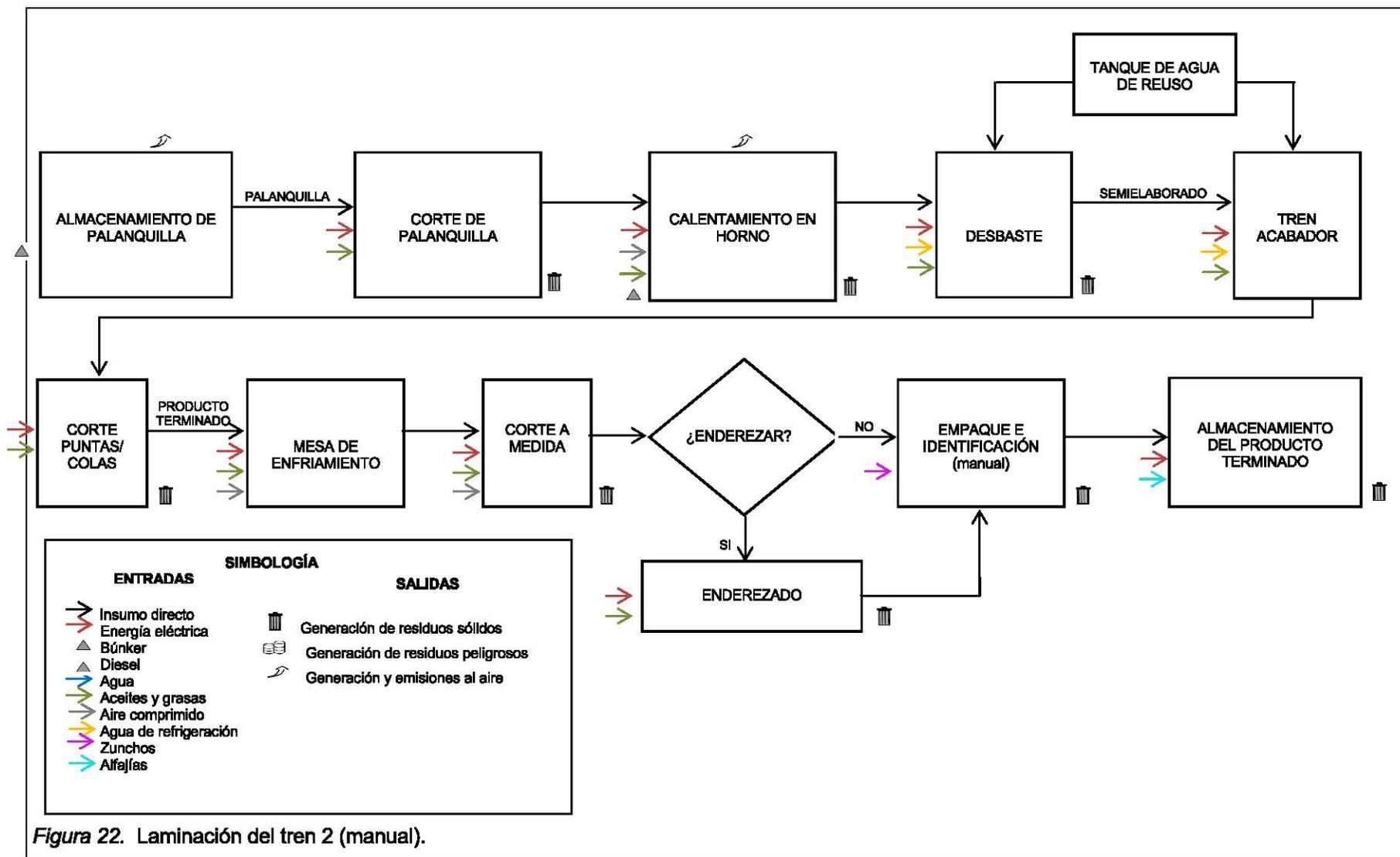


Figura 20. Acería





a.



b.

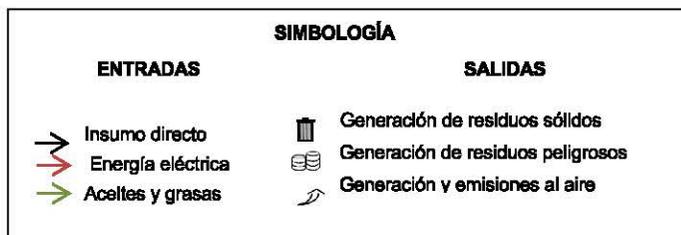
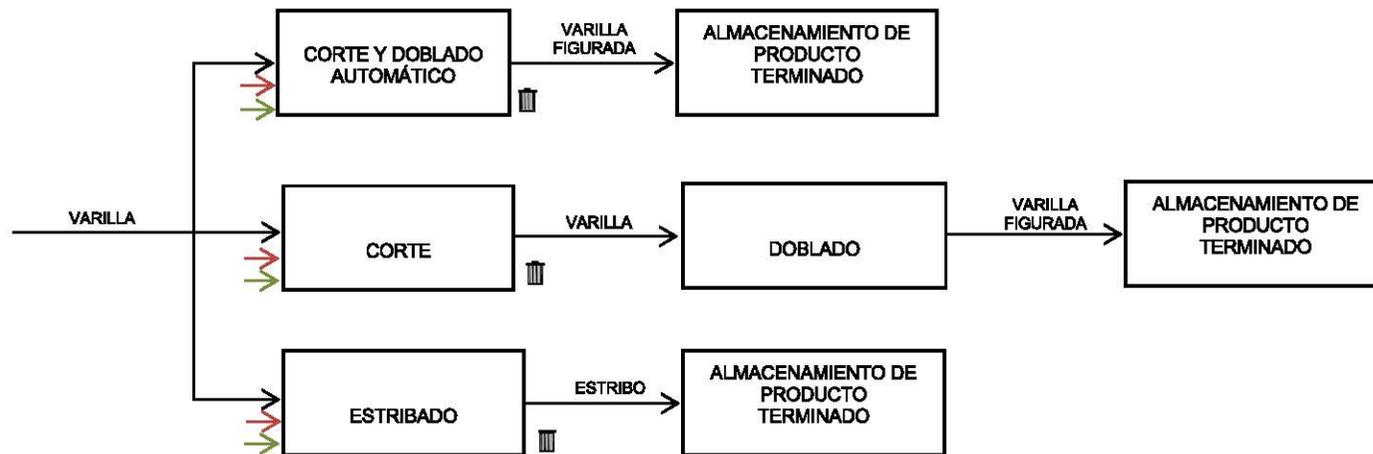


Figura 23. Figurados: a. barra figurada b. varilla figurada.

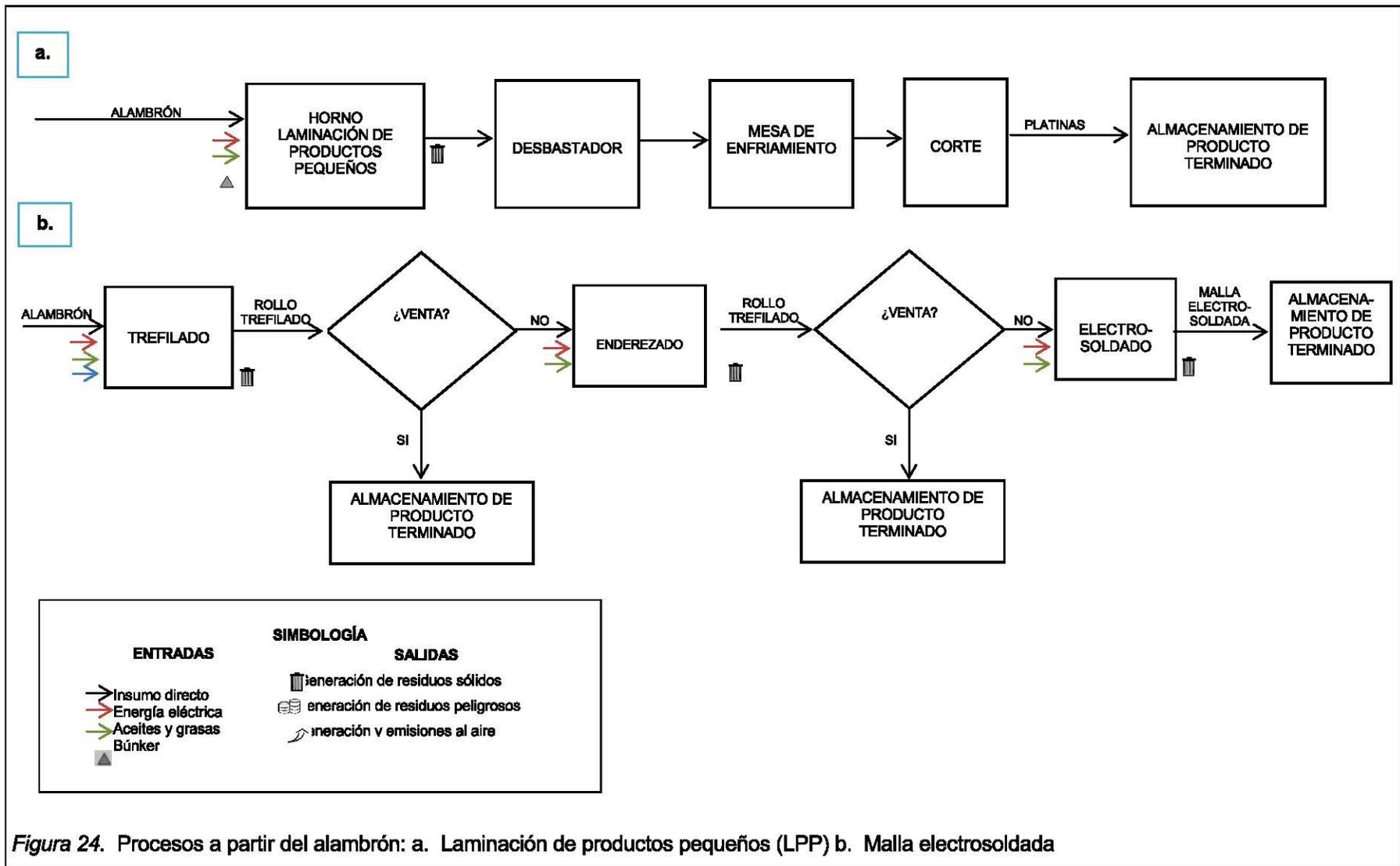


Figura 24. Procesos a partir del alambre: a. Laminación de productos pequeños (LPP) b. Malla electrosoldada

3.2.2.2 Identificación de fuentes de emisión de GEI

Una vez que se determinó los procesos que se desarrollan en el área de productiva se identificó las respectivas fuentes de emisión de GEI de acuerdo a los alcances mediante una matriz que contiene las emisiones consideradas y las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (tabla 10).

Tabla 10. Fuentes de emisión por alcance

Alcance	Emisiones consideradas	Fuentes de emisión de GEI	Áreas de la empresa
ALCANCE 1 Emisiones directas	Emisiones generadas en fuentes propias o controladas por la empresa.	- Compactadora - Fragmentadora - Prensa cizalla - Tijera de corte - Antorcha de corte	Patio de reciclaje de chatarra ferrosa
		- Precalentadores - Oxicorte ALBA - Emisiones en el proceso de fundición	Acería
		- Horno de calentamiento 1 - Horno de calentamiento 2 - Cizalla hidráulica de materia prima - Desbastador - Tren acabador - Cizallas despuntadoras - Mesa de enfriamiento - Cizalla de corte en frío - Enderezadora	Tren 1 y tren 2
		- Laminador de productos pequeños	LPP
		- Montacargas y excavadoras	Maquinaria pesada
		- Emisiones en el proceso de fundición	
		- Planta de agua	Planta de agua
		- Oficinas	Área administrativa
		ALCANCE 2 Emisiones indirectas	Emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa.

Las fuentes de emisión de GEI que se determinó para la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso forman parte tanto del área productiva como del área administrativa (oficinas), considerando que en la producción existe un mayor número de fuentes debido a que es una planta industrial cuya principal actividad es la producción de acero.

3.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

La información necesaria para la realización de la huella de carbono corporativa fue proporcionada por la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso a través de entrevistas con los jefes de cada área, en las que se obtuvo datos de producción y de consumo efectuados en el 2013 que se encontraban registrados en el programa HIPERK y en los indicadores de producción. Esta información recopilada fue registrada en una matriz en la que se colocó los consumos y generación de residuos de cada área de la empresa (tabla 11).

Tabla 11. Información recopilada del 2013 de NOVACERO S.A. – Planta Lasso

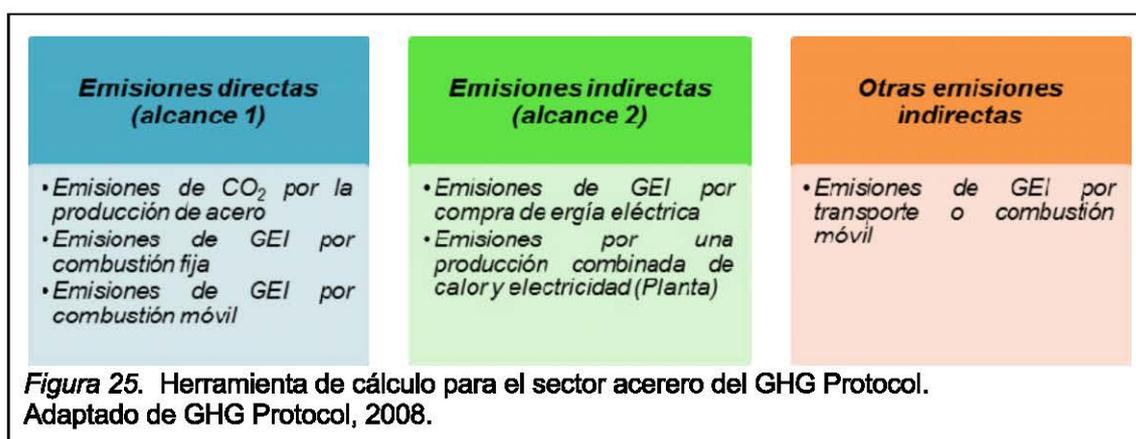
Área	Información recopilada 2013			
	Consumo combustibles	Consumo eléctrico	Consumo químicos y otros recursos	Generación residuos
Patio de reciclaje de chatarra	X	X		
Acería	X	X	X	X
Laminación del tren 1	X	X		X
Laminación del tren 2	X	X		X
Laminador de productos pequeños	X	X		X
Figurados y mallas	X	X		X
Subestación eléctrica		X		
PTA		X	X	X
Control de calidad		X		
Oficinas		X		X

En la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se obtuvo información referente al consumo de combustibles (diesel, búnker y GLP), energía eléctrica, químicos y otros recursos que intervienen en la producción de acero, además de la generación de papel, cartón, plástico y lodos procedentes de la planta de tratamiento de agua industrial.

3.4 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA EMPRESA NOVACERO S.A.– PLANTA LASSO A PARTIR DE LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DEL *GHG PROTOCOL*

El cálculo de la huella de carbono de la empresa analizada se realizó a partir de las hojas de cálculo de la herramienta correspondiente al sector acerero del *GHG Protocol*, cada hoja de cálculo posee una guía para su aplicación y están separadas según el alcance de las emisiones.

En la siguiente figura se muestran las hojas de cálculo que están disponibles en la herramienta del *GHG Protocol*.



Para la empresa NOVACERO S.A. se consideró las hojas de cálculo que se encuentran dentro los alcances 1 y 2 de acuerdo a los límites previamente establecidos.

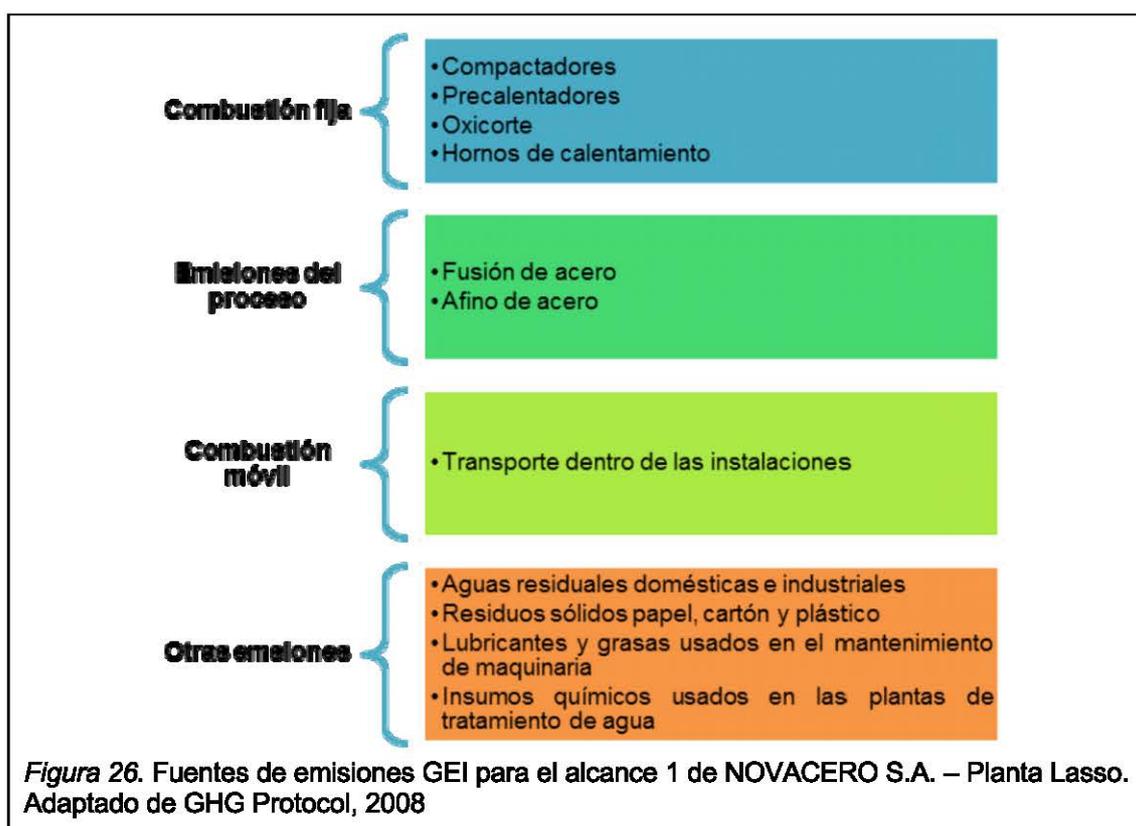
En el alcance 1, la hoja de cálculo correspondiente a las emisiones de CO₂ por la producción de acero (*CO₂ emissions from the production of iron and steel*) está basada en los altos hornos, sin embargo, en NOVACERO S.A. – Planta Lasso se utilizó un horno de arco eléctrico (EAF), por lo que algunos cálculos no aplicaban para esta empresa, como por ejemplo: la producción de coque, llamaradas, producción de sinter, producción directa de hierro reducido y producción de caliza. Mientras que en el alcance 2, se utilizó la hoja de cálculo

referente a emisiones de GEI por la compra de electricidad (*GHG emissions from purchased electricity*) ya que en la empresa no se genera vapor u otro tipo de materia como fuente de energía.

Además de las hojas de cálculo fue necesario tener los respectivos factores de emisión, los cuales fueron tomados de la última actualización de las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006).

3.4.1 Cálculo del alcance 1: emisiones directas

Para el cálculo de las emisiones consideradas dentro del alcance 1 de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se realizó la clasificación de las fuentes de emisión de GEI (figura 26), con el fin de aplicar las ecuaciones que se encuentran en las hojas de cálculo para el sector acerero.



La guía del *GHG Protocol* sobre las emisiones de CO₂ en la producción de hierro y acero (2008), establece que los métodos para el cálculo de las emisiones de CO₂ a menudo difieren de las de N₂O y CH₄. Esto se debe a las emisiones de CO₂ son determinados en gran medida por el contenido de carbono en los materiales consumidos, mientras que las emisiones de N₂O y CH₄ están mucho más influenciadas por las tecnologías de combustión o de control de emisiones empleados por la planta industrial. En consecuencia, las emisiones de CO₂ se determinan usando un enfoque de balance de materiales que hace un seguimiento del flujo de carbono a través del proceso industrial, mientras que las emisiones de N₂O y CH₄ se determinan con los equipos o los factores de emisión específicos del proceso.

Por lo tanto, los cálculos que se realizaron a partir de la herramienta del *GHG Protocol* estimaron las emisiones de CO₂ por separado de las emisiones de N₂O y CH₄.

3.4.1.1 Cálculo de emisiones de combustión fija

Las emisiones de combustión fija representan aproximadamente la mitad de las emisiones globales de una empresa de hierro y acero, e incluyen CO₂, CH₄ y N₂O (GHG Protocol, 2008).

De los datos obtenidos de las fuentes de emisión de combustión fija identificadas en NOVACERO S.A. – Planta Lasso se aplicaron las ecuaciones para el cálculo de emisiones de CO₂ y emisiones de NO₂ y CH₄.

El cálculo de emisiones de combustión fija se realizó en la hoja de cálculo *stationary combustion CO₂* que se encuentran en el libro de Excel *iron and steel production*.

A. Cálculo de las emisiones de CO₂

Para el cálculo de la huella de carbono referente a las emisiones de CO₂ en una fuente fija se aplicó la siguiente ecuación.

$$HC\ Comb [tCO_2e] = \sum \left(DC * HVF * F_c * F_{ox} * \frac{44}{12} \right) + \left(BC * HVF * F_c * F_{ox} * \frac{44}{12} \right) + \left(GLPC * HVF * F_c * F_{ox} * \frac{44}{12} \right) / 1000$$

Ecuación 1

Donde:

DC = Diesel consumido [kg]

BC = Búnker consumido [kg]

GLPC = GLP consumido [kg]

HVF = Valor calorífico del combustible [GJ/kg]

FC = Factor de contenido de carbono [kgC/GJ]

Fox = Factor de oxidación (1 por defecto)

44/12 = La relación entre el peso molecular de carbono a la de CO₂

Para transformar la cantidad de combustible de galones a kilogramos se utilizó las densidades del diesel y búnker, 0,840067kg/l y 0,93648 kg/l, respectivamente.

Los valores caloríficos (HVF) que se consideraron para el combustible (diesel, búnker y GLP) se encuentran en el apéndice A de la hoja de cálculo *iron and steel production*, valores que se tomaron de las directrices del IPCC de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2006).

B. Cálculo de emisiones de N₂O y CH₄

Las emisiones de N₂O y CH₄ procedentes de las fuentes fijas se calcularon con la ecuación 2.

$$HC Comb [tCO_2e] = \sum (CombC * HVF * EF_{CH_4} * GWP_{CH_4}) + (CombC * HVF * EF_{N_2O} * GWP_{N_2O}) / 1000$$

Ecuación 2

Donde:

CombC = Combustible consumido [Kg]

HVF = Valor calorífico del combustible [GJ/kg]

EFCH4 = Factor de emisión del CH4 [kg CH4/GJ]

EFN2O = Factor de emisión del N2O [kg N2O/GJ]

GWP = Potencial de calentamiento global, 21 para el CH4 y 310 para N2O

La herramienta de cálculo del *GHG Protocol* proporciona dos grupos de factores de emisión por defecto que se pueden utilizar en la ecuación. Por lo que en el apéndice B del libro de cálculo *iron and steel production* se encuentran dos tablas, en la tabla 1 (nivel 1) se enumeran los factores de emisión específicos del combustible. Mientras que en la tabla 2 (nivel 3) se presentaron los factores de emisión específicos del equipo que se usa en las instalaciones.

Debido a que en la tabla 2 no se encuentran los equipos que se utilizan en la planta industrial de NOVACERO S.A. se aplicaron los factores de emisión de la tabla 1.

3.4.1.2 Cálculo de emisiones del proceso de producción de acero

En el libro de cálculo *iron and steel production* existe una hoja de cálculo con el mismo nombre, en la cual se realizó el cálculo de las emisiones de GEI que se generan exclusivamente durante la producción de acero.

Con la ecuación 3 se obtuvo la cantidad de recursos consumidos en la producción de acero y luego se aplicó la ecuación 6 para conocer la cantidad de CO₂ emitida en esta actividad.

$$HC \text{ Recurso}[tCO_2e] = \sum [(RC * F_{CR}) - (AP * F_{CA}) - (CH * F_{CCH})] * \frac{44}{12}$$

Ecuación 3

Donde:

RC = Recurso consumido en la producción de acero [t]

FC = Factor de contenido de carbono del recurso [tC/t]

AP = Acero producido [t]

FCA = Factor de contenido de carbono del acero [tC/t]

CH = Chatarra no convertida en acero [t]

FCCH = Factor de contenido de carbono del recurso [tC/t]

44/12 = La relación entre el peso molecular de carbono a la de CO₂

Los contenidos de carbono del recurso, acero y chatarra se tomaron del apéndice C del mismo libro de cálculo.

3.4.1.3 Cálculo de emisiones de combustión móvil

Para el cálculo de las emisiones generadas por el transporte dentro de la planta se utilizó la hoja de cálculo *GHG emissions from transport or mobile sources*, en la que se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$HC \text{ Combustible}[tCO_2e] = \sum (N_k * EF_f)$$

Ecuación 4

Donde:

N_k = nivel de actividad de la categoría vehicular [km – vehículos]

FE_{ik} = Factor de emisión del contaminante i para la categoría k evaluada, para el tipo de descarga de emisiones [kg/km – vehículos]

K = categoría vehicular

El nivel de actividad y el factor de emisión fueron proporcionados en la misma hoja de cálculo basado en las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2006).

3.4.1.4 Cálculo de otras emisiones

Los cálculos de las emisiones que se contemplan en este punto son las que se producen por:

- Aguas residuales domésticas e industriales
- Residuos sólidos (papel, cartón y plástico)
- Lubricantes y grasas usados en el mantenimiento de la maquinaria
- Insumos químicos usados en las plantas de tratamiento de agua industrial y para consumo.

Dichas emisiones no son consideradas por la herramienta de cálculo del *GHG Protocol* para la industria acerera, debido a que son emisiones que se generan en cualquier tipo de industria. Por lo tanto, las ecuaciones que se utilizaron fueron las que se encuentran en las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2006).

A. Emisiones por tratamiento y eliminación aguas residuales

Las principales emisiones que se consideraron en las aguas residuales son CH_4 y N_2O , por lo que sus cálculos se realizaron por separado de acuerdo al tipo de GEI y al tipo de agua residual (industrial o doméstica).

Es importante indicar que las capacidades de generación de CH_4 de las aguas residuales y de los lodos orgánicos son generalmente las mismas y no requieren de ecuaciones distintas (Doorn, y otros, 2006). Las ecuaciones que se aplicaron fueron tomadas de la guía para el tratamiento y eliminación de aguas residuales del IPCC (2006).

A.1 Emisiones por tratamiento y eliminación aguas residuales domésticas

Según la guía para el tratamiento y eliminación de aguas residuales del IPCC (2006) para las aguas residuales se realizaron los cálculos de emisiones de CH₄ y N₂O, por consiguiente, el cálculo de las emisiones de CH₄ de las aguas domésticas se realizaron con la ecuación 5 y luego se multiplicó por 21, que es el potencial de calentamiento global del metano para obtener las emisiones de CO₂ equivalente:

$$HC \text{ Aguas domésticas } CH_4 (kgCH_4) = \left[\sum_{ij} U_j (T_{ij} * EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

Ecuación 5

Donde:

TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario [kg DBO/año]

S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario [kg DBO/año]

U_i = fracción de la población del grupo de ingresos *i* en el año de inventario (0,2; ver anexo 13)

T_{ij} = grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación *j*, para cada fracción de grupo de ingresos *i* en el año del inventario (0,2; ver anexo 13)

i = grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos (ver anexo 13)

j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación (ver anexo 13)

EF = factor de emisión [kg CH₄/kg DBO]

El factor de emisión (EF) y el total de materia orgánica en las aguas residuales del año (TOW) se calculó con las ecuaciones 6 y 7, respectivamente.

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

Ecuación 6

Donde:

B_o = capacidad máxima de producción de CH₄ (0,6 kg CH₄/kg COD; valor por defecto del IPCC)

MCF = factor corrector para el metano (0,5; valor por defecto del IPCC)

$$TOW = P * DBO * 0,001 * I * 365$$

Ecuación 7

Donde:

P = población en el año del inventario [personas]

DBO = Demanda biológica de oxígeno per cápita específico en el año del inventario, [g/persona/día, ver anexo]

0,001 = conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO

I = factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas (si es recolectado el valor por defecto es 1,25, si no es recolectado el valor por defecto es 1,00)

Los datos para la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso son: 662 trabajadores (octubre 2013) y 1,25 como factor de corrección para la DBO.

La DBO per cápita se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$DBO_{per\ cápita} = \frac{DBO * Q}{P * 1000}$$

Ecuación 8

Donde:

DBO = Demanda biológica de oxígeno del agua residual [mg/l]

Q = caudal del agua residual [l/día]

P = población [personas]

Los datos para el caso de estudio son: el caudal del agua residual de 12000 l/día, la DBO del agua residual doméstica de 12 mg/l (octubre 2013) y 662 trabajadores (octubre 2013).

Las emisiones de N₂O de las aguas residuales domésticas se determinaron con la ecuación 8 y luego se multiplicó por 310 que es el índice de potencial de calentamiento global del óxido nitroso para obtener las emisiones de CO₂e equivalente.

$$HC \text{ Aguas domésticas } N_2O(kgN_2O) = N_{efluente} * EF_{efluente} * 44/28$$

Ecuación 9

Donde:

$N_{efluente}$ = nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos [kgN/ año]

$EF_{efluente}$ = factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación en aguas servidas (0,005Kg N₂O-N/Kg N, valor por defecto del IPCC)

44/28 = Factor que corresponde a la conversión de kg N₂O-N en kg N₂O

Para obtener nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos (N EFLUENTE) se usó la siguiente ecuación.

$$N_{efluente} = (P * Proteína * F_{NPR} * F_{NON-CON} * F_{IND-CON}) - N_{LODO}$$

Ecuación 10

Donde:

P = población humana

Proteína = consumo per cápita anual de proteínas (0,0057 kg./persona/año; valor por defecto del IPCC)

F_{NPR} = fracción de nitrógeno en las proteínas (0,16, kg N/kg proteína; valor por defecto del IPCC)

$F_{\text{NON-COM}}$ = factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales (1,4; anexo 14)

$F_{\text{IND-COM}}$ = factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado (1,25; anexo 14)

N_{LODO} = nitrógeno separado con el lodo residual (0 kg N/año; valor por defecto del IPCC)

A.2 Emisiones por tratamiento y eliminación aguas residuales industriales

En las aguas residuales industriales se estiman solamente las emisiones de CH_4 debido a que el óxido nitroso (N_2O) está asociado con la degradación de los componentes nitrogenados (urea, nitrato y proteínas), los cuales no se encuentran presentes en este tipo de agua procedente de la producción de acero (Doorn, y otros, 2006). El cálculo se realizará con la ecuación 11.

$$HC \text{ Aguas industriales } CH_4 (kg \text{ CH}_4) = \sum_i [(TOW - S) - EF - R]$$

Ecuación 11

Donde;

TOW = total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria i durante el año del inventario [kg COD/año]

i = sector industrial

S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario [kg COD/año]

EF = factor de emisión para la industria i [kg CH_4 /kg COD]

R = cantidad de CH_4 recuperada durante el año del inventario [kg CH_4 /año]

Para determinar el factor de emisión (EF) y el total de la materia orgánica degradable (TOW) se lo realizó con la ecuación 12 y la 13, respectivamente.

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

Ecuación 12

Donde:

- j = cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación
 Bo = capacidad máxima de producción de CH₄ (0,25 kgCH₄/kgCOD; valor por defecto del IPCC)
 MCF = factor de corrección para el metano (0; anexo 12)

$$TOW = P * W * 0,001 * COD$$

Ecuación 13

Donde:

- TOW = total de la materia degradable de manera orgánica en las aguas residuales de la industria [kgCOD/año]
 i = sector industrial
 P = producto industrial total del sector industrial i [t/año]
 W = aguas residuales generadas [m³/t producto]
 COD = carbono orgánico disuelto [kg. de COD/m³]

B. Cálculo de emisiones por la generación de residuos

El cálculo para la huella de carbono de los residuos se realizó con la ecuación 14, en la que se utilizaron los factores de emisión de cada material proporcionados por la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias y por la Fundación ECODES.

$$HC Residuos [tCO_2e] = \sum (Papel * EF_p) + (Plast * EF_{pl}) + (Cart * EF_c)$$

Ecuación 14

Donde:

Papel = Cantidad de papel común generado [kg]

Plast = Cantidad de plástico (PET) generado [kg]

Cart = Cantidad de cartón/papel reciclado generado [kg]

EF_p = Factor de emisión del papel (3 KgCO₂e/Kg papel común por Estrategia Aragonesa de Cambio Climático, 2009)

EF_{pl} = Factor de emisión del plástico (2,8 KgCO₂e/Kg plástico por Fundación ECODES, 2008)

EF_c = Factor de emisión del papel reciclado (1,8 KgCO₂e/Kg papel reciclado por Estrategia Aragonesa de Cambio Climático, 2009)

C. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes y grasas

Para el cálculo de las emisiones generadas por el uso de lubricantes y grasas se utilizó la hoja de cálculo *GHG emissions from stationary combustion*, en la que se eligió como sector la opción de *manufacturing* ya que allí se hace referencia a la fabricación de productos de hierro y acero.

A continuación se indica la ecuación que se aplicó en esta hoja de cálculo.

$$HC \text{ Lubricantes } [tCO_2e] = \sum \left(LC * HVF * F_{CL} * \frac{44}{12} \right) + (LC * HVF * F_{CH_4} * GWP) + (LC * HVF * F_{N_2O} * GWP) / 1000$$

Ecuación 15

Donde:

LC = Lubricante/ grasa consumido [kg]

HVF = Valor calorífico del lubricante [GJ/kg]

F_{CL} = Factor de contenido de carbono del lubricante/grasa [kgC/GJ]

EF_{CH₄} = Factor de emisión del CO₂ [kg CH₄/GJ]

EF_{CH₄} = Factor de emisión del CH₄ [kg CH₄/GJ]

EF_{N₂O} = Factor de emisión del N₂O [kg N₂O/GJ]

GWP = Potencial de calentamiento global, 21 para el CH₄ y 310 para N₂O

44/12 = La relación entre el peso molecular de carbono a la de CO₂

D. Cálculo de emisiones por consumo de insumos químicos

El cálculo de las emisiones debido al consumo de sustancias químicas en las plantas de tratamiento se realizó con la siguiente ecuación:

$$HC \text{ Insumos químicos } [tCO_2e] = \sum (I_q * EF_{iq})$$

Ecuación 16

Donde:

I_q = Insumo químico

EF_{iq} = Factor de emisión del insumo químico [KgCO₂e/Kg]

3.4.2 Cálculo del alcance 2: emisiones indirectas

El cálculo de la huella de carbono que comprende el consumo de energía eléctrica, se realizó con la hoja de cálculo *GHG emissions from purchased electricity*, en la que se usó la ecuación 17.

$$HC \text{ Consumo eléctrico} [tCO_2e] = EC * EEF$$

Ecuación 17

Donde:

EC= Consumo eléctrico [MWh]

EEF= Factor de emisión eléctrico [tCO₂eq/MWh]

El factor de emisión que se aplicó es el factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del 2012, Ex Post, del margen combinado para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos; el cual es 0,4597 tCO₂/MWh.

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y PROPUESTAS DE REDUCCIÓN

Al obtener los cálculos de huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se analizó las emisiones de GEI que generaron en la empresa mediante un benchmarking sectorial. Además, se identificó los principales puntos de emisión de gases de efecto invernadero de acuerdo al umbral de significancia del 5% con el objetivo de plantear propuestas que contengan medidas de reducción o mitigación de GEI.

3.6 ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO

Mediante el análisis de flujo de materiales se presentó una visión general de los recursos que fueron utilizados dentro de las áreas de producción y administrativa de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso, así como también, los residuos que se generaron debido a las actividades que se realizaron dentro de las instalaciones. Por lo tanto, se identificó los volúmenes y los lugares (áreas de la empresa) en los que los materiales son consumidos o generados, los cuales fueron tomados para el cálculo de la huella de carbono.

3.6.1 Consumos de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso

En la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso existe un consumo constante de combustibles, energía eléctrica, químicos y otros recursos, los cuales están directamente relacionados con las actividades productivas y administrativas.

3.6.1.1 Combustibles fósiles

Para el cálculo de las emisiones del alcance 1 se recopiló el consumo mensual de combustibles de las fuentes fijas y móviles. A continuación en la tabla 12 se

presentan los consumos mensuales de diesel, búnker y GLP de las fuentes fijas de combustión de las áreas de producción de la planta industrial.

Tabla 12. Consumo mensual de combustibles fósiles de fuentes fijas de combustión del 2013

Mes 2013	Diesel (kg)			Búnker (kg)			GLP (kg)	
	Compactad.	Precaledad.	Horno T1	Horno T1	Horno T2	LPP	Antorcha de corte	Oxicorte
En	14.888,7	10.1425,8	100.090,2	29.7725,6	47.198,5	23.255,4	2.954	12.626
Feb	14.224,1	80.167,6	85.350,9	23.8429,7	62.038,0	21.745,2	6.010	10.660
Mar	11.673,7	38.525,6	97.924,6	25.8336,1	47.198,5	19.515,4	2.276	5.094
Ab	2.537,6	7.186,8	108.758,8	29.8396,3	62.825,0	26.928,0	3.606	5.834
May	9.788,0	86.104,6	90.219,5	21.8373,7	77.614,8	21.961,4	3.436	7.000
Jun	10.067,8	88.737,6	117.154,0	29.0690,4	62.660,1	21.128,4	1.880	7.343
Jul	17.028,8	73.467,3	106.160,8	29.1865,6	69.484,3	20.206,7	5.839	5.398
Ag	11.072,7	93.332,7	106.323,0	307.832,4	53.210,9	21.979,2	4.916	8.733
Sep	16.545,5	72.758,2	109.995,9	298.021,6	56.874,6	23.042,7	4.647	9.283
Oct	13.871,1	72.758,2	88120,7	224.492,4	67.366,1	23.117,1	2.822,3	7.840
Nov	8.271,2	90.947,7	90.105,0	244.424,3	62.888,8	23.255,4	4.647	7.220
Dic	11.187,2	81.725,7	105.629,7	295.768,7	47.428,9	13.293,9	3.436	13.829,2
Total	141.156,6	887.137,7	1205.833,2	3264.356,7	716.788,5	259.428,6	38.386,3	10.0860,2
Prom	11.763,0	739.28,1	100486,1	272.029,7	59.732,4	21.619,1	3.198,9	8.405,0

Además se recopiló el consumo de lubricantes y grasas de estas fuentes de combustión fija, los cuales fueron usados en el mantenimiento de la maquinaria que se encuentra en las distintas áreas de producción (tabla 13).

Tabla 13. Consumo mensual de lubricantes y grasas de fuentes fijas de combustión del 2013

		En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
LUBRICANTES (gal)	TDH oil	181	55	111	165	117	55	66	61	10	65	4	55
	ISO VG 68	275	5	223	220	517	462	440	441	692	330	275	605
	ISO VG 22°	65	25	13	300	40	20	25	153	70	20	100	15
	ISO VG 460	165	95	106	145	55	60	231	115	864	0	1740	118
	ISO VG 46	0	0	55	15	0	260	55	65	45	0	0	0
	SAE 15W-40	0	0	55	0	0	55	0	165	55	0	55	0
	ISO VG 68 no inflamable	0	55	0	725	0	330	110	220	55	110	55	0
	ISO VG 38 soluble	3	62	6	59	1	57	56	2	55	110	110	57
	ISO VG 140 desmontante acería	1200	500	500	300	600	300	800	200	800	900	1400	700
	COOLANT	10	0	0	0	0	0	5	10	0	0	5	0
GRASAS (lb)	Premium mil	500	400	400	800	0	400	800	400	0	400	800	800
	Chesterton 635	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Multifak EP 2	0	0	35	0	35	0	0	0	0	0	0	0
	Starplex 2	2245	2210	1150	1010	2420	1410	1740	1845	1270	1270	905	1010

Según los límites inicialmente establecidos para el cálculo de la huella de carbono, para las fuentes de combustión móvil se consideró la maquinaria que es de propiedad de la empresa que se desplaza dentro de las instalaciones. Por lo que se descartó el transporte tercerizado que se realiza del producto terminado a los diferentes puntos de distribución fuera de la planta industrial.

Por consiguiente, la tabla 14 contiene el consumo mensual de diesel de las excavadoras y montacargas con las que se realiza diferentes actividades dentro de la empresa.

Tabla 14. Consumo mensual de combustible de fuentes móviles de combustión del 2013.

Mes 2013	Diesel (gal)	
	Excavadoras	Montacargas
Enero	13.418	913
Febrero	11.120	746
Marzo	10.374	939
Abril	11.924	755
Mayo	12.600	808
Junio	11.411	854
Julio	16.945	850
Agosto	10.370	859
Septiembre	15.171	855
Octubre	13.354	574
Noviembre	7.653	898
Diciembre	6.673	796
Total	14.1013	9847
Promedio	11.751,08	820,58

3.6.1.2 Insumos químicos

En la empresa NOVACERO S.A. –Planta Lasso existen dos plantas de tratamiento de agua, la planta de agua para consumo y planta de agua industrial. En éstas durante el 2013 se usaron ciertos químicos para el tratamiento primario del agua, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 15. Consumo mensual de insumos químicos en las planta de tratamiento de agua en el 2013

Mes 2013 (kg)	INHIBIDOR DE CORROSION	DISPERSANTE	BIOCIDA OXIDANTE BASE BROMO	COAGULANTE	FLOCULANTE ANIONICO	BIOCIDA OXIDANTE BASE CLORO 10- 12%	BIOCIDA NO OXIDANTE	SAL EN GRANO	ACIDO SULFURICO A 98%	DISPERSANTE E INHIBIDOR - NALCO 7308	ANTIESPUMANTE
Enero	110	867	593	11000	155	3810	200	180	1200	85	51
Febrero	95	787	568	16000	100	5700	1000	170	1200	10	34
Marzo	95	850	0	11000	0	4700	800	84	500	110	31
Abril	105	760	1136	10000	50	5000	600	146	200	70	54
Mayo	247	820	698	8000	0	4000	400	100	800	15	17
Junio	0	787	498	12000	175	5300	400	170	1900	55	51
Julio	35	432	456	7000	65	4900	800	180	100	0	17
Agosto	192	773	541	9400	120	5200	600	190	0	90	51
Septiembre	148,6	840	564	7529	95	4640	600	168	0	92,8	34
Octubre	118,4	705	632	10182,2	150	5211,4	600	192	0	23,7	19
Noviembre	227	807	598	11888,8	145	3748,6	600	0	641	158,5	49
Diciembre	0	444	483	7445	50	3400	600	350	878	30	35
Total	1373	8872	6767	121445	1105	55610	7200	1930	7419	740	443
Promedio	114	739	564	10120	92	4634	600	161	674	62	37

3.6.1.3 Recursos que intervienen en la producción de acero

Además del combustible y sustancias químicas existen otros elementos que fueron utilizados en el 2013 en el área productiva de la acería para la fusión y afino del acero, los cuales también emiten gases de efecto invernadero durante su consumo.

Los principales recursos que se utilizan en estos procesos en la acería son:

- Caliza (cal siderúrgica)
- Dolomita (briquete óxido de magnesio)
- Chatarra
- Electrodo de carbono

- Carga de carbono EAF (Antracita de insuflar, especial y de carga)
- Briquetas de hierro en caliente (HBI)
- Carga de carbono (Antracita de ajuste)
- Acero líquido

Tabla 16. Consumo mensual de recursos para la producción de acero del 2013

Mes 2013	Fusión de acero (t)						Afino de acero (t)	
	Caliza	Dolomita	Chatarra	Electrodos	Carga carbono	HBI	Carga carbono	Acero líquido
En	697,2	105,6	12.226,1	31,1	597,5	2.003,9	24,8	1.0487,1
Feb	652,1	103,2	10.298,9	30,0	131,0	2.003,9	25,4	8.711,7
Mar	367,3	58,5	5.547,6	15,6	52,8	2.003,9	12,2	4.873,9
Ab	50,0	13,0	886,8	1,3	22,0	2.003,9	2,0	803,5
May	430,6	88,0	8.175,2	19,7	306,9	2.003,9	20,1	7.460,6
Jun	614,7	114,0	9.122,1	29,8	556,0	2.003,9	33,7	7.942,1
Jul	0,4	115,0	6.511,5	24,7	334,4	2.003,9	13,2	5.690,5
Ag	251,6	130,5	10.160,6	25,8	510,1	2.003,9	19,2	9.295,7
Sep	800,5	192,0	10.783,3	30,0	542,0	2.003,9	131,0	10.021,2
Oct	818,0	197,0	10.945,9	36,3	670,0	2.003,9	20,0	10.195,2
Nov	651,9	161,0	9.087,9	28,5	400,8	2.003,9	20,0	8.535,7
Dic	628,2	188,0	9.988,0	24,6	465,0	2.003,9	17,0	9.427,3
Total	5.962,6	1.465,8	103.733,8	297,3	4.588,4	24.046,8	338,6	93.359,8
Prom.	496,9	122,2	8.644,5	24,8	382,4	2.003,9	28,2	7.780,0

3.6.1.4 Energía eléctrica

La energía eléctrica que abastece a los procesos productivos desarrollados en NOVACERO S.A. – Planta Lasso y a las oficinas proviene de la empresa eléctrica y de la Subestación Eléctrica NOVACERO, como sistema auxiliar, siendo la capacidad nominal de la subestación eléctrica de 30 MVA.

El suministro de energía que NOVACERO S.A. – Planta Lasso utiliza es el de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. a 13.8 kV, a través de un alimentador expreso de 1200 m, con aislamiento de 69 kV, que parte desde una posición de la subestación de Mulaló, propiedad de Transelectric S.A.,

hasta llegar a la subestación de NOVACERO S.A.. Los datos de consumo eléctrico de la planta en general fueron recogidos a partir de las planillas mensuales de electricidad, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 17. Consumo eléctrico del 2013

Mes (2013)	Consumo energía eléctrica (MWh)
Enero	9.859,57
Febrero	8.452,98
Marzo	5.311,52
Abril	2.819,95
Mayo	7.086,71
Junio	7.701,42
Julio	6.307,69
Agosto	8.486,30
Septiembre	9.020,33
Octubre	8.679,97
Noviembre	13.595,86
Diciembre	8.494,16
Total	9.5816,50
Promedio	7.984,71

Dentro de la empresa, los consumos eléctricos fueron separados por área de producción, los cuales fueron recolectados a partir de las lecturas de cada uno de los medidores durante el 2013, dicha información se presenta a continuación en la tabla 18.

Tabla 18. Consumo de energía eléctrica por áreas en el 2013

Área	Promedio mensual consumo energía eléctrica (MWh)
Tren1	964,29
Tren 2	246,10
Acería (horno)	5.337,79
PTA	414,75
Planta de Humos	36,75
LPP	12,18
Proyectos	21,58
Prensa cizalla	75,519
Acería 220V	397,22
Acería 440V	165,18
Fragmentadora	295,47
Trefiladora	11,98
Enderezadora 440V	1,78
Enderezadora 220V	0,12
Malla electrosoldada	3,99

Es importante indicar que en el área de proyectos también se contempló los consumos de oficinas, garitas, galpones de producto terminado, gerencia y SGI, comedor, talleres eléctricos y mecánicos y la planta de tratamiento de aguas para el consumo, ya que se encontraban conectados a un mismo medidor.

3.6.2 Generación de residuos de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso

Dentro de la empresa se generan residuos desechables, lodos orgánicos y desechos sólidos especiales. Para los residuos desechables como papel, cartón y plástico, se recolectó la cantidad generada principalmente en el área administrativa durante el 2013, esta información se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Generación de desechos en el 2013

Mes 2013	Papel (Kg)	Cartón (Kg)	Plástico (Kg)
Enero	240	560	1370
Febrero	66	154	140
Marzo	150	350	250
Abril	222	518	200
Mayo	99	231	820
Junio	60	140	650
Julio	165	385	670
Agosto	39	91	230
Septiembre	108	252	570
Octubre	24	56	470
Noviembre	36	84	480
Diciembre	246	574	400
Total	1.455	3.395	6.250
Promedio	121,25	282,92	520,83

La generación de lodos orgánicos se produce en la planta de tratamiento de agua industrial, los cuales posteriormente son llevados por la Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del cantón Latacunga (EPAGAL). No se posee un registro mensual de la cantidad de este tipo de residuo, sin embargo, aproximadamente se producen 20 toneladas al mes.

La generación de desechos sólidos especiales está directamente relacionada con la producción de acero, son desechos metálicos que contienen principalmente óxidos ferrosos. La escoria, polvo metálico y lodos metálicos son enviados a LAFARGE para la fabricación de cemento; mientras que los desechos de la fragmentadora son enviados a EPAGAL. Estos desechos metálicos causan principalmente contaminación al agua y al suelo, por lo que no han sido tomados en cuenta para el cálculo de la huella de carbono debido a que no emiten GEI a la atmósfera.

4. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO

4.1 RESULTADOS DEL ALCANCE 1

Las emisiones de CO₂ equivalente para el alcance 1 comprendieron las emisiones que se generaron por las fuentes que son de propiedad de la empresa o ejercen un control sobre ellas, así como también, las actividades u operaciones que se realizan dentro de las instalaciones.

De esta manera, las emisiones de CO₂ equivalente que se obtuvieron son de: combustión fija, proceso de producción de acero, combustión móvil y otras emisiones (aguas residuales, residuos, lubricantes/grasas e insumos químicos).

4.1.1 Emisiones por combustión fija

En el 2013, por la combustión fija de CO₂ se generaron 23.121,64 toneladas de CO₂e mientras que por emisiones de CH₄ y N₂O se generaron 74,43 toneladas de CO₂e.

A continuación en las tablas 20 y 21 se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a la fuente de emisión y el tipo de combustible consumido durante el año seleccionado.

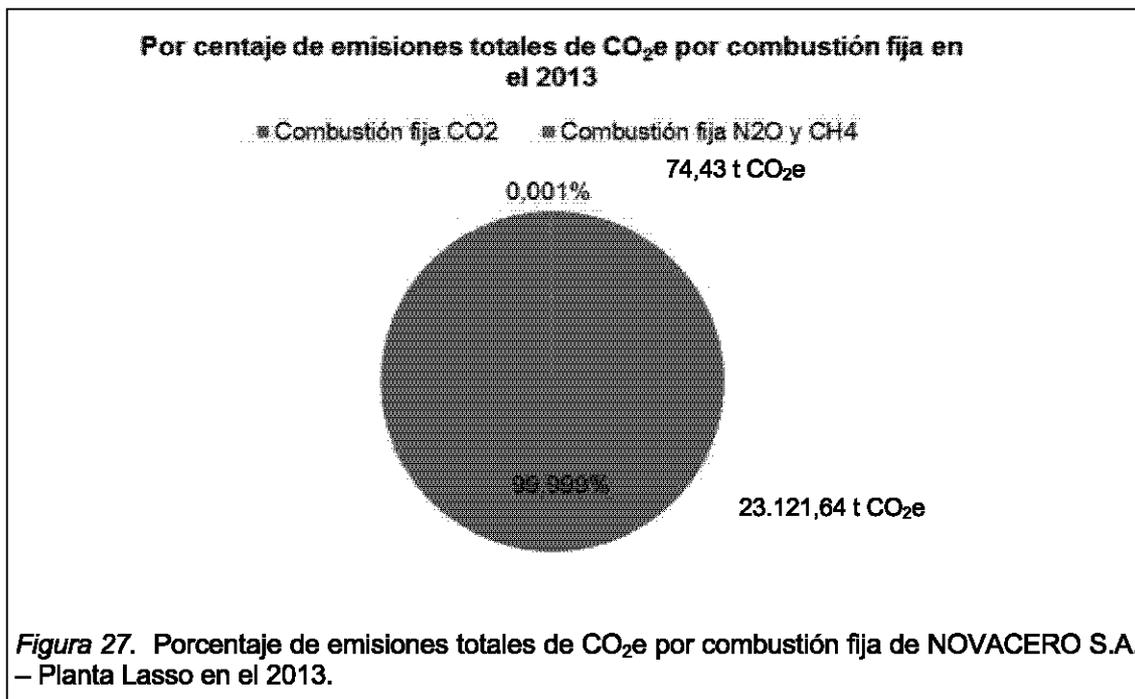
Tabla 20. Emisiones de CO₂e por combustión fija de CO₂ en el 2013

Fuente	Tipo combustible	Consumo anual del combustible (Kg)	Valor calorífico (GJ/Kg)	Factor de contenido de carbono (Kg/GJ)	Emisiones CO ₂ (t)
Compactadora	Diesel	141.156,58	0,05	19,19	500,02
Pre calentadores	Diesel	887.137,74	0,05	19,19	3.142,52
Horno T1	Diesel	1.205.833,17	0,05	19,19	4.271,44
Horno T1	Búnker	3.264.356,70	0,05	20,05	11.351,08
Horno T2	Búnker	716.788,50	0,05	20,05	2.492,47
LPP	Búnker	259.428,60	0,05	20,05	902,11
Antorcha de corte	GLP	38.386,26	0,06	15,48	127,36
Oxicorte ALBA	GLP	100.860,24	0,06	15,48	334,64
TOTAL					23.121,64

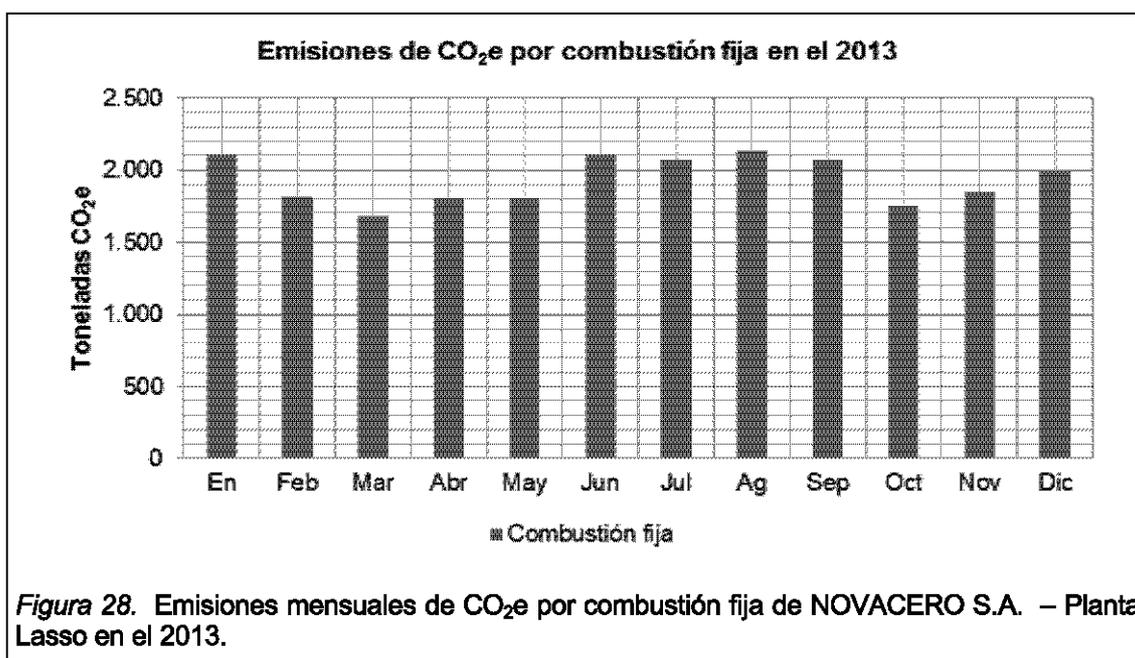
Tabla 21. Emisiones de CO₂e por combustión fija de N₂O y CH₄ en el 2013

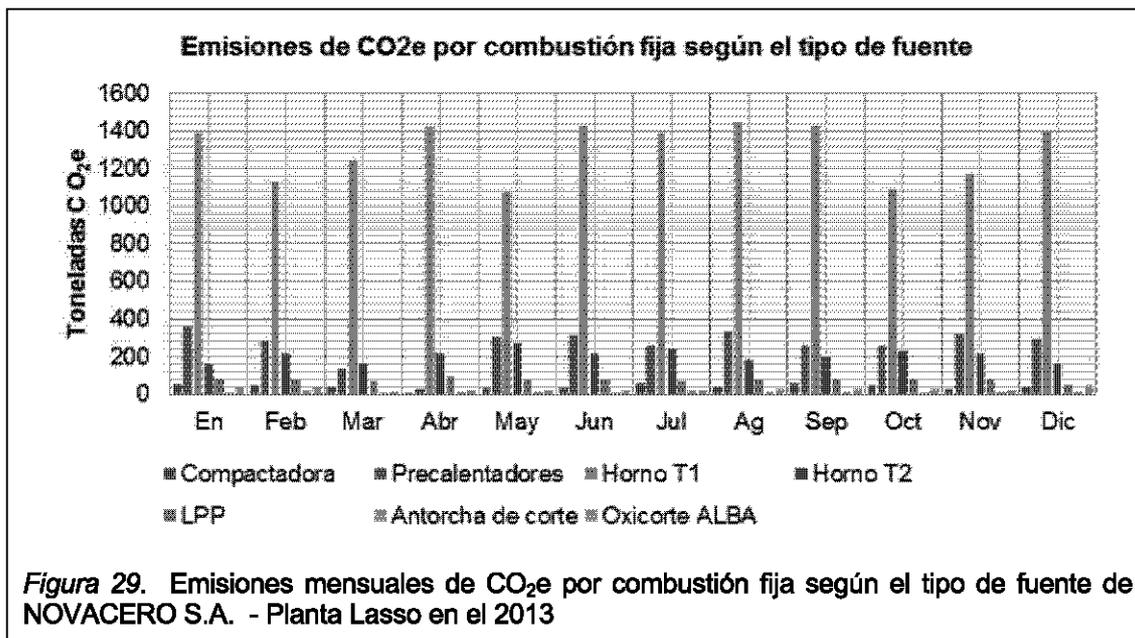
Fuente	Tipo combustible	Consumo anual del combustible (Kg)	F.E. CH ₄ (Kg CH ₄ /GJ)	F.E. N ₂ O (Kg N ₂ O /GJ)	Emisiones CH ₄ (t)	Emisiones N ₂ O (t)
Compactadora	Diesel	141.156,58	0,0029	0,0006	0,02	0,00
Pre calentadores	Diesel	887.137,74	0,0029	0,0006	0,13	0,03
Horno T1	Diesel	1.205.833,17	0,0029	0,0006	0,17	0,03
Horno T1	Búnker	3.264.356,70	0,0029	0,0006	0,44	0,09
Horno T2	Búnker	716.788,50	0,0029	0,0006	0,10	0,02
LPP	Búnker	259.428,60	0,0029	0,0006	0,03	0,01
Antorcha de corte	GLP	38.386,26	0,0009	0,0001	0,00	0,00
Oxicorte ALBA	GLP	100.860,24	0,0009	0,0001	0,01	0,00
TOTAL					0,89	0,18
PCG					21	310
TOTAL					18,89	55,54
EMISIONES CO₂ (t)					74,43	

Al sumar estas dos tipos de combustión fija se obtuvo un total de 23.196,07 toneladas CO₂e emitidas en el 2013, determinando que aproximadamente la totalidad de las emisiones corresponde a la combustión de CO₂, lo cual se puede apreciar en la siguiente figura.

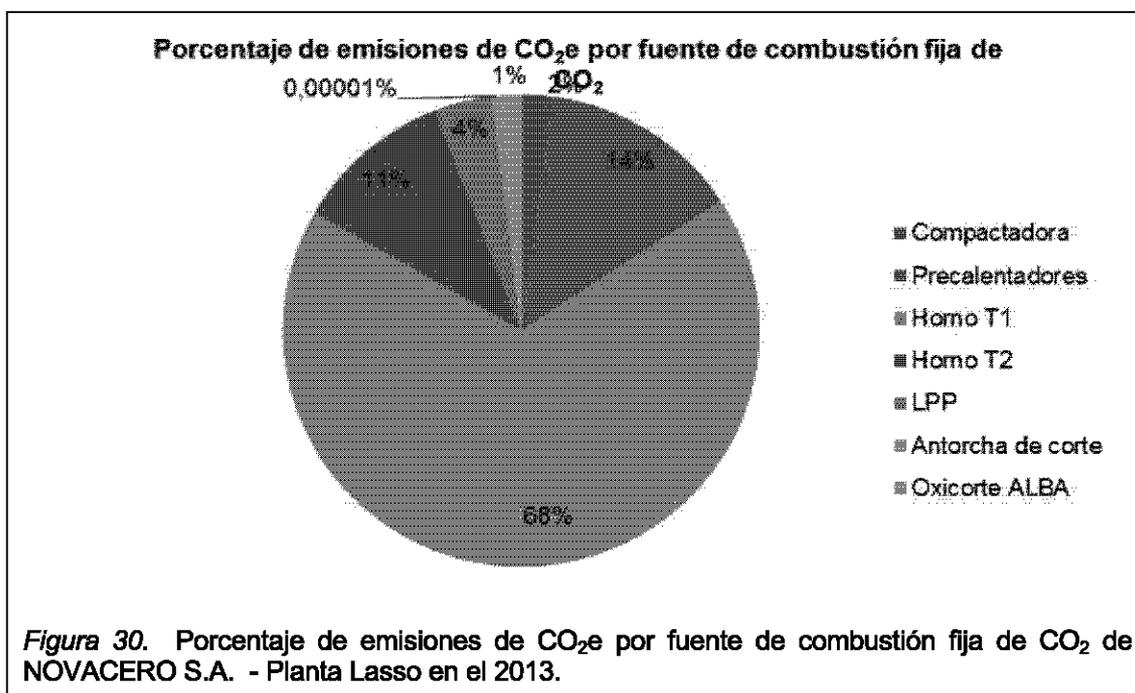


En la figura 28 se presenta detalladamente las emisiones mensuales de CO₂ equivalente durante el 2013 según el tipo de combustión, mientras que en la figura 29 se muestra las emisiones de CO₂ equivalente de acuerdo a la fuente.



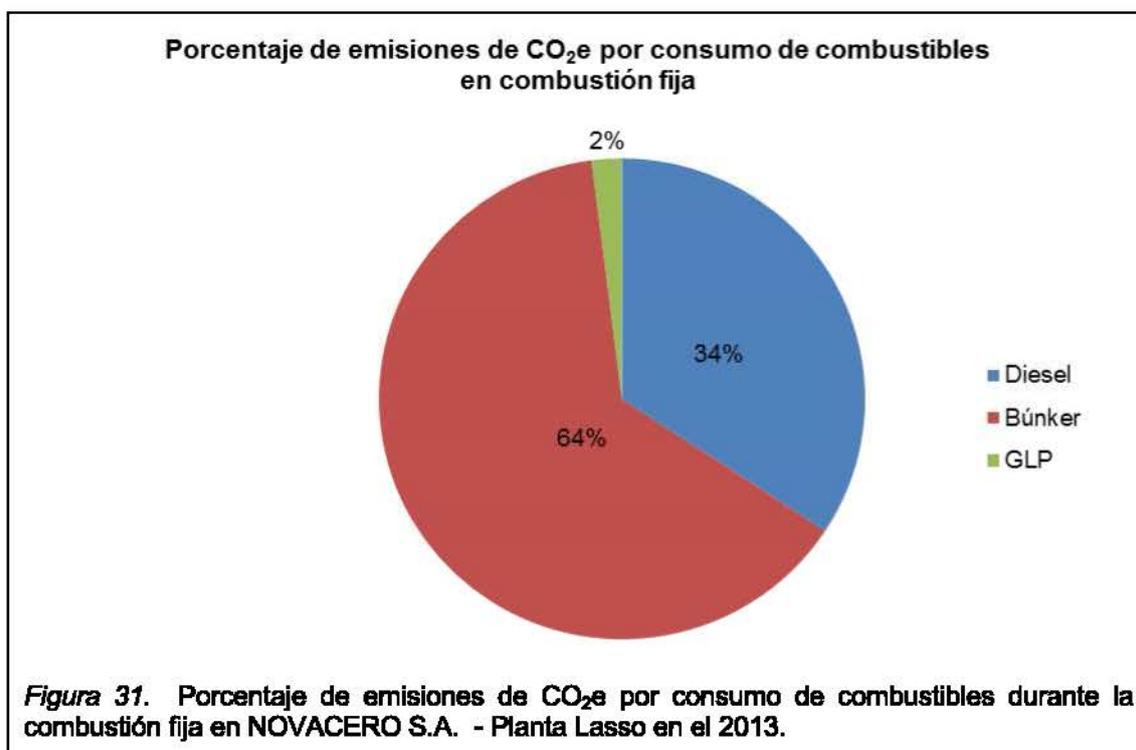


A continuación en la figura 30 se muestran las respectivas fuentes de combustión, en la que se aprecia que el 68% de emisiones corresponde al horno de calentamiento del tren 1 de laminación.



Los combustibles consumidos por dichas fuentes son diesel, búnker y GLP; los cuales generaron 7.913,98; 14.745,66 y 462 toneladas de CO₂e, respectivamente.

En la figura 31 se presentan los porcentajes de emisión por consumo de combustible.



4.1.2 Emisiones por producción de acero

Referente a la producción de acero, actividad principal que se desarrolla en la planta industrial, se obtuvo que en el 2013 se generaron 31.256,44 toneladas de CO₂e.

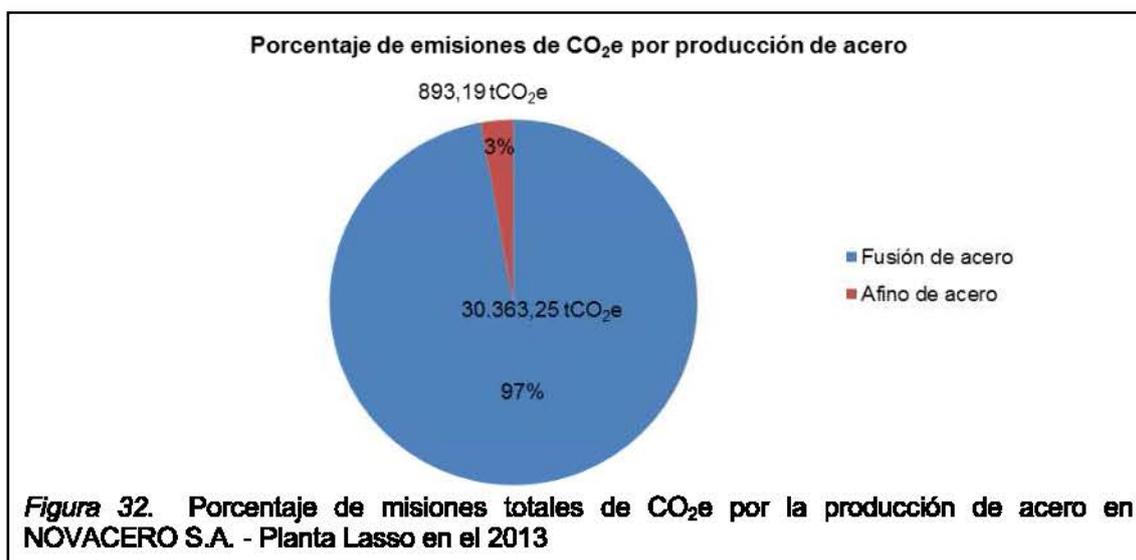
A continuación en la tabla 22 se presentan las emisiones de CO₂e por la producción de acero en el 2013.

Tabla 22. Emisiones de CO₂e por la producción de acero en el 2013

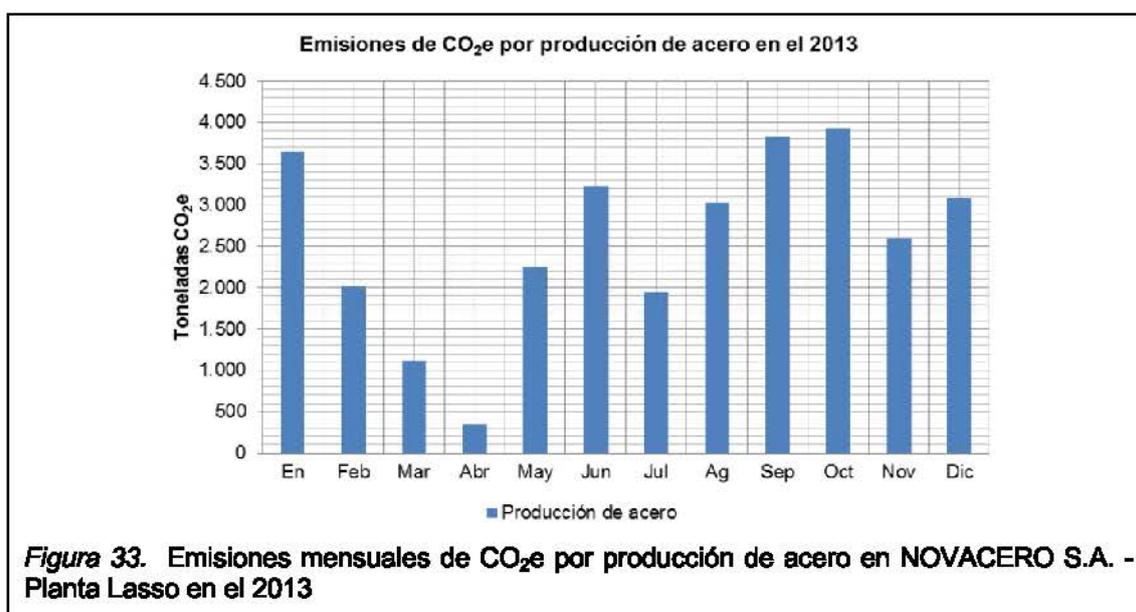
Fuente	Recurso consumido en la producción de acero			Acero anual producido (t)	Chatarra anual no convertida en acero (t)	Emisiones de CO ₂ (t)
	Recurso	Consumo anual (t)	Contenido carbono (kg C/kg)			
Fusión del acero	Caliza (cal siderúrgica)	5.962,61	0,12	93.359,83	9.709,48	30.363,25
	Dolomita (briquete óxido de magnesio)	1.465,80	0,13			
	Chatarra	103.733,77	0,04			
	Electrodos de carbono	297,33	0,82			
	Carga de carbono EAF (Antracita de insuflar, especial y de carga)	4.588,37	0,83			
	Briquetas de hierro en caliente (HBI)	24.046,80	0,02			
Afino del acero	Carga de carbono (Antracita de ajuste)	338,64	0,83	93.359,83	3.848,97	893,19
	Acero líquido	93.359,82	0,01			
TOTAL						31.256,44

De los dos procesos que se llevan a cabo para la producción de acero se generaron 893,19 toneladas de CO₂e que corresponden al afino de acero y 30.363,25 toneladas de CO₂e que provienen de la fusión de acero.

Por lo tanto, el 97% de emisiones se debió a este último proceso y el 3% restante es por afino de acero, lo cual se muestra en la figura 32.



En la figura 33 se presentan las emisiones mensuales de CO₂e debido a la producción de acero durante el 2013.



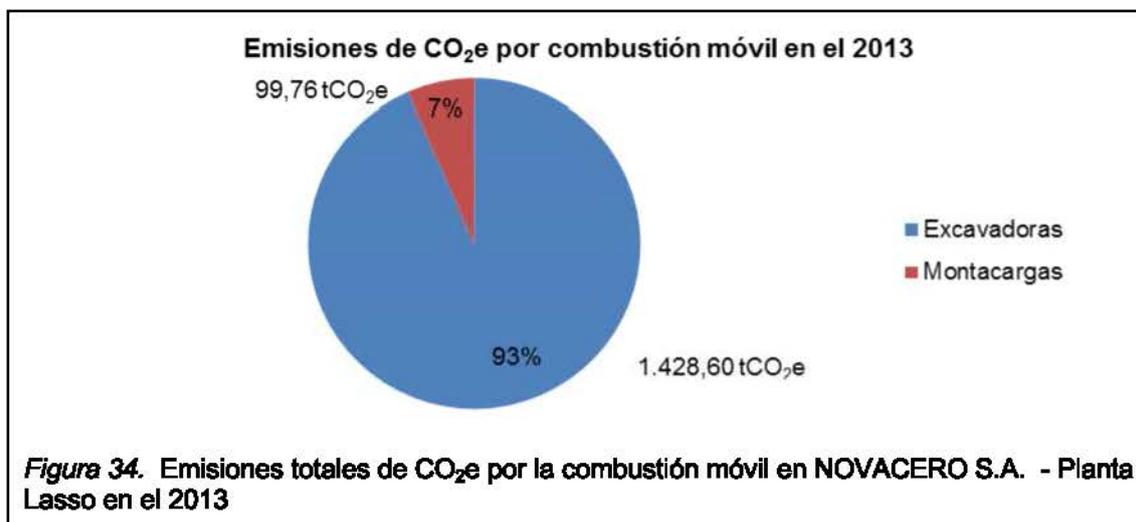
4.1.3 Emisiones por la combustión móvil

Para la combustión móvil correspondiente al transporte que se realiza dentro de las instalaciones de la planta por las excavadoras y montacargas se generaron 1.428,60 y 99,76 toneladas de CO₂e, respectivamente, obteniendo un total de 1.528,36 toneladas de CO₂e en el 2013. En la siguiente tabla se muestra el resultado.

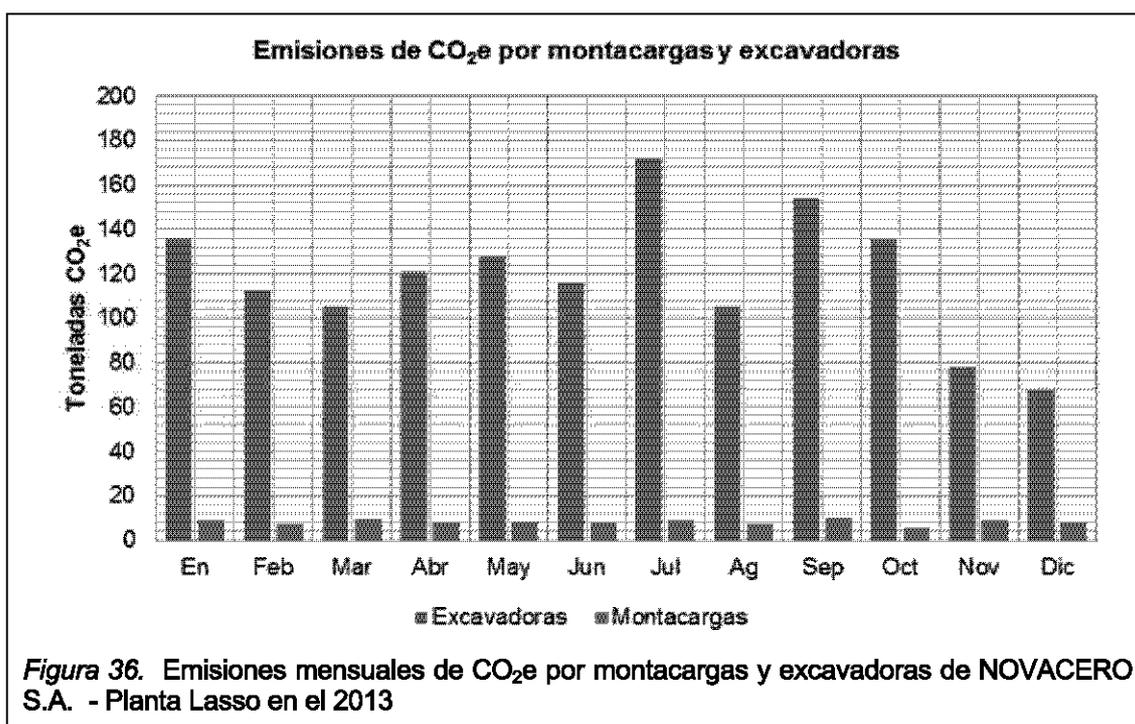
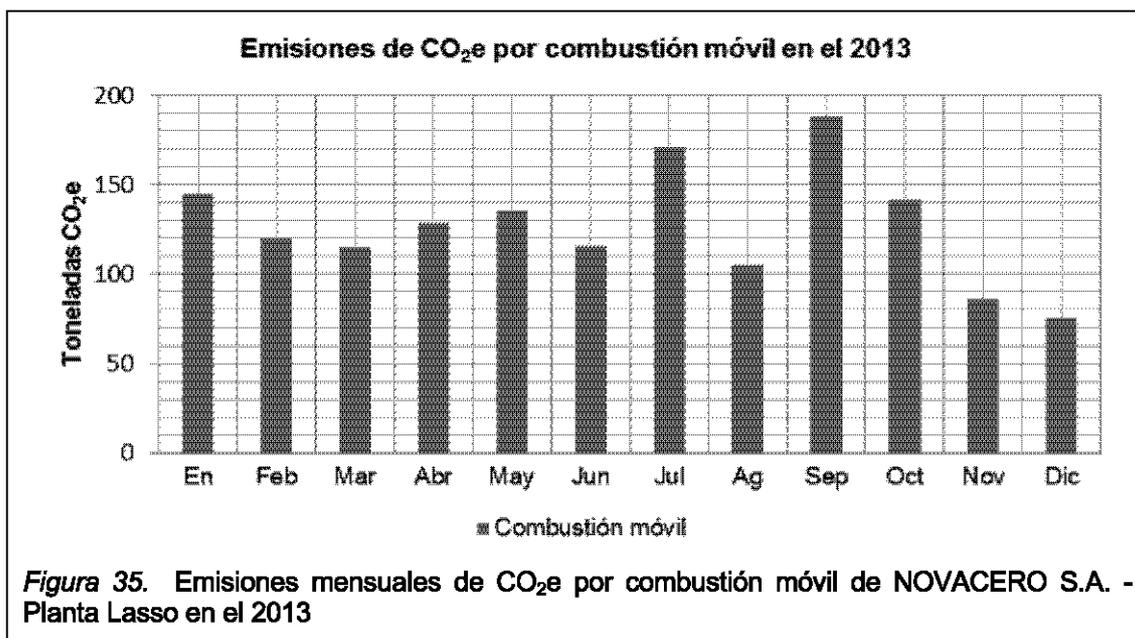
Tabla 23. Emisiones de CO₂e por combustión móvil en el 2013

Fuente	Tipo combustible	Consumo anual (gal)	Emisiones CO ₂ (t)
Excavadoras	Diesel	141.013	1.428,60
Montacargas	Diesel	9.847	99,76
TOTAL			1.528,36

De acuerdo al resultado obtenido, a las emisiones generadas por las excavadoras les corresponde el 93% y a los montacargas les corresponde el 7% de las emisiones totales por combustión móvil en el 2013.



Las emisiones mensuales de CO₂e por combustión móvil se aprecian en la figura 35 mientras que en la figura 36 se muestra las emisiones separadas por tipo de transporte.



4.1.4 Otras emisiones

En el alcance 1 se consideró como *otras emisiones* a las que se producen por actividades que no están directamente relacionadas con la producción de acero, siendo éstas las emisiones generadas por: aguas residuales, residuos sólidos reciclables, lubricantes/grasas e insumos químicos.

4.1.4.1 Emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales

Una de las emisiones que se calculó fue la generada por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales. Debido a que las emisiones de CO₂e de aguas residuales domésticas e industriales se determinan una vez al año, para la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se obtuvo que en 2013 se generaron 0,020 toneladas de CO₂e por aguas residuales domésticas mientras que por aguas industriales no se obtuvo emisiones ya que este tipo de agua tiene un tratamiento aeróbico por lo que su factor de emisión es 0. En las tablas 24 y 25 se presentan los resultados obtenidos en cada tipo de agua.

Tabla 24. Emisiones de CO₂e por tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas en el 2013

Agua residuales domésticas								
Gas	Fracción población por Ingresos (U _{ij})	Grado de utilización del tratamiento (T _{ij})	Factor emisión (kgGEI/kgDBO)	Total materia orgánica (kgDBO/año)	Lodo orgánico (kgBOD/año)	CH ₄ recuperado (kgCH ₄ /año)	Nitrógeno en el efluente (KgN/año)	Emisiones CO ₂ (t)
CH ₄	0,20	0,20	0,30	65,70	0	0	N.A.	0,017
N ₂ O	N.A.	N.A.	0,003	N.A.	N.A.	N.A.	1,06	0,003
TOTAL								0,020

Tabla 25. Emisiones de CO₂e por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales en el 2013

Agua residuales industriales						
Gas	Total materia orgánica (kgDBO/año)	Lodo orgánico separado (KgCOD/año)	Capacidad máxima de producción CH ₄ (kgCH ₄ /kgCOD)	Factor de corrección para el metano	Factor emisión (kgGEI/kgDBO)	Emisiones CO ₂ (t)
CH ₄	0,001	240000	0,25	0	0	0
TOTAL						0

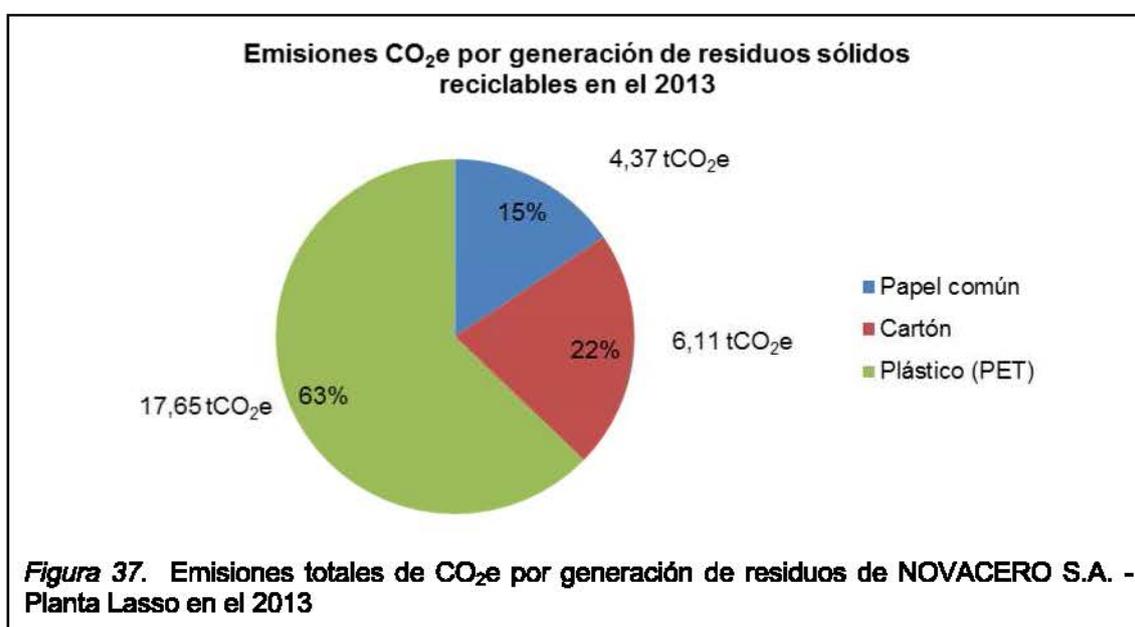
4.1.4.2 Emisiones por generación de residuos

En el 2013 por la generación de residuos sólidos reciclables se obtuvo 28,12 toneladas de CO₂e. En la tabla 26 se presenta las emisiones de acuerdo a cada tipo de fuente (papel, cartón y plástico) y la cantidad total de CO₂ equivalente.

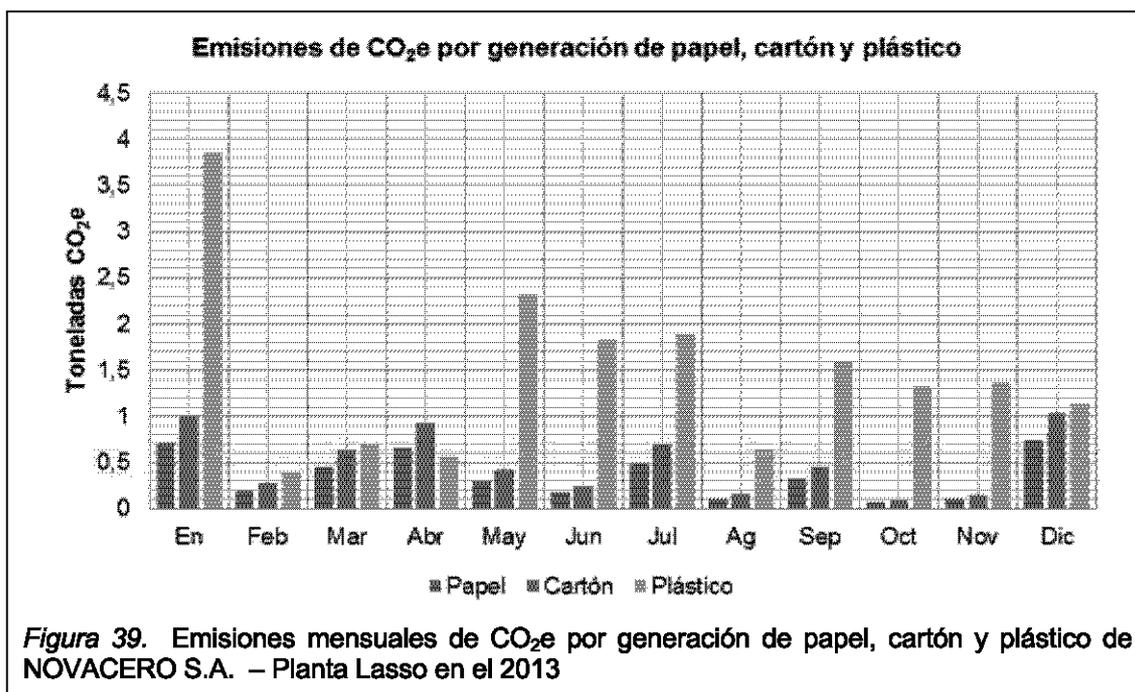
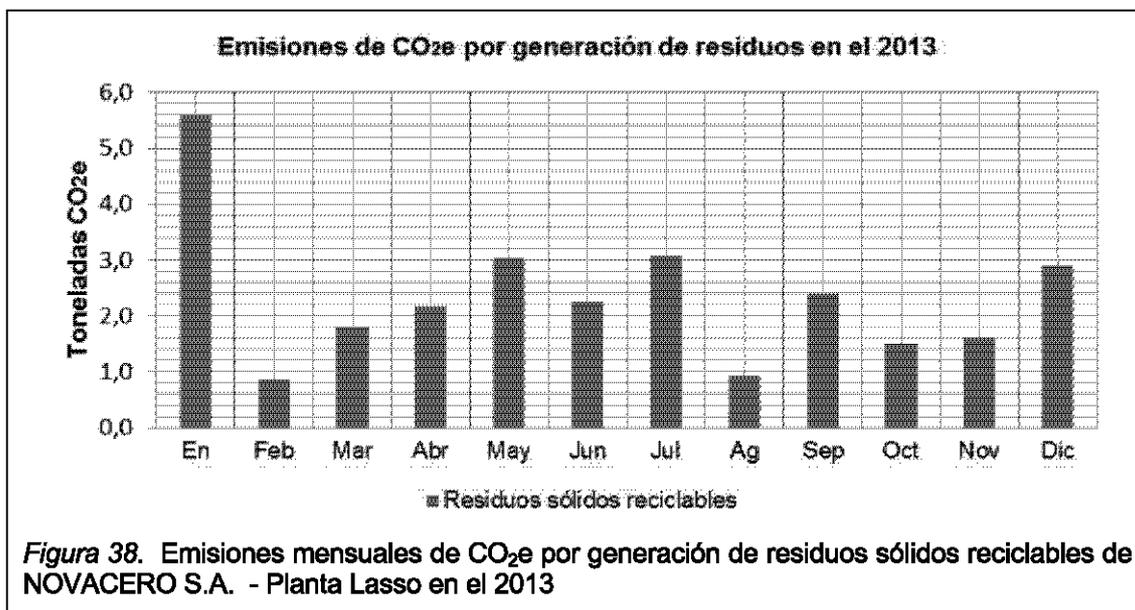
Tabla 26. Emisiones de CO₂e por la generación de residuos sólidos reciclables en el 2013

Fuente	Generación anual (Kg)	Factor de emisión (Kg CO ₂ e/Kg residuo)	Emisiones CO ₂ (kg)	Emisiones CO ₂ (t)
Papel común	1.455	3,0	4365,0	4,37
Cartón	3.395	1,8	6111,0	6,11
Plástico (PET)	6.250	2,8	17645,81	17,65
TOTAL			28.121,81	28,12

De acuerdo a cada residuo sólido generado principalmente el área administrativa se obtuvo 4,37 toneladas de CO₂e para el papel común, 6,11 toneladas de CO₂e para el cartón y 17,65 toneladas de CO₂e para el plástico (PET); lo cual corresponde al 15%, 22% y 63%, respectivamente.



La generación mensual de CO₂e en el 2013 debido a estos residuos se encuentra en la figura 38 y en la figura 39 se detalla las emisiones por tipo de residuo.



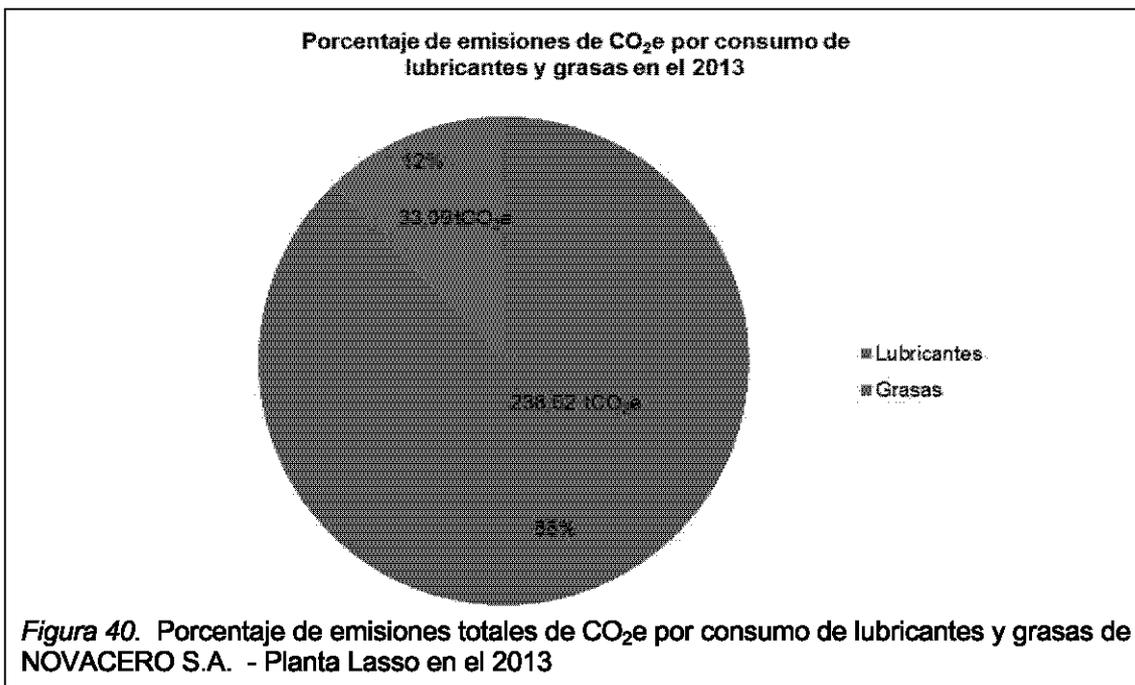
4.1.4.3 Emisiones por consumo de lubricantes y grasas

Debido al uso de lubricantes y grasas para el mantenimiento de la maquinaria se generaron 271,68 toneladas de CO₂e en el 2013 (tabla 27).

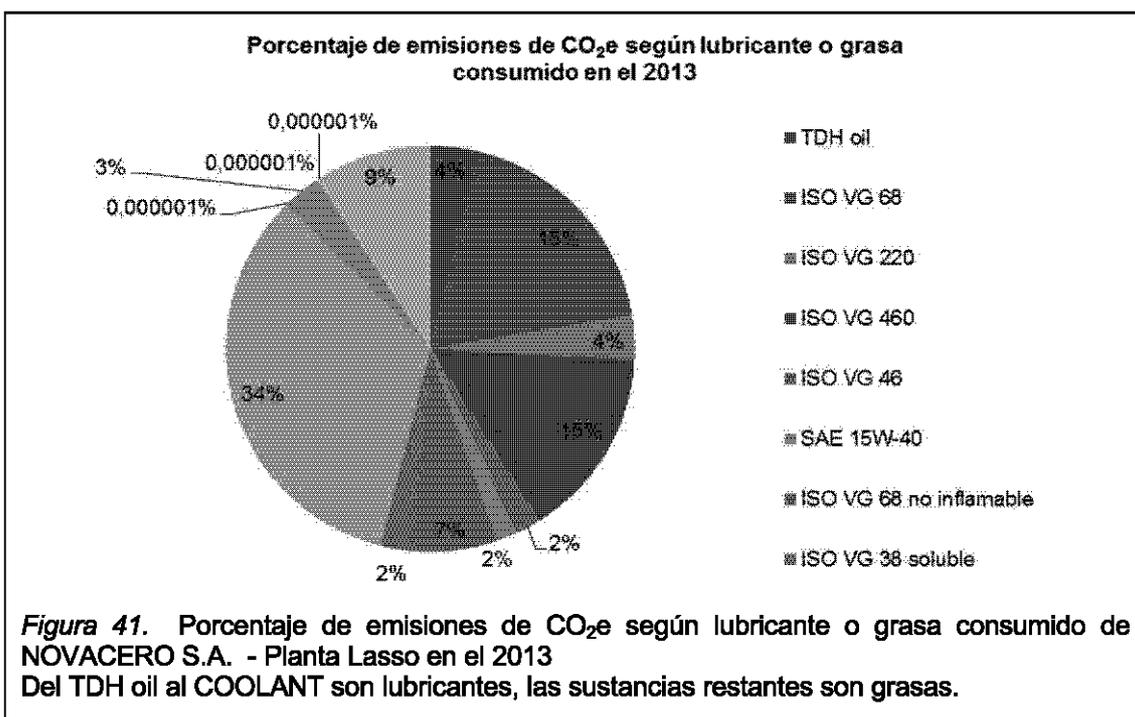
Tabla 27. Emisiones de CO₂e por el uso de lubricantes y grasas en el 2013

FUENTE	Tipo lubricante / grasa	Consumo anual	Emisiones GEI (t)				
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GEI (t CO ₂ e)	
LUBRICANTE (gal)	TDH oil	Líquido	945	10,54	4,314E-04	8,627E-05	10,57
	ISO VG 68	Líquido	4.484	50,01	2,047E-03	4,094E-04	50,18
	ISO VG 220	Líquido	846	9,43	3,862E-04	7,723E-05	9,46
	ISO VG 460	Líquido	3.694	41,20	1,686E-03	3,372E-04	41,34
	ISO VG 46	Líquido	495	5,52	2,260E-04	4,519E-05	5,54
	SAE 15W-40	Líquido	385	4,29	1,757E-04	3,515E-05	4,30
	ISO VG 68 no inflamable	Líquido	1.660	18,51	7,577E-04	1,515E-04	18,57
	ISO VG 38 soluble	Líquido	578	6,44	2,638E-04	5,277E-05	6,46
	ISO VG 140 desmontante acería	Líquido	8.200	91,45	3,743E-03	7,486E-04	91,77
	COOLANT	Líquido	30	0,33	1,369E-05	2,739E-06	0,33
GRASA (lb)	Premium mil	Sólido	5.700	7,61	3,118E-04	6,235E-05	7,64
	Chesterton 635	Sólido	433,4	0,57	2,370E-05	4,741E-06	0,58
	Multifak EP 2	Sólido	70	0,09	3,829E-06	7,657E-07	0,09
	Starplex 2	Sólido	18.485	24,70	1,011E-03	2,022E-04	24,78
TOTAL						271,68	

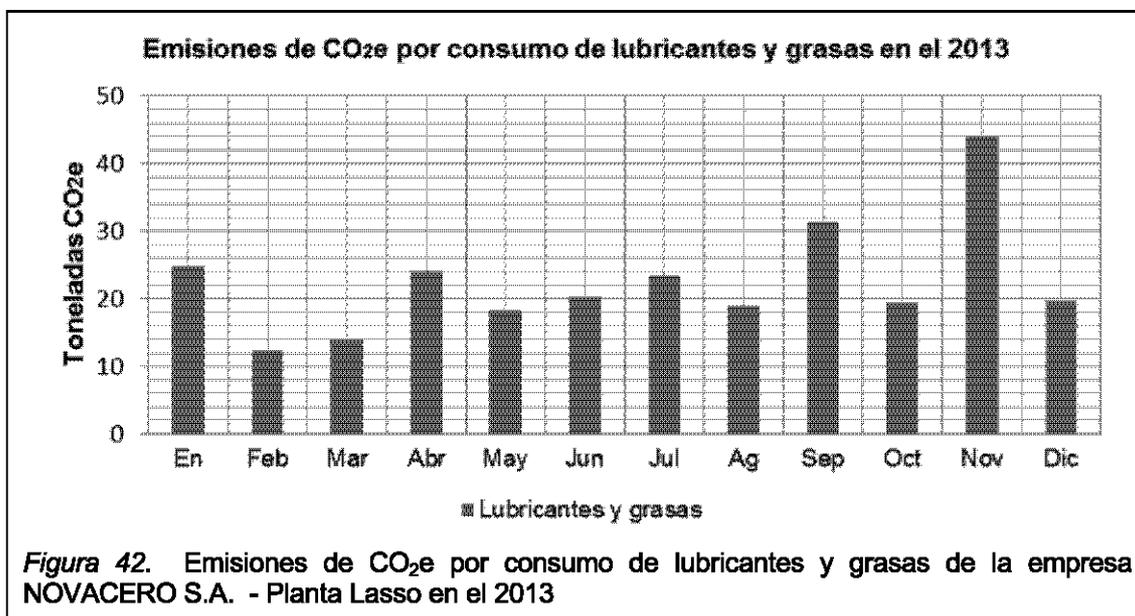
Las emisiones de CO₂e por lubricantes en el 2013 fueron de 283,52 toneladas, es decir, 88% de las emisiones totales. Mientras que para las grasas fueron de 33,09 toneladas, correspondiendo al 12% de las emisiones totales (figura 40).



A continuación en la figura 41 se muestra las emisiones de CO₂e de acuerdo al consumo de cada lubricante y grasas, siendo los más significativos el lubricante ISO VG 140 desmontante usado en la acería con el 34%, el lubricante ISO VG 68 con el 18% y el lubricante COOLANT con el 15%. Entre las grasas se encuentra Starplex 2 con el 9% y Premium mil con el 7%.



Las emisiones mensuales de CO₂e por consumo de lubricantes y grasas en el 2013 se presentan en la siguiente figura.



4.1.4.4 Emisiones por consumo de insumos químicos

En las plantas de tratamiento de agua existió un consumo anual de insumos químicos de 181,33 toneladas; sin embargo, al ser comparado con el consumo anual de insumos de toda la empresa de 240.453,47 toneladas, éstos representa menos del 5%. Por consiguiente, no se consideró como un porcentaje de importancia en el resultado final de acuerdo a la materialidad.

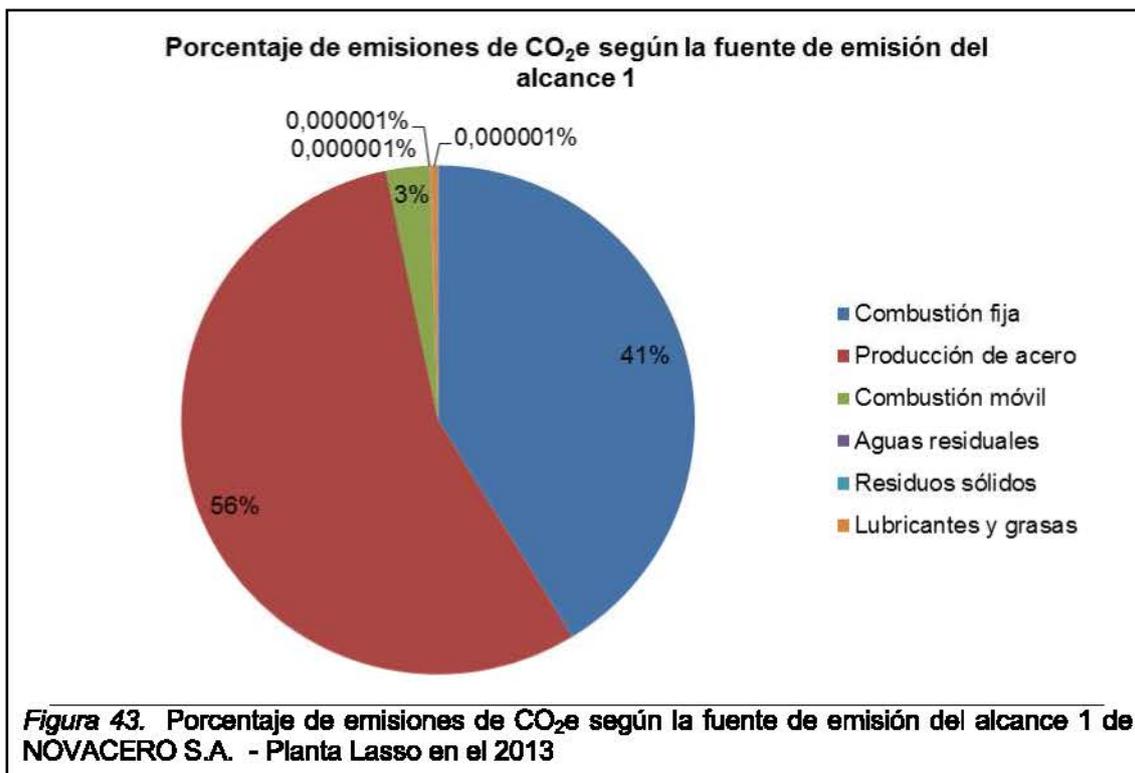
4.1.5 Emisiones totales del alcance 1

Al sumar cada fuente de emisión se determina que en el 2013 el alcance 1 es de 56.279,69 toneladas de CO₂e (tabla 28).

Tabla 28. Emisiones de CO₂e del alcance 1 en el 2013

ALCANCE 1: EMISIONES DIRECTAS				
Componente	Emisiones GEI (t)			Emisiones por componente (t CO₂e)
	CO₂	CH₄	N₂O	
Combustión fija y producción de acero				
Combustión fija	23.121,64	18,89	55,54	23.196,08
Producción de acero	31.256,44	0,00	0,00	31.256,44
Total	54.378,09	18,89	55,54	54.452,52
Combustión móvil / transporte				
Excavadoras	1.428,60	0,00	0,00	1.428,60
Montacargas	99,76	0,00	0,00	99,76
Total	1.528,36	0,00	0,00	1.528,36
Aguas residuales				
Domésticas	0,00	0,017	0,003	0,020
Industriales	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	0,003	0,003	0,020
Generación de residuos				
Papel	4,37	0,00	0,00	4,37
Cartón	6,11	0,00	0,00	6,11
Plástico (PET)	17,65	0,00	0,00	17,65
Total	28,12	0,00	0,00	28,12
Lubricantes y grasas				
Lubricantes, aceites y grasas	270,67	0,01	2,21E-03	270,68
Total	270,67	0,01	0,00	270,68
TOTAL ALCANCE 1	56.205,24	18,90	55,55	56.279,69

Las emisiones de CO₂e están detalladas de acuerdo a cada fuente de emisión del alcance 1 en la figura 42, en la cual se puede apreciar que el 56% corresponde a las emisiones por producción de acero, el 41% pertenece a las emisiones por combustión fija, el 3% abarca las emisiones por combustión móvil y lo restante siendo un valor insignificante pertenece a las emisiones por aguas residuales, residuos sólidos reciclables, lubricantes y grasas.



4.2 RESULTADOS DEL ALCANCE 2

Las emisiones correspondientes a la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa se encuentran estimadas en el alcance 2. En el 2013 este alcance fue de 44.046,84 toneladas de CO₂e.

A continuación en la siguiente tabla se muestra las emisiones anuales por áreas y el total de CO₂e.

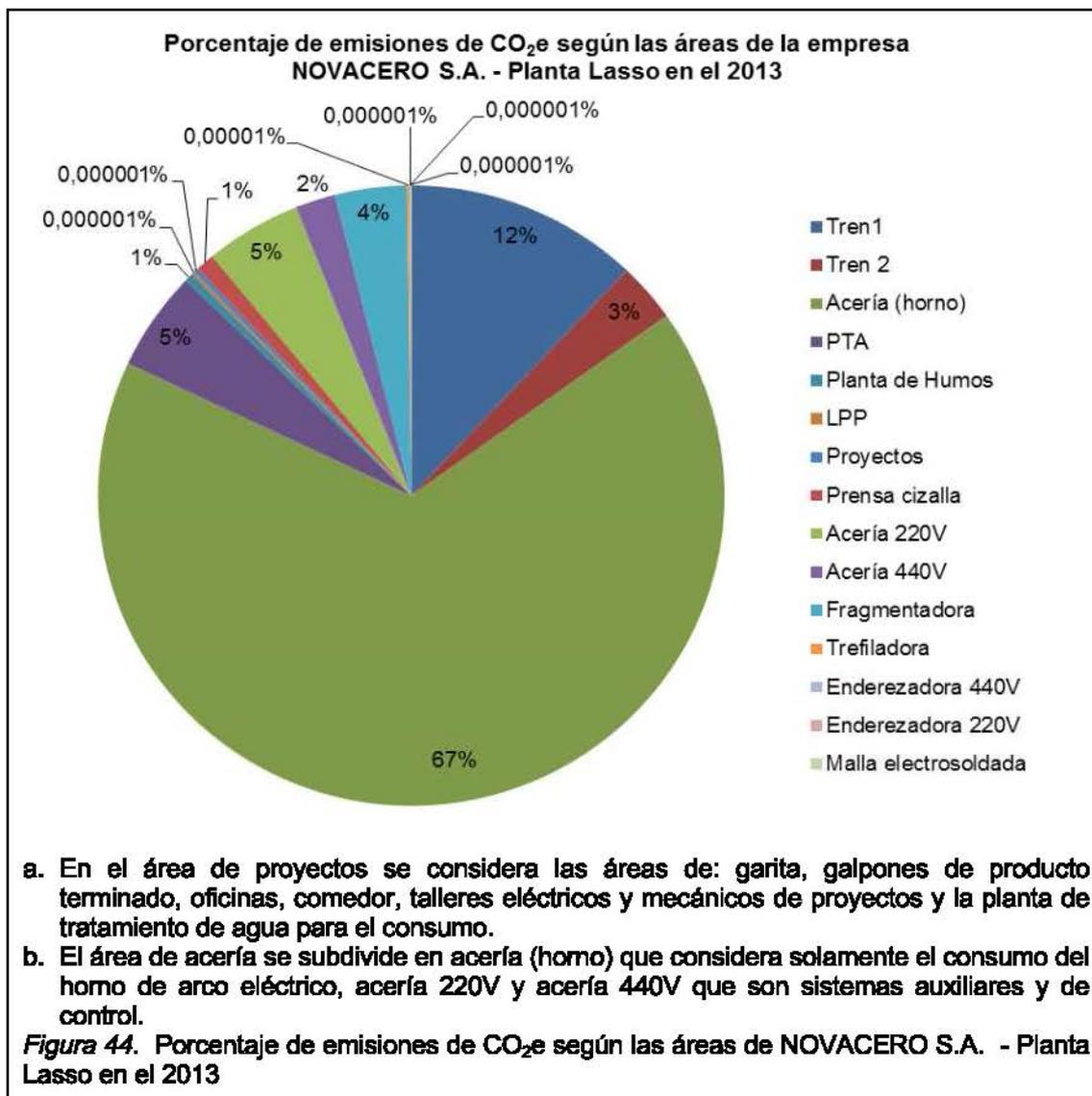
Tabla 29. Emisiones de CO₂e por el consumo de energía eléctrica en el 2013

Fuente	Consumo eléctrico anual (KWh)	Factor de emisión de CO ₂ (g CO ₂ / kWh)	Emisiones indirectas de CO ₂ (t)
Tren1	11.571.499,67	459,70	5.319,42
Tren 2	2.953.214,60	459,70	1.357,59
Acería (horno)	64.053.582,09	459,70	29.445,43
PTA	4.977.103,00	459,70	2.287,97
Planta de Humos	440.952,60	459,70	202,71
LPP	146.145,64	459,70	67,18
Proyectos	258.907,98	459,70	119,02
Prensa cizalla	906.229,84	459,70	416,59
Acería 220V	4.766.688,88	459,70	2.191,25
Acería 440V	1.982.182,80	459,70	911,21
Fragmentadora	3.545.599,30	459,70	1.629,91
Trefiladora	143.768,14	459,70	66,09
Enderezadora 440V	21.359,94	459,70	9,82
Enderezadora 220V	1.426,20	459,70	0,66
Malla electrosoldada	47.834,34	459,70	21,99
TOTAL			44.046,84

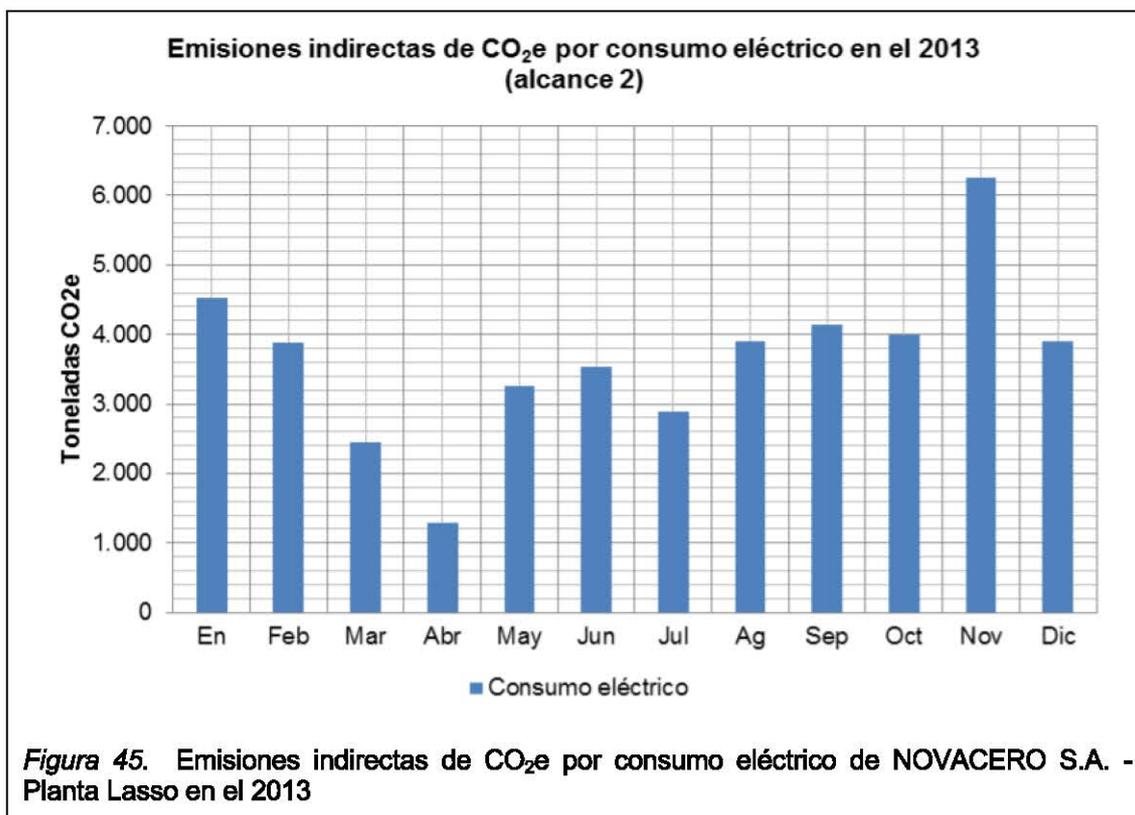
Tabla 30. Emisiones de CO₂e del alcance 2 en el 2013

ALCANCE 2: EMISIONES INDIRECTAS				
Componente	Emisiones GEI (t)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Emisiones por componente (t CO ₂ e)
Energía eléctrica	44.046,84	0,00	0,00	44.046,84
TOTAL ALCANCE 2	44.046,84	0,00	0,00	44.046,84

En la siguiente figura se muestran los porcentajes de emisiones de CO₂e de acuerdo a las áreas de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el año analizado, determinando que el 67% corresponde al área de la acería específicamente al consumo eléctrico del horno y el 12% corresponde al tren 1 de laminación (sistema automatizado).



A continuación se presenta las emisiones mensuales de CO₂e del consumo de energía eléctrica, es decir, del alcance 2.



4.3 RESULTADO DE LA HUELLA DE CARBONO TOTAL

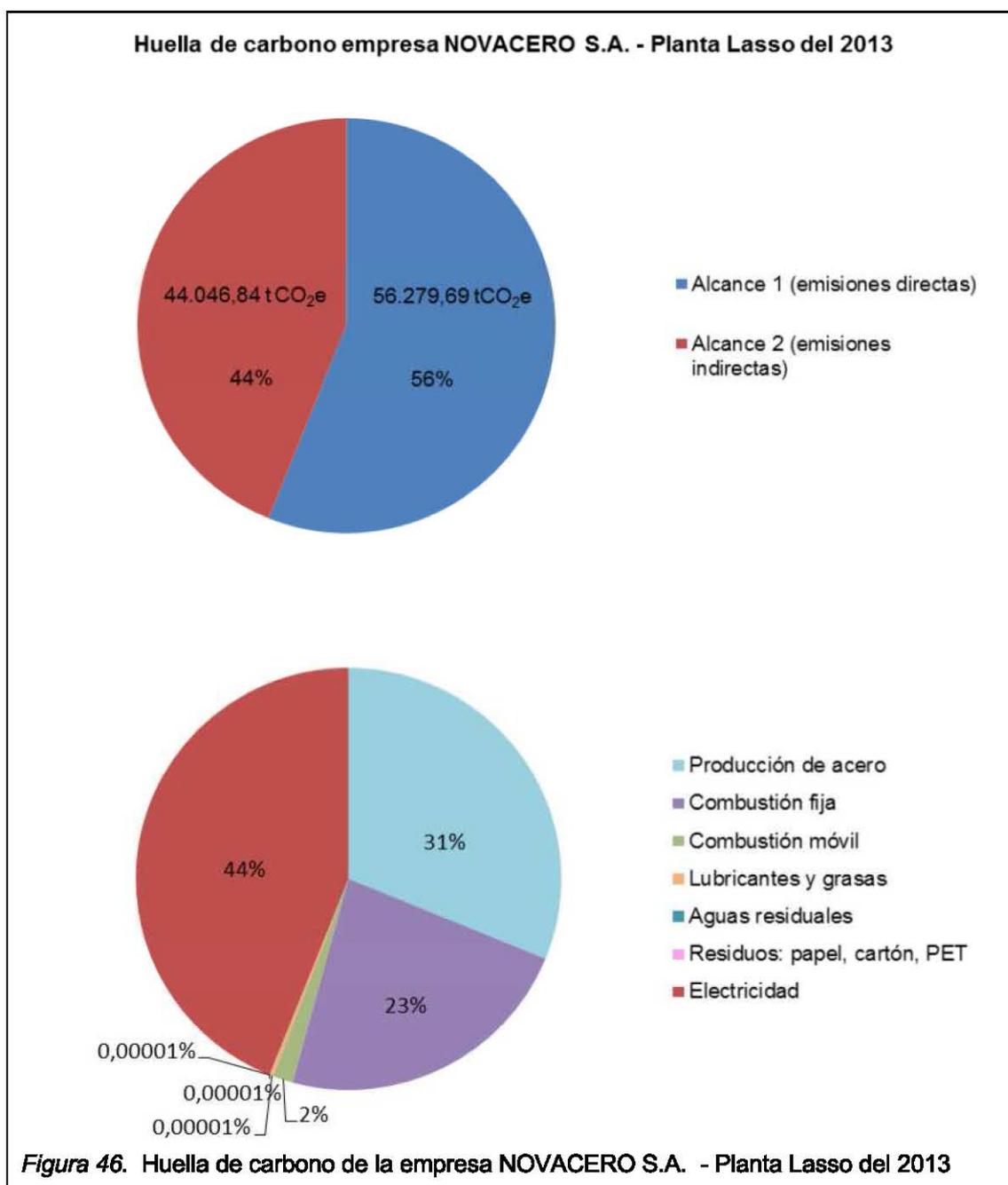
Al determinar los alcances se obtuvo la huella de carbono total de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013, la cual fue de 100.326,53 toneladas de CO₂e. Además, de acuerdo a la producción de acero crudo de la empresa se obtuvo la intensidad de CO₂, siendo igual a 1,12 toneladas de CO₂e por tonelada de acero crudo producido (tabla 31).

Tabla 31. Huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013

	2013
Emisiones directas: Alcance 1 (tCO₂e)	56.279,69
Emisiones indirectas: Alcance 2 (tCO₂e)	44.046,84
Emisiones totales (Huella de carbono): Alcance 1 y 2 (tCO₂e)	100.326,53
Intensidad de CO₂ (tCO₂e / t acero crudo)	1,12

En la figura 45 se presenta la huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso con los alcances analizados, en la cual se determina que el

56% corresponde a las emisiones directas (alcance 1) y el 44% pertenece a las emisiones indirectas (alcance 2).



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DEL ALCANCE 1

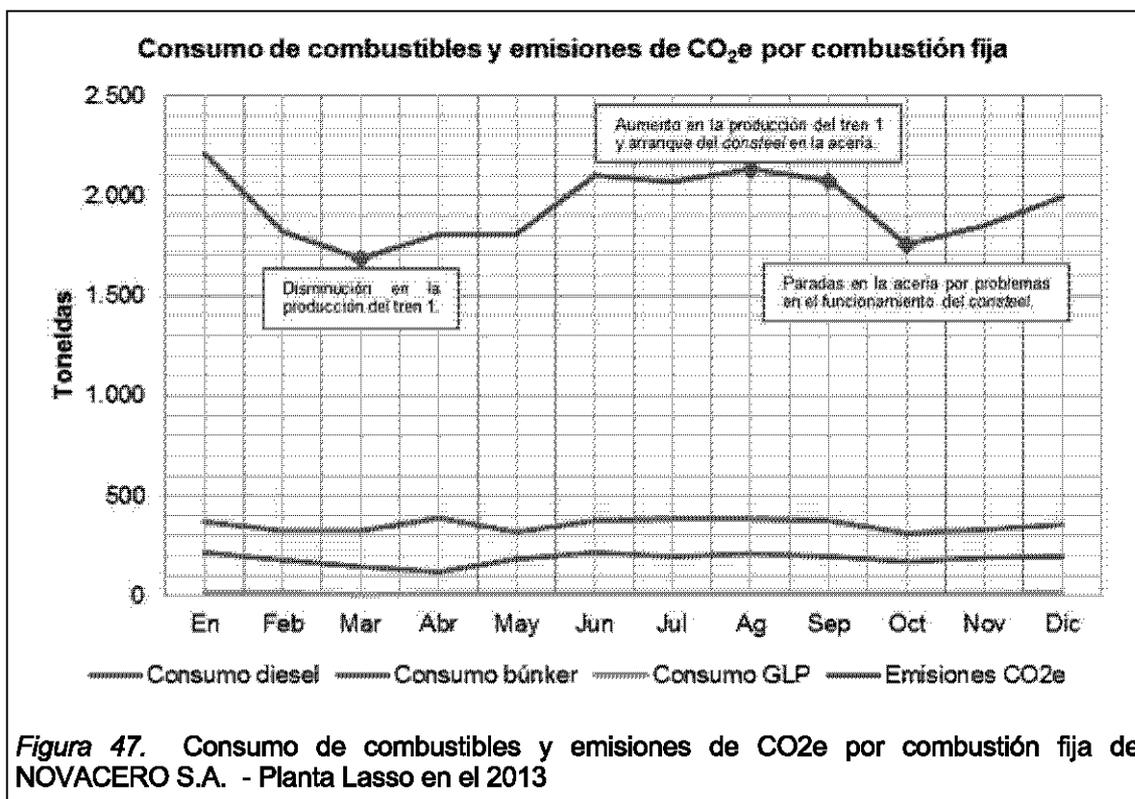
El alcance 1 representa el 56% de las emisiones en la huella de carbono. A continuación se presentan los análisis de las emisiones directas de CO₂ equivalente generadas por las fuentes identificadas en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

5.1.1 Análisis de emisiones por combustión fija

Las emisiones de CO₂e por combustión fija generaron el 41% de las emisiones totales del alcance 1 y el 31% de las emisiones totales de la huella de carbono.

Este tipo de emisiones están directamente relacionadas con el consumo de combustible de las fuentes de fijas de combustión, siendo el horno de calentamiento del tren 1 la principal fuente de emisión ya que emite 15.622,52 toneladas de CO₂e, es decir, es el responsable del 68% de las emisiones de CO₂e por combustión fija en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

En la figura 47 se puede apreciar que el búnker fue el combustible más consumido en el 2013, el mismo que es usado para el funcionamiento del horno de calentamiento del tren 1, horno de calentamiento del tren 2 y laminador de productos pequeños (LPP); el búnker representa el 64% de las emisiones de CO₂e por consumo de combustible en fuentes fijas. Tanto el consumo de búnker como de diesel y GLP dependen de la producción en la planta industrial, lo que genera emisiones de CO₂e.



Durante el 2013 en promedio se emitieron 1.933 toneladas de CO₂e por combustión fija, sin embargo, en los meses de febrero, marzo y octubre existió una disminución de al menos 150 toneladas de CO₂e.

Esto ocurrió debido a una reducción en la producción del tren 1 por una baja demanda de productos (varillas y ángulos) y por paradas en la acería para la instalación de nueva maquinaria, lo cual implicó que se apaguen los precalentadores, no se utilice el oxicorte y por ende, no exista consumo de diesel y GLP.

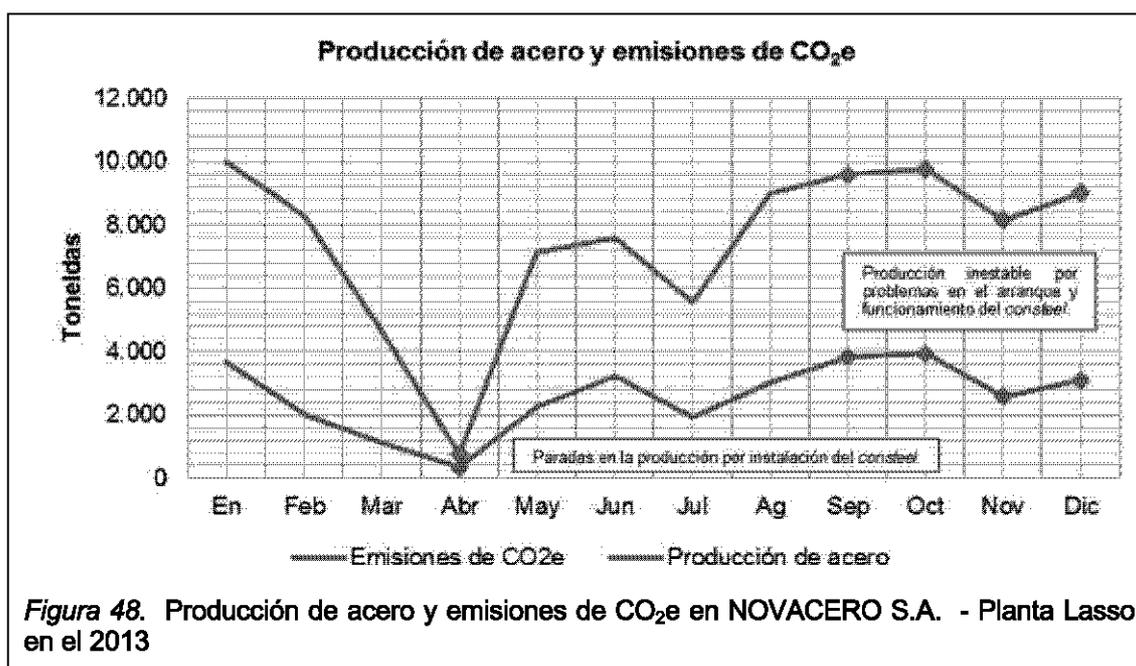
En el mes agosto las emisiones de CO₂e se incrementaron a 2.130 toneladas, es decir, aproximadamente 200 toneladas más del promedio. Lo cual se debió a un aumento en la producción del tren 1 y al arranque de la acería una vez instalado el *consteel*.

5.1.2 Análisis de emisiones por producción de acero

Este tipo de emisiones de CO₂e se generan exclusivamente en el área de la acería por el consumo de recursos como caliza, dolomita, electrodos de carbono, cargas de carbono y briquetas de hierro para la producción de acero.

A dichas emisiones le correspondió el 56% de las emisiones totales del alcance 1 y el 31% de las emisiones totales de la huella de carbono, lo que le hace la primera fuente de emisiones directas de la huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

Es necesario indicar que a lo largo del 2013 en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se implementó el proyecto del *consteel*, el cual consistía en una nueva máquina que ayudaría al precalentamiento de la chatarra a partir de la recirculación de los gases procedentes del horno de arco eléctrico. A causa de la instalación y puesta en marcha del *consteel* se paró la producción y disminuyó el consumo de recursos que intervienen en la fabricación de acero; por consiguiente, las fluctuaciones de las emisiones de CO₂e fueron bastante amplias por la falta de producción de acero con regularidad (figura 48).



El promedio mensual de emisiones de CO₂e por la producción de acero en el 2013 fue de 2.587 toneladas. En los meses de marzo y abril se generaron 1.121 y 340 toneladas de CO₂e, respectivamente, esta disminución considerable se presentó debido a una parada en la producción por la instalación del *consteel* ocasionando un menor consumo de recursos.

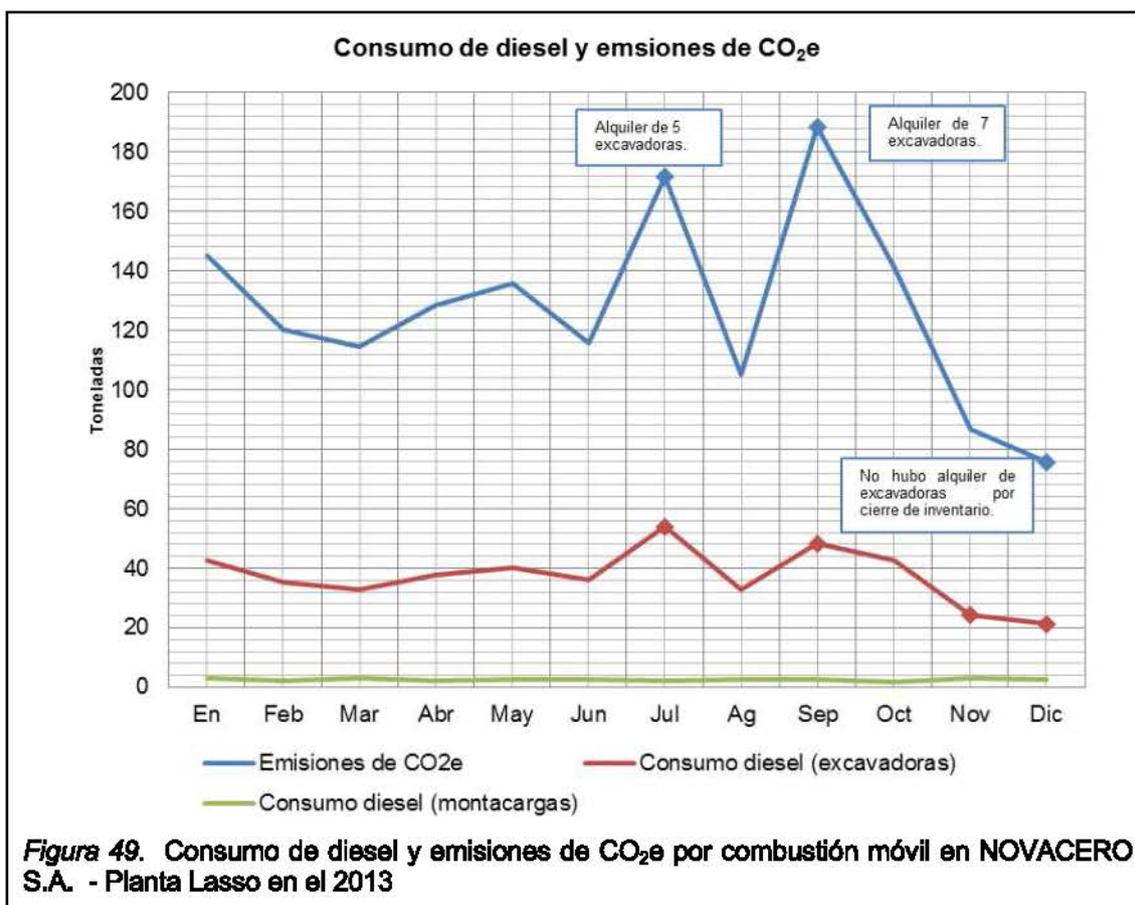
A partir de los siguientes meses se presentaron problemas en el funcionamiento del *consteel*, por lo que no existió un tonelaje de producción referencial, lo que causó que las emisiones de CO₂e fueran inestables y se encuentren en forma de picos. Sin embargo, en los meses de octubre a diciembre se corrigieron estas fallas y se empezó a regularizar la producción y el consumo de recursos, en consecuencia, las emisiones de CO₂e fueron disminuyendo gradualmente.

5.1.3 Análisis de emisiones por combustión móvil

El 3% de las emisiones totales del alcance 1 pertenecieron a las emisiones generadas por la combustión móvil, las mismas que representaron el 2% de las emisiones totales de la huella de carbono.

Como se observa en la figura 49, las variaciones de las emisiones de CO₂e que se presentaron por la combustión móvil fueron a causa de las excavadoras ya que en algunos meses debido al aumento de la producción en el patio de reciclaje y otras áreas fue necesario alquilar entre 3 a 7 excavadoras a más de las 6 que son de propiedad de la empresa.

Para eso, es importante aclarar que la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso proporciona el combustible para estos vehículos y es la encargada de controlar sus operaciones, por lo que se encuentran dentro de los límites organizacionales y operacionales para el cálculo de la huella de carbono.



En el 2013 por combustión móvil en promedio se generaron 127 toneladas de CO₂e, sin embargo en julio y septiembre se alquilaron de 5 a 7 excavadoras en cada mes, lo cual generó 172 y 188 toneladas de CO₂e, respectivamente. Mientras que en los meses de noviembre y diciembre por cierre de inventario no se alquilaron excavadoras, generando alrededor de 80 toneladas de CO₂e.

En cuanto a las emisiones de CO₂e que generaron los 4 montacargas y la minicargadora que son de propiedad de la empresa, permanecieron constantes a la largo del 2013 con una emisión promedio mensual de 8 toneladas.

5.1.4 Análisis de otras emisiones

Las emisiones catalogadas como *otras emisiones* también formaron parte del 0,0001% de las emisiones totales del alcance 1 y fueron aún más insignificantes para las emisiones totales de la huella de carbono.

Las emisiones por consumo de lubricantes y grasas fue la principal fuente de emisión de CO₂e de este tipo de emisiones, representando el 91%, el 9% correspondió a las emisiones por generación de residuos y lo restante a las emisiones por aguas residuales domésticas.

5.1.4.1 Análisis de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales

Las emisiones de CO₂e obtenidas por tratamiento y eliminación de aguas residuales dependieron del número de individuos, la demanda biológica de oxígeno per cápita, el tipo de tratamiento del agua residual y el factor de emisión del CH₄ y N₂O.

En el caso de las aguas residuales domésticas de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se obtuvo 0,020 toneladas de CO₂e generadas en el 2013, considerando que estas de aguas se dirigen a los pozos sépticos que son tanques de hormigón que permiten la sedimentación y eliminación de flotantes para luego concentrarse en una sola canalización, la cual descarga en la acequia que atraviesa los predios de la empresa.

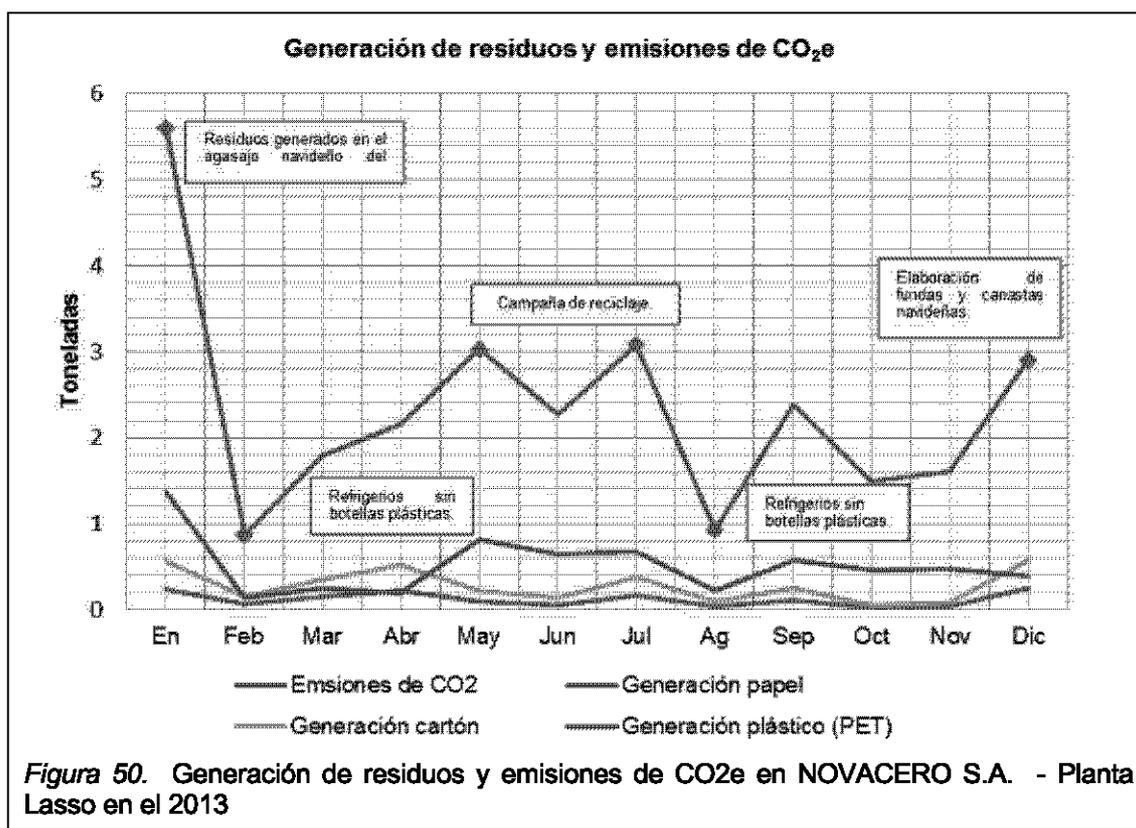
Las aguas residuales industriales al ser tratadas en medios aeróbicos el factor de emisión de CH₄ por defecto es 0 por lo tanto, no existe emisiones de CO₂e, sin embargo, la empresa trata el efluente mediante el sistema séptico. Adicionalmente, los lodos orgánicos que se producen por el tratamiento del agua de reposición no son aprovechados mediante un sistema de recuperación de metano debido a la cantidad generada mensualmente. Por consiguiente, estos lodos no son una fuente de emisión de CH₄ dentro de la empresa.

5.1.4.2 Emisiones por generación de residuos

Las emisiones de CO₂e por generación de residuos sólidos reciclables dependen de las actividades que se desarrollan en las instalaciones de la

empresa. Por ejemplo, en el caso de los residuos plásticos (PET), las emisiones se generaron principalmente por los refrigerios que son entregados todos los días a aproximadamente 650 trabajadores y éstos contienen jugos en botellas plásticas.

En la figura 50 se presenta los tonelajes de generación de los residuos y las emisiones de CO₂e que se producen en el 2013.



Durante el 2013, en promedio por residuos plásticos se generaron 1,47 toneladas de CO₂e, sin embargo, en enero se generaron casi 4 toneladas, lo cual se debió a la celebración del agasajo navideño del año anterior, en el que estuvieron cerca de 2000 personas pertenecientes a planta Lasso y planta Quito. Por lo que el pesaje y la gestión de estos residuos se realizaron a inicios del 2013. Asimismo, en los meses de mayo a julio se observó otra alza en las emisiones de CO₂e a causa de la realización de una campaña de reciclaje con el fin de incentivar la clasificación de los residuos dentro de la planta industrial,

lo que generó alrededor de 2 toneladas de CO₂e por mes. Mientras que en febrero, abril y agosto se apreció una disminución en las emisiones debido a que los refrigerios que se repartieron en esos meses contenían botellas de vidrio, generando 0,39; 0,56 y 0,65 toneladas de CO₂e en cada mes.

La generación de emisiones de CO₂e por cartón en promedio fue de 0,51 toneladas en el 2013. De igual manera que con el plástico, en enero existió una alza en las emisiones por el agasajo navideño del 2012. Además, en los meses de marzo, abril y julio se adquirieron insumos que vienen empaquetados, lo que también aumentó la cantidad de residuos de cartón y sus emisiones, produciendo aproximadamente 0,75 toneladas de CO₂e. Lo contrario sucedió en los meses de agosto, octubre y noviembre ya que no se realizaron compras significativas de insumos y se generó casi 0,14 toneladas de CO₂e. Sin embargo, existió otro aumento de las emisiones en el mes de diciembre por la adquisición de insumos para la elaboración de las canastas y fundas navideñas para los empleados de la planta, con lo que se produjo 1,03 toneladas de CO₂e.

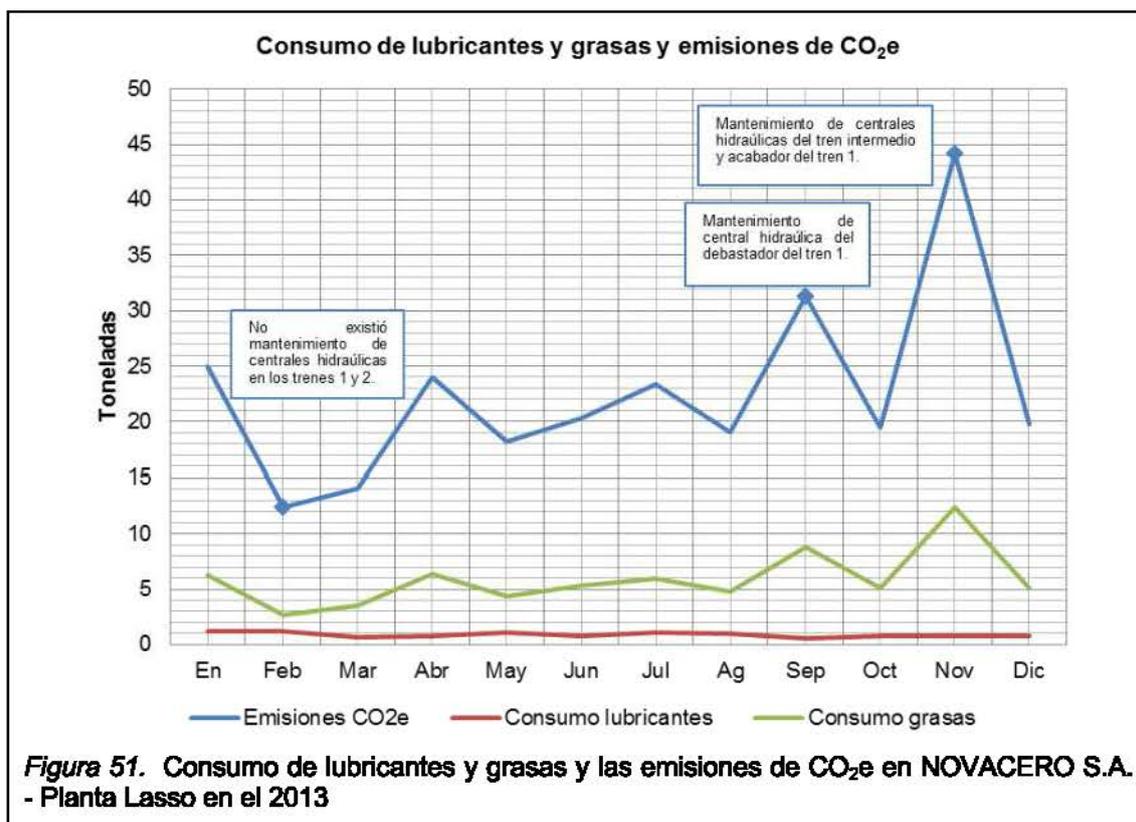
Referente a las emisiones producidas por el consumo de papel, en promedio se generó 0,36 toneladas de CO₂e en el 2013. Las principales alzas en las emisiones se produjeron en los meses de enero y diciembre debido a una mayor realización de trámites por inicio y finalización de año, se generó 0,72 toneladas de CO₂e en cada mes.

A partir del mes de agosto, en la empresa se intensificó la campaña de reutilización de hojas de papel en las oficinas por lo que se apreció una reducción en la cantidad de residuos de papel y por ende en las emisiones de CO₂e, con lo que se logró disminuir a 0,15 toneladas de CO₂e por mes aproximadamente.

5.1.4.3 Emisiones por consumo de lubricantes y grasas

Los lubricantes y grasas son usados mensualmente para dar mantenimiento a la maquinaria, en promedio por su consumo se generaron 23 toneladas de CO₂e en el 2013. Sin embargo, en el mes de septiembre se dio mantenimiento a una central hidráulica del desbastador del tren 1, lo que implicó un mayor consumo de lubricantes y grasas generando 31 toneladas de CO₂e.

De igual manera ocurrió en el mes de noviembre en donde se dio mantenimiento en las centrales hidráulicas del tren intermedio y acabador del tren 1 con lo que se emitieron 44 toneladas de CO₂e.



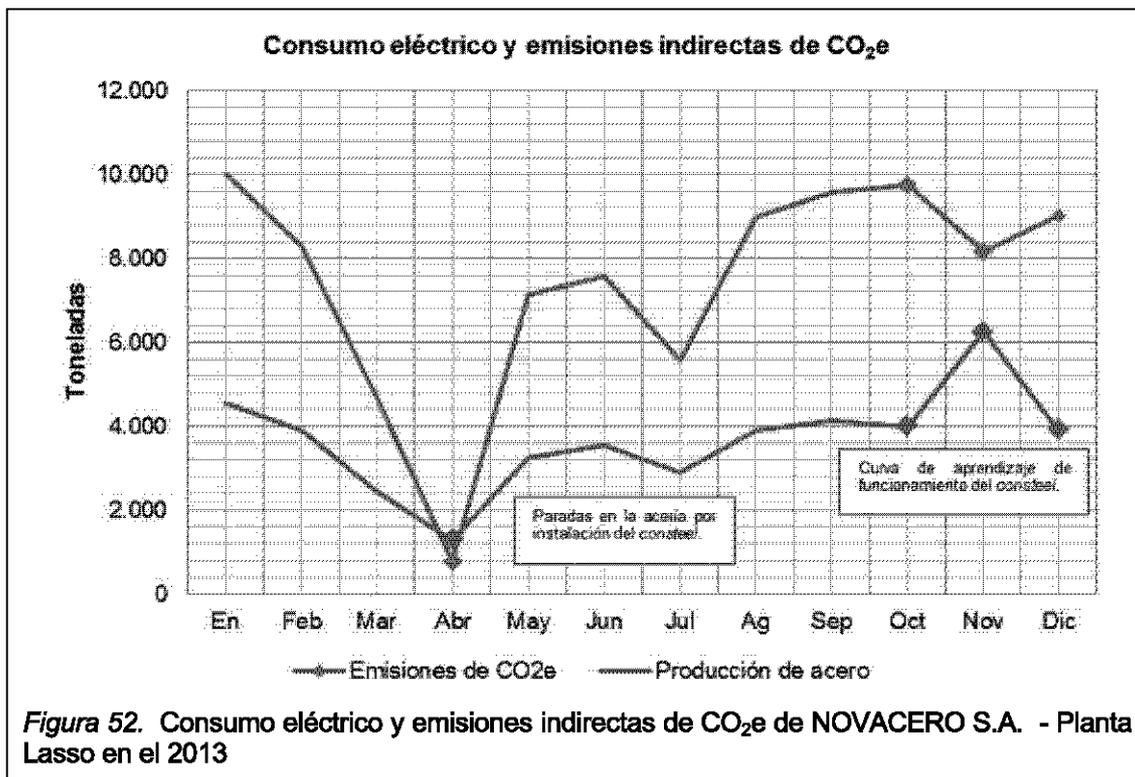
5.2 ANÁLISIS DEL ALCANCE 2

Las emisiones consideradas en el alcance 2 fueron las emisiones indirectas que se produjeron por el consumo de energía eléctrica. Al alcance 2 le correspondió el 44% de las emisiones de la huella de carbono.

El horno de arco eléctrico (EAF) es la principal fuente de emisiones indirectas de CO₂e, dado a que en el 2013 tuvo un consumo de 64.053.582,09 kWh, lo cual representó el 67% de las emisiones del alcance 2.

La producción inestable del 2013 en la acería causó también variaciones en las emisiones indirectas de CO₂e debido a que el mayor consumidor de energía eléctrica es el EAF. En la figura 52 se observa que en los meses de marzo y abril hubo una disminución del consumo eléctrico como consecuencia de una parada en la producción debido a la instalación del *consteel*,

Sin embargo, en el último trimestre del año se aprecia una inconsistencia entre el consumo de energía eléctrica y las toneladas de acero producidas, esto se debió a que durante estos meses se presentaron los problemas con el funcionamiento del *consteel*. Éste no precalentaba la chatarra a una temperatura óptima para que ingrese al horno de arco eléctrico (EAF), por lo que la fundición de la chatarra tardaba más tiempo en el horno, ocasionando un mayor consumo de energía eléctrica e irregularidades en la producción de acero. Por lo tanto, los meses de octubre a diciembre corresponden a una curva de aprendizaje y puesta a punto del sistema y proceso *consteel*.



5.3 ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA EMPRESA NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO

La huella de carbono calculada para la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013 fue de 100.326,53 toneladas de CO₂e con una producción de 89510,86 toneladas de acero; obteniendo una intensidad de CO₂ de 1,12, es decir, que se emitió 1,12 toneladas de CO₂ por cada tonelada de acero producida.

Lo ideal sería comparar este indicador con otras empresas acereras nacionales, sin embargo, no se ha encontrado información disponible de huella de carbono o intensidad de CO₂ en este tipo de industrias, es así que los datos que se poseen son de empresas internacionales.

En la tabla 32 se presentan las emisiones de CO₂ totales de la empresa TATA Steel con siderurgia integrada en sus plantas de Jamshedpur en India, IJmuiden en los Países Bajos, y Port Talbot y Scunthorpe en el Reino Unido.

Tabla 32. Emisiones de CO₂ totales de acerías de TATA Steel

	2009	2010	2011
Alcance 1 (millones tCO ₂)	38,4	37,3	35,8
Alcance 1, 2 y 3 (millones tCO ₂)	43,7	44,0	44,5
Intensidad de CO ₂ (tCO ₂ / t acero crudo)	2,11	2,14	2,15

Tomado de TATA Steel Group, 2011.

Al comparar estos valores con los de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se puede apreciar que los alcances de TATA Steel son más altos debido a que existe una mayor demanda de acero en estos países (India, Países Bajos y Reino Unido).

Además, TATA Steel posee una siderurgia integrada lo que conlleva un mayor consumo de combustibles y aumento en las emisiones directas (alcance 1). Mientras que NOVACERO S.A. – Planta Lasso utiliza tiene una siderurgia eléctrica a partir de un horno de arco eléctrico lo que disminuye su alcance 1 pero genera un incremento en el alcance 2 o emisiones indirectas. Por lo tanto, mediante las intensidades de CO₂ se puede establecer que la relación entre TATA Steel y NOVACERO S.A. – Planta Lasso es de 2:1.

Siendo importante también el contraste de las emisiones de NOVACERO S.A. – Planta Lasso con otra empresa de siderurgia eléctrica, en la tabla 33 se presentan los alcances de la empresa POSCO ubicada en Korea.

Tabla 33. Emisiones de CO₂ de POSCO con siderurgia eléctrica.

	2011	2012	2013
Alcance 1 (tCO ₂ / t acero)	2,0	1,94	1,94
Alcance 2 (tCO ₂ / t acero)	0,10	0,09	0,11
Intensidad total de CO ₂ (tCO ₂ / t acero)	2,10	2,03	2,05

Tomado de POSCO, 2013.

De igual manera, debido a que en nuestro país la demanda de acero es más baja que en Korea se puede apreciar que la intensidad de CO₂ de NOVACERO S.A. – Planta Lasso es menor que la de POSCO, obteniendo una relación de

2:1. Adicionalmente, World Steel Association (2008) ha manifestado que una industria acerera en promedio debería emitir 1,8 toneladas de CO₂ por cada tonelada de acero producido. La empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso al emitir 1,12 se encuentra por debajo de este parámetro sugerido a nivel mundial.

5.4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS Y MEDIDAS DE REDUCCIÓN

NOVACERO S.A. – Planta Lasso al ser una empresa dedicada a la fabricación de acero, sus principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero se encuentran en el área productiva. Por consiguiente, con los resultados obtenidos se determinó las fuentes más críticas según el umbral de significancia del 5% (tabla 34) y durante el 2014 se aplicaron medidas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y se recomendó otras medidas de reducción para el 2015.

Tabla 34. Puntos críticos de NOVACERO S.A. en el 2013

Fuente	Alcance	Emisiones de CO ₂ e (t)	% huella de carbono
Horno tren 1	Alcance 1	15.622,52	15,57
Horno tren 2	Alcance 1	5.092,47	5,02
Horno de arco eléctrico (EAF)	Alcance 2	29.445,43	29,35

5.4.1 Medidas de reducción en el 2014

Durante el cálculo de la huella de carbono de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso se desarrollaron dos proyectos para la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y el aumento de la producción en el 2014. El primero fue la instalación de un horno cuchara en el área de la acería y el segundo fue la eficiencia del horno de laminación del tren 1; los mismos que han contribuido a la reducción del consumo de energía eléctrica en aproximadamente un 30% y el consumo de combustible en un 5% en las respectivas áreas.

A. Horno cuchara

En mayo del 2014, en el área de la acería se instaló el horno cuchara, conocido también como estación de metalurgia secundaria. Éste es un proceso complementario al del horno de arco eléctrico (EAF) en donde se realiza la fusión de la chatarra metálica, cuya finalidad es realizar la metalurgia secundaria (afino) para alcanzar con precisión la composición química del acero que se está fabricando. Una de las ventajas que se observó con esta nueva maquinaria es la reducción del consumo de energía eléctrica y emisiones de CO₂e por tonelada de acero producido en el horno de arco eléctrico. A continuación en las tablas 35 y 36 se presentan los consumos de energía eléctrica y emisiones de CO₂e del horno de arco eléctrico (EAF) en el 2013 y en el 2014 con la implementación del horno cuchara desde el mes de mayo.

Tabla 35. Consumo eléctrico del horno de arco eléctrico en el 2013 y 2014

Mes	Consumo eléctrico EAF (kWh / t producida)	
	2013	2014
Enero	597,79	623,04
Febrero	635,69	610,17
Marzo	638,70	608,34
Abril	645,38	567,80
Mayo	605,88	515,22
Junio	594,00	496,42
Julio	613,31	485,93
Agosto	613,61	482,92
Septiembre	616,86	481,73
Octubre	602,57	453,50
Noviembre	657,75	450,90
Diciembre	626,51	442,50
Promedio antes del proyecto	616,09 kWh / t producida	
Promedio después del proyecto	485,95 kWh / t producida	
Reducción consumo	130 kWh / t producida	

Tabla 36. Intensidad de CO₂ en el horno de arco eléctrico en el 2013 y 2014

Mes	Intensidad de CO ₂ EAF (tCO ₂ / t producida)	
	2013	2014
Enero	0,34	0,29
Febrero	0,36	0,28
Marzo	0,35	0,28
Abril	0,34	0,26
Mayo	0,32	0,24
Junio	0,33	0,23
Julio	0,33	0,22
Agosto	0,32	0,22
Septiembre	0,32	0,22
Octubre	0,31	0,21
Noviembre	0,34	0,20
Diciembre	0,32	0,19
Promedio antes del proyecto	0,32 tCO ₂ / t producida	
Promedio después del proyecto	0,22 tCO ₂ / t producida	
Reducción consumo	0,094 tCO ₂ / t producida	

Se puede evidenciar una disminución de 0,094 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producida, lo que significa que con la instalación del horno cuchara se disminuyeron las emisiones en un 29,61% en el 2014.

Es necesario mencionar que a pesar de que no se observa un ahorro energético significativo mes a mes, la producción aumentó en promedio de 7.450,24 toneladas a 12.191,85 toneladas después de la implementación de este proyecto.

B. Horno del tren 1

El horno del tren 1 funciona con energía calórica, la que se obtiene de la combustión de diesel y búnker. El calor arrastrado y los gases de combustión aumentan la temperatura ambiente hasta la chimenea. Esta elevación de temperatura consume energía y disminuye la eficiencia del equipo.

Es por eso que en el mes de junio del 2014 en el horno de laminación se instaló 2 intercambiadores de calor, los cuales reducen la temperatura de los gases que evita enviar al ambiente gases calientes, y permite el retorno de este calor al horno. Con esto se minimiza la pérdida de energía y se disminuye el consumo de combustible. En las siguientes tablas se presenta el consumo de combustible y las emisiones de CO₂e en el horno del tren 1 durante el 2013 y 2014.

Tabla 37. Consumo de combustible horno del tren 1 en el 2013 y 2014

Mes	Consumo combustible horno T1 (gal / t producida)	
	2013	2014
Enero	11,78	13,49
Febrero	15,01	11,80
Marzo	10,95	12,60
Abril	11,10	11,75
Mayo	13,71	12,43
Junio	11,54	12,28
Julio	11,90	11,23
Agosto	11,90	11,19
Septiembre	11,85	10,79
Octubre	12,74	10,67
Noviembre	11,73	10,03
Diciembre	12,24	10,03
Promedio antes del proyecto	12,27 gal / t producida	
Promedio después del proyecto	11,23 gal / t producida	
Reducción consumo	1,03 gal / t producida	

Tabla 38. Intensidad de CO₂ en el horno del tren 1 en el 2013 y 2014

Mes	Intensidad de CO ₂ horno tren 1 (tCO ₂ e / t producida)	
	2013	2014
Enero	0,14	0,16
Febrero	0,18	0,14
Marzo	0,13	0,15
Abril	0,13	0,14
Mayo	0,16	0,15
Junio	0,14	0,15
Julio	0,14	0,15
Agosto	0,14	0,13
Septiembre	0,14	0,14
Octubre	0,15	0,13
Noviembre	0,14	0,12
Diciembre	0,15	0,12
Promedio antes del proyecto	0,145 tCO ₂ e / t producida	
Promedio después del proyecto	0,139 tCO ₂ e / t producida	
Reducción consumo	0,008 tCO ₂ e / t producida	

Se aprecia una reducción de 0,0008 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producida con la implementación de estos dos intercambiadores, lo que representa una reducción estimada del 5,46% de emisiones en el 2014.

De igual manera, aunque no se aprecia una disminución mensual importante, la producción aumentó en promedio de 8.989,04 toneladas a 9.800,54 toneladas después de la implementación del proyecto.

5.4.2 Medidas de reducción para el 2015

A. Área de producción

Debido a que el área de producción es la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en la planta industrial, se propone que en el 2015

con la instalación del nuevo sistema automatizado en el horno del tren 2, se realice una mezcla de combustible entre diesel y búnker tal como lo tiene el horno del tren 1 ya que también es automático.

Al realizar una mezcla similar a la que posee el horno del tren 1 de 70% búnker y de 30% diesel debido a la viscosidad de las sustancias y con la cual se evitaría fugas en las máquinas y equipos; se reduciría aproximadamente el 3% de emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 39. Emisiones de CO₂e del horno del tren 2 en el 2013 y 2015

Año	Tipo de combustible	Emisiones de CO₂e (t)
2013	Búnker	2492,47
2015	70%búnker 30% diesel	2428,00
Reducción consumo		64,47

B. Área administrativa

Aunque las emisiones de gases de efecto de las oficinas y otras áreas de la empresa están por debajo del 1% es importante establecer ciertas medidas de reducción, como las siguientes:

- Establecer programas de ahorro de energía eléctrica y utilizar fuentes de luz con menor consumo eléctrico, en todas las oficinas de la empresa.
- Establecer una política de compras de bienes de consumo con un aporte de carbono bajo o productos que hayan sido reciclados, así como también reutilizar materiales y equipos cuando sea posible.

5.5 ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO

Tabla 40. Análisis costo/ beneficio de la implementación de las medidas de reducción de la huella de carbono en la empresa NOVACERO S.A. - Planta Lasso en el 2013.

Consumo promedio	Antes de la huella de carbono	Después de la huella de carbono
Energía eléctrica en el horno de arco eléctrico	616,09 kWh / tonelada producida Costo: \$ 34,46 / tonelada producida	485,95 kWh / t producida Costo: \$27,18 / tonelada producida Ahorro: \$7,28 / tonelada producida Reducción GEI: 29,62%
<i>Proyecto horno cuchara</i>	Inversión: \$3.827.969,00	Recuperación de la inversión: 6 años
Diesel en el tren 1	12,27 gal / tonelada producida Costo: \$27,18 / tonelada producida	11,23 gal / tonelada producida Costo: \$10,11 / tonelada producida Ahorro: \$9,86 / tonelada producida Reducción GEI: 29,62%
<i>Proyecto Intercambiadores de calor</i>	Inversión: \$150.000,00	Recuperación de la inversión: 6 meses
Búnker en el tren 2	253,70 gal / tonelada producida Costo:\$184,44 / tonelada producida	148 gal / tonelada producida Costo: \$114,29 / tonelada producida Ahorro: \$70,15 / t producida Reducción GEI: 3%
<i>Proyecto mezcla de combustible del tren 2</i>	Inversión: \$342.859,16	Recuperación de la inversión: 1 año

Además, en la tabla 41 se presenta un balance de los costos correspondientes a la determinación de la huella de carbono y a la implementación de las medidas de reducción de GEI en el 2014 y 2015

Tabla 41. Costo de huella de carbono e implementación de medidas de reducción en la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso.

Material		Costo \$
Huella de carbono	Recopilación de datos	3.000,00
	Cálculo de emisiones	6.000,00
	Validación	5.000,00
	Subtotal	14.000,00
Proyecto Horno cuchara	Obra Civil	500.000,00
	Maquinaria (Compra Chile)	1.750.000,00
	Fabricación de elementos locales	250.000,00
	Sistema de automatización	350.000,00
	Insumos para el arranque	400.000,00
	Asesoría técnica	100.000,00
	Varios (financieros, administrativos e imprevistos)	477.969,00
	Subtotal	3'827.969,00
Proyecto intercambiadores de calor del tren 1	Intercambiadores de calor (2)	70.000,00
	Ventiladores (2)	20.000,00
	Montajes de ductos	20.000,00
	Obra civil	15.000,00
	Estructura metálica	10.000,00
	Accesorios	10.000,00
	Varios (Financieros, administrativos e imprevistos)	5.000,00
	Subtotal	150.000,00
Proyecto de combustible del tren 2	Diesel (consumo anual)	116.924,06
	Búnker (consumo anual)	225.935,10
	Subtotal	342.859,16
TOTAL		4'334.828,16

Los beneficios ambientales y productivos que se obtienen al determinar la huella de carbono y al implementar las medidas de reducción en NOVACERO S.A. – Planta Lasso se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 42. Beneficios ambientales y productivos de la huella de carbono en NOVACERO S.A. - Planta Lasso.

Beneficios	
Huella de carbono	<ul style="list-style-type: none"> - Línea base para la comparación de emisiones de gases de efecto invernadero y desarrollo de planes de reducción que pueden ser certificados como puntos verdes. - Determinación de puntos críticos que permiten establecer medidas para el incremento de la productividad y ahorro energético. - Cumplimiento con el plan de sostenibilidad empresarial propuesto en el 2014. - Certificación empresarial en huella de carbono que permitirá ingresar al mercado internacional donde las exigencias ambientales son más rigurosas.
Proyecto Horno cuchara	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro de energía eléctrica de 130 kWh por tonelada de acero producida y ahorro económico de \$7,28 por tonelada de acero producida - Reducción mensual del 5% del consumo de energía eléctrica. - Disminución anual del 29,61% de emisiones de gases de efecto invernadero. - Incremento promedio de la producción en un 63,64%.
Proyecto intercambiadores de calor del tren 1	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción mensual de 1,03 galones de diesel por tonelada de acero producida. - Disminución anual del 5,46% de emisiones de gases de efecto invernadero. - Incremento promedio de la producción en un 9,02%.
Proyecto de combustible del tren 2	<ul style="list-style-type: none"> - Al instalar el nuevo sistema de automatización en el tren 2 y con la mezcla de combustible se estima que la producción aumente más del 71% ya que existirá una mayor eficiencia en la operación del horno de calentamiento. - Reducción anual del 30% del consumo de búnker. - Disminución anual del 3% de emisiones de gases de efecto invernadero.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La huella de carbono corporativa de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso ha sido establecida como indicador ambiental fundamental para la toma de decisiones y desarrollo de proyectos que reduzcan la contaminación ambiental por las actividades que se realizan en la planta industrial. La información resultante servirá de línea base para el cálculo de la huella de carbono de años posteriores y permitirá conocer si existe una disminución sustancial de al menos el 5% de emisión de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo.
- Las fuentes de emisión identificadas se encuentran dentro de los límites organizacionales y operacionales de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso, dichos límites fueron previamente establecidos de acuerdo a las actividades y unidades de negocio que son de propiedad de la empresa o se ejerce control sobre ellas. A partir de diagramas de flujo y visitas en campo se identificó que las fuentes de emisión se encuentran principalmente en el área de producción, según el umbral de significancia del 5% las más representativas son: el horno de arco eléctrico que contribuye con el 29,35% de las emisiones totales de la huella de carbono, seguido del horno de calentamiento del tren 1 con el 15,57% y el horno de calentamiento del tren 2 con el 5,02%.
- La medición y cuantificación de las emisiones de CO₂ equivalente se realizó con la metodología del *GHG Protocol* y su respectiva herramienta de cálculo específica para el sector acerero, debido a que NOVACERO S.A. – Planta Lasso es una empresa dedicada a la producción de acero. Se estableció el año 2013 como periodo de tiempo para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero y se determinó la contabilidad de los alcances 1 y 2; además, los factores de emisión

utilizados fueron globales ya que no se han determinado factores nacionales ni específicos para este tipo de industria, excepto el factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado que es de 0,4597 tCO₂/MWh. Por lo tanto, la huella de carbono obtenida fue de 100.326,53 toneladas de CO₂e correspondiéndole el 56% (56.279,69 toneladas de CO₂e) al alcance 1 y el 44% (44.046,84 toneladas de CO₂e) al alcance 2, lo que demuestra que las emisiones indirectas (consumo eléctrico) son las que mayor relevancia presentaron en el 2013.

- Las medidas de reducción se han enfocado en los puntos críticos, es decir, en las fuentes cuyas emisiones sobrepasan el umbral de significancia del 5%. Por consiguiente, en el 2014 se implementaron dos proyectos en la acería y en el horno del tren 1 para la disminución de gases de efecto invernadero y el incremento de la producción de acero. El proyecto de la acería que consistió en la implementación de un horno cuchara redujo las emisiones en un 29,61% y la producción aumentó en promedio de 7.450,24 toneladas a 12.191,85 toneladas. Mientras que con el proyecto desarrollado en el horno del tren 1 se logró una reducción de 1,03 galones de diesel por tonelada de acero producida, lo cual representa una disminución de 5,46% de emisiones de GEI.

Para el 2015 se han propuesto otras medidas en el área de producción, como la mezcla de combustible en el nuevo sistema del horno del tren 2 que permitirá una disminución del 3% de emisiones, y en las oficinas a pesar de que no son una fuente significativa de emisión de gases de efecto invernadero también se ha propuesto el reuso y reciclaje de materiales y el desarrollo de programas de ahorro de energía eléctrica.

6.2 RECOMENDACIONES

- Sociabilizar los resultados obtenidos en esta investigación entre las autoridades y trabajadores para que exista una mayor conciencia

ambiental en toda la empresa y que de esta manera, las medidas de reducción de gases de efecto invernadero implementadas puedan llevarse a cabo con mayor eficiencia.

- Calcular anualmente la huella de carbono corporativa con las hojas de cálculo del *GHG Protocol* toda vez que cuando entre en vigencia la implementación del RETC (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes) propuesto por el Ministerio del Ambiente, NOVACERO S.A.- Planta Lasso ya posea un inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero y sea más factible la presentación de sus emisiones al ente regulador.
- Conformar un comité en la empresa para que se analice los resultados anuales de la huella de carbono y se desarrollen planes de reducción de GEI o proyectos de captura de carbono en base a la producción de acero y a las especies forestales circundantes, para la obtención de una certificación corporativa de carbono neutro o punto verde.

REFERENCIAS

- ADEME. (2010). *Guide méthodologique: objectifs et principes de comptabilisation*. Recuperado el 10 de abril de 2014, de <http://bilans-ges.ademe.fr/sites/default/files/u22/BilanCarboneV6guidemethodologique.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Recuperado el 9 de abril de 2014, de http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Cámara de Comercio de Guayaquil. (2013). La Fabril, Toni y Pronaca primeras empresas del Ecuador y de la Región Andina en obtener certificado de Huella de Carbono. *Comercio*, 28.
- Carballo, A., & García, M. (2011). *El método compuesto de las cuentas contables (MC3): una herramienta para la responsabilidad social corporativa*. Recuperado el 10 de abril de 2014, de <http://www.usc.es/congresos/xiirem/pdf/89.pdf>
- Carbon Trade Watch. (2014). *Los vínculos del CO2: ¿Qué es el Protocolo de Kyoto?* Recuperado el 9 de abril de 2014, de <http://www.carbontradewatch.org/carbon-connection-es/que-es-el-protocolo-de-kyoto.html>
- Carbon Trust. (2010). *International Carbon Flows: Steel*. Recuperado el 18 de Agosto de 2014, de <https://www.carbontrust.com>
- CEPAL. (2010). *Indicadores ambientales de América Latina y el Caribe*. Recuperado el 1 de abril de 2014, de <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/41253/LCG2459e.pdf>
- CEPAL. (2009). *División de estadísticas: Indicadores ambientales de América Latina y el Caribe*. Recuperado el 1 de abril de 2014, de http://interwp.cepal.org/Cuaderno_38/esp/index.htm
- CEPAL. (2004). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. Recuperado el 5 de diciembre de 2013, de http://www.eclac.org/dmaah/noticias/noticias/9/40559/Metodolog%C3%ADas_de_c%C3%A1culo_HC_y_implicaciones_AL.pdf
- CMNUCC. (2014). *La Convención del Cambio Climático: Protocolo de Kyoto*. Recuperado el 9 de abril de 2014, de https://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php

- CMNUCC. (2014). *Protocolo de Kyoto: Mecanismos de Kyoto*. Recuperado el 9 de abril de 2014, de https://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/organizacion/mecanismos/items/6219.php
- Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible del Ecuador. (2013). *La Fabril, Toni y Pronaca primeras empresas del Ecuador y de la Región Andina en obtener Certificado de Huella de Carbono*. Recuperado el 15 de abril de 2014, de <http://blog.cemdes.org/noticias/item/682-la-fabril-toni-y-pronaca-primeras-empresas-del-ecuador-y-de-la-regi%C3%B3n-andina-en-obtener-certificado-de-huella-de-carbono.html>
- De Tapia, R., Martín, Á., Fernández, R., Román, F., Salvado, M. & Espinosa, F. (2012). *Manual sobre el Protocolo de Kyoto*. España: Fundación Tormes - EB.
- Doménech, J. (2010). *Estándares de la Huella de Carbono: Metodología MC3*. Recuperado el 10 de abril de 2014, de <http://www.conama10.es/web/generico.php?idpaginas=&lang=es&menu=90&id=54&op=view>
- Dómenech, J. (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. España: AENOR.
- Doorn, M., Towprayoon, S., Manso, S., Irving, W., Palmer, C., Pipatti, R. & otros. (2006). *Tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Recuperado el 29 de octubre de 2014, de <http://www.ipcc-nggip.iges.or>
- EPA. (2014). *Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors: Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. Recuperado el 3 de abril de 2014, de <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>
- EPA. (2014). *Indicadores del cambio climático*. Recuperado el 11 de abril de 2014, de <http://www.epa.gov/espanol/cambioclimatico/ciencia/indicadores.html>
- Facultad de Economía de la Universidad Católica del Ecuador. (2002). *La huella ecológica*. Quito: Abya-Yala.
- Ferrasa Corporation. (2013). *¿Cómo se produce el acero?* Recuperado el 19 de agosto de 2014, de <http://ferrasa.com.s49013.gridserver.com/corporativo/el-mundo-del-acero/como-se-produce-el-acero>
- GHG Protocol. (2008). *CO2 emissions from the production of iron and steel*. Recuperado el 19 de mayo de 2014, de <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/iron-and-steel-sector>
- Gil, J. (2009). *Protocolo de Kyoto: Responsabilidades y consecuencias*. Recuperado el 9 de abril de 2014, de http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/protocolo_Kioto_responsabilidades.pdf

- INECC. (2005). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: Estimación de emisiones mediante factores de emisión*. Recuperado el 3 de abril de 2014, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/457/estimacion3.pdf>
- Instituto Nacional de Preinversión. (2013). *Estudio básico de la industria siderúrgica en el Ecuador*. Recuperado el 21 de agosto de 2014, de <http://www.preinversion.gob.ec>
- IPCC. (2007). Recuperado el 3 de diciembre de 2013, de Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Recuperado el 11 de agosto de 2014, de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Jurídica del Ecuador. (2011). *Declaraciones, convenciones y protocolos: sobre el clima y capa de ozono*. Quito: Jurídica del Ecuador.
- Larios, J. (2008). *Calentamiento global al borde del límite*. Córdoba: Sociedad de Estudios Transnacionales - INET.
- López, A. (2011). *Emisiones de CO2 en el sector industrial presente y futuro en España*. Recuperado el 19 de agosto de 2014, de <http://www.uc3m.es>
- López, J. (2008). *Medio ambiente comunitario y Protocolo de Kioto: la armonización de la imposición energética o un mercado sobre emisiones de gases de efecto invernadero*. Madrid: La Ley.
- Madías, J. (2011). El impacto de las recientes innovaciones en los hornos eléctricos de arco. *Actualización tecnológica*, 30-42.
- MAE. (2011). *Elaboración de la Propuesta Nacional de la implementación del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes RECT, en el Ecuador*. Quito.
- MAE. (2011). *Proyectos: PROYECTO RETC*. Recuperado el 12 de mayo de 2014, de <http://web.ambiente.gob.ec/?q=node/3848>
- NOVACERO S.A. (2013). *Primer reporte de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial*. Recuperado el 11 de septiembre de 2014, de <http://www.novacero.com>
- NOVACERO S.A. (2012). *Nuestra Historia: NOVACERO S.A.* Recuperado el 29 de octubre de 2013, de <http://www.novacero.com/client/welcome.php>

- NOVACERO S.A. (2010). *Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental: Reciclaje de agua industrial*. Recuperado el 29 de octubre de 2013, de <http://www.novacero.com/client/welcome.php>
- NOVACERO S.A. Planta - Lasso. (2010). *Auditoría Ambiental Interna*. Lasso.
- OMM. (2011). *Organización Mundial Meteorológica: Sistema Climático*. Recuperado el 31 de marzo de 2014, de http://www.wmo.int/pages/index_es.html
- OSDE. (2012). *Manual de cálculo y reducción de la huella de carbono para actividades de transporte por carretera*. Recuperado el 8 de abril de 2014 de http://www.inti.gob.ar/ambiente/pdf/manual_transporte_carretera.pdf
- Pichs, R. (2011). *Cambio climático: Enfoques desde el Sur*. Panamá: Ruth Casa Editorial.
- Portilla, M. (2012). *Elaboración de un procedimiento para fundir acero medio carbono en el horno de inducción para el laboratorio de inducción*. Quito.
- República del Ecuador. (2009). *Decreto 1815*. Quito.
- Schneider, S. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes de servicio*. Santiago de Chile.
- SEMARNAT. (2004). *Cambio climático: Una visión desde México*. México.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 - 2017*. Quito.
- SINIA. (s.f.). *Mercado de Carbono*. Recuperado el 9 de abril de 2014, de <http://www.sinia.cl/1292/w3-article-48293.html>
- SUSWATCH. (Febrero de 2014). *Balance de resultados COP 19 – MOP 9*. Recuperado el 28 de marzo de 2014, de <http://www.suswatchla.org/>
- TATA Steel Group. (2011). *Corporate Citizenship Report 2010/11*. Recuperado el 12 de agosto de 2014, de <http://www.tatasteeleurope.com>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2012). *Available and emerging technologies for reducing greenhouse gas emissions from the iron and steel industry*. U.S. Environmental Protection Agency.
- UNESCO. (2012). *Education for Sustainable Development Sourcebook*. París.
- Van Ypersele, J. (2008). *El clima visto desde el sur El calentamiento global según los países emergentes*. Argentina: Capita Intelectual.

Verisae. (2009). *What is the Definition of Materiality for Greenhouse Gas Emissions Emissions?* Recuperado el 31 de octubre de 2014, de <http://www.verisae.com/blog/bid/183330/Materiality-Defined>

WBCSD, WRI y SEMARNAT. (2006). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. México.

World Steel Association. (2008). *Informe de sustentabilidad de la Industria Siderúrgica Mundial 2008*. Bruselas.

World Steel Association. (2008). *Informe de sustentabilidad de la Industria Siderúrgica Mundial 2008*. Bruselas.

ANEXOS

ANEXO 1: Glosario de términos

EAF: Horno de arco eléctrico

GEI: Gases de efecto invernadero

GHG Protocol: Protocolo de gases de efecto invernadero

HIPERK: Software de suministros de la empresa NOVACERO S.A.

LPP: Laminación de productos pequeños

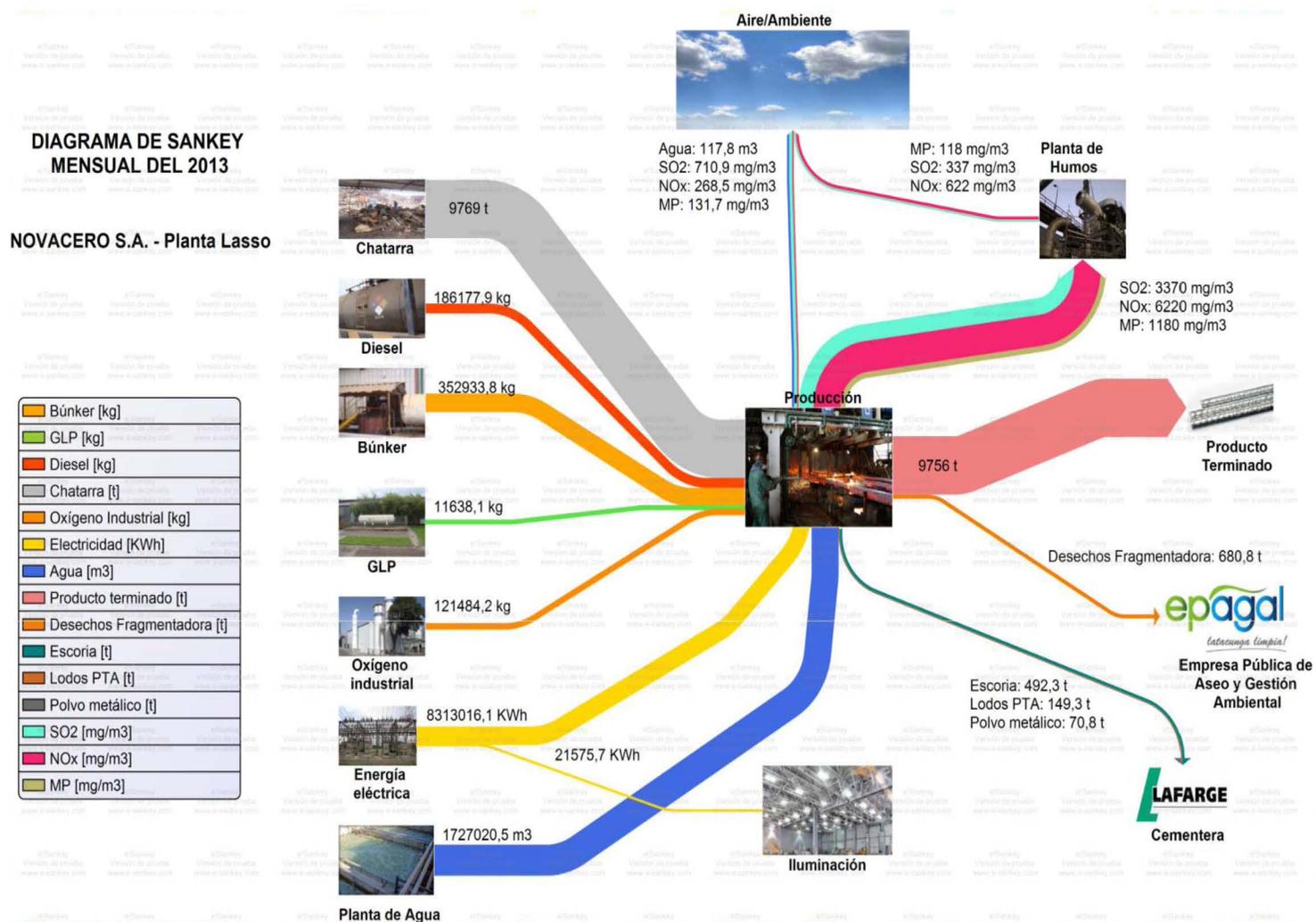
Scope: Alcance de emisiones de gases de efecto invernadero

Sinter: Carga principal del horno alto.

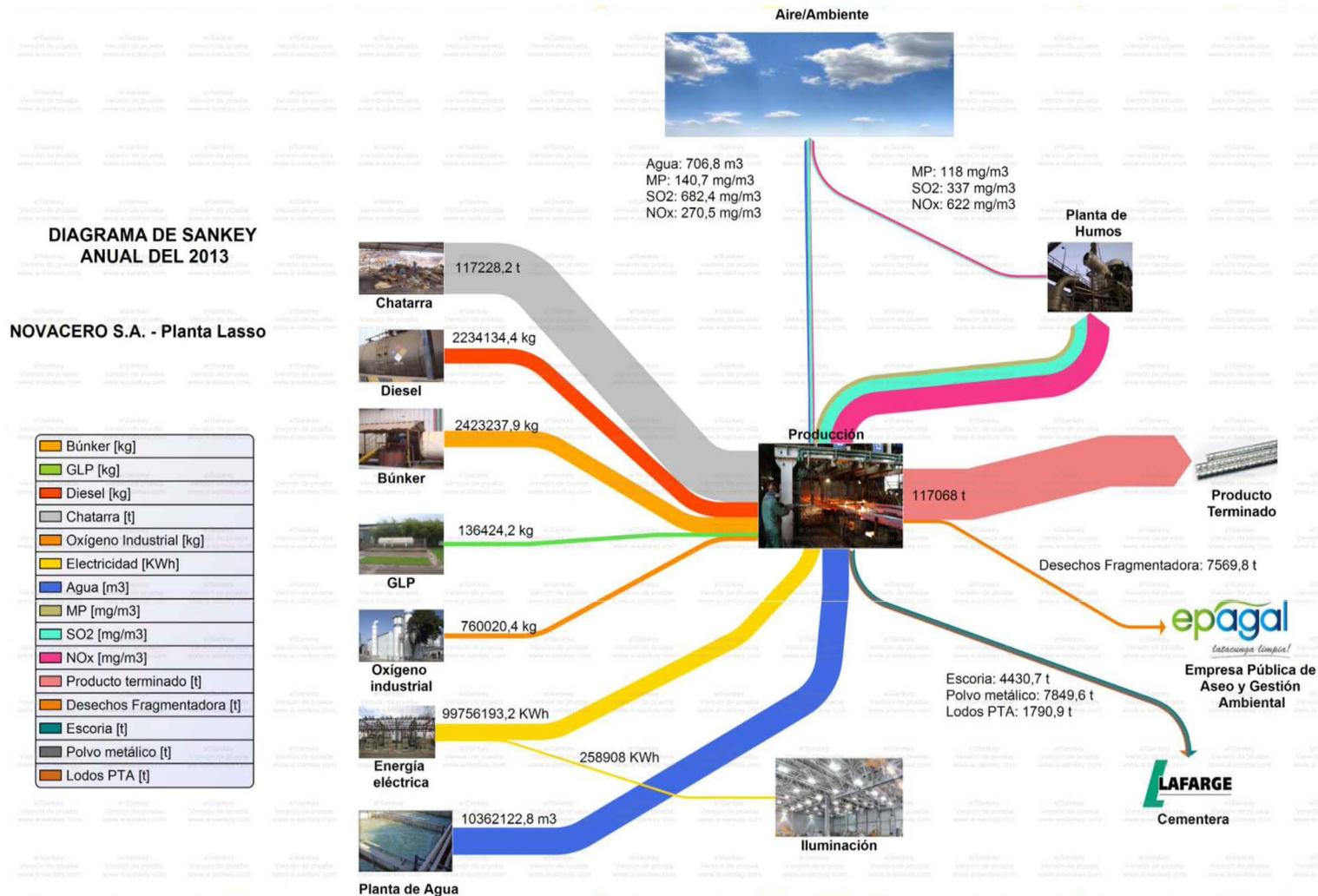
tCO₂e: Tonelada de dióxido de carbono equivalente

Tiers: Niveles para la aplicación de ecuaciones para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

ANEXO 2: Diagrama de Sankey de flujos mensuales de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013



ANEXO 3: Diagrama de Sankey de flujo anual de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013



ANEXO 4: Tabla de valores caloríficos de los combustibles para el cálculo de las emisiones de GEI de fuentes fijas de combustión de CO2.

Fuel		Carbon content			Heating values		Carbon oxidation factor (%)
		% basis (% w/w)	Energy basis (=carbon content / heating value)		Higher Heating Values (HHV) / Gross Calorific Values (GCV) units (thousand Btu / lb)	Lower Heating Values (LHV) / Net Calorific Values (NCV) units MJ/kg / TJ/Gg	
			Lower Heating Value (LHV) / Net Calorific Value (NCV) basis (kg/GJ)	Higher Heating Value (HHV) / Gross Calorific Value (GCV) basis (kg/GJ)			
Crude oil and derived substances	Crude oil	0,85	20	19,00	21,31	42,3	100
	Orimulsion	0,58	21	19,95	13,85	27,5	100
	Natural Gas Liquids	0,77	17,5	16,63	22,26	44,2	100
	Motor Gasoline	0,84	18,9	17,96	22,31	44,3	100
	Aviation Gasoline	0,85	19,1	18,15	22,31	44,3	100
	Jet Gasoline	0,85	19,1	18,15	22,31	44,3	100
	Jet Kerosene	0,86	19,5	18,53	22,21	44,1	100
	Other Kerosene	0,86	19,6	18,62	22,06	43,8	100
	Shale oil	0,76	20	19,00	19,19	38,1	100
	Gas/.Diesel oil	0,87	20,2	19,19	21,66	43	100
	Residual Fuel oil	0,85	21,1	20,05	20,35	40,4	100
	Liquified Petroleum Gases	0,81	17,2	15,48	25,15	47,3	100
	Ethane	0,78	16,8	15,12	24,67	46,4	100
	Naphtha	0,89	20	19,00	22,41	44,5	100
	Bitumen	0,88	22	20,90	20,25	40,2	100
	Lubricants	0,80	20	19,00	20,25	40,2	100
	Petroleum coke	0,86	26,6	25,27	16,37	32,5	100
	Refinery feedstocks	0,86	20	19,00	21,66	43	100
	Refinery Gas	0,78	15,7	14,13	24,93	49,5	100
	Paraffin waxes	0,80	20	19,00	20,25	40,2	100
White Spirit & SBP	0,80	20	19,00	20,25	40,2	100	
Other petroleum products	0,80	20	19,00	20,25	40,2	100	

Nota: Los valores del IPCC eran originalmente en NCV (valor calorífico neto) y se han convertido en una base GCV (valor calorífico bruto o valor calorífico más alto). El valor calorífico se prefiere en los valores (de calentamiento superior), ya que están más estrechamente relacionados con el contenido de carbono de los combustibles que calorífico neto.

Tomado de *GHG Protocol*, 2006.

ANEXO 5: Tabla de valores caloríficos de los combustibles para el cálculo de las emisiones de GEI de fuentes fijas de combustión de N2O y CH4.

Fuel		Lower Heating Value(LHV)/Net Calorific Value (NCV) Basis				Higher Heating Value(HHV)/Gross Calorific Value (GCV) Basis			
		kg GHG / TJ fuel		kg GHG / ton fuel		kg GHG / TJ fuel		kg GHG / ton fuel	
		CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
Crude oil and derived substances	Crude oil	3,000	0,600	0,134	0,027	2,850	0,570	0,127	0,025
	Orimulsion	3,000	0,600	0,087	0,017	2,850	0,570	0,083	0,017
	Natural Gas Liquids	3,000	0,600	0,140	0,028	2,850	0,570	0,133	0,027
	Motor Gasoline	3,000	0,600	0,140	0,028	2,850	0,570	0,133	0,027
	Aviation Gasoline	3,000	0,600	0,140	0,028	2,850	0,570	0,133	0,027
	Jet Gasoline	3,000	0,600	0,140	0,028	2,850	0,570	0,133	0,027
	Jet Kerosene	3,000	0,600	0,139	0,028	2,850	0,570	0,132	0,026
	Other Kerosene	3,000	0,600	0,138	0,028	2,850	0,570	0,131	0,026
	Shale oil	3,000	0,600	0,120	0,024	2,850	0,570	0,114	0,023
	Gas/Diesel oil	3,000	0,600	0,136	0,027	2,850	0,570	0,129	0,026
	Residual Fuel oil	3,000	0,600	0,128	0,026	2,850	0,570	0,121	0,024
	Liquified Petroleum Gases	1,000	0,100	0,053	0,005	0,900	0,090	0,047	0,005
	Ethane	1,000	0,100	0,052	0,005	0,900	0,090	0,046	0,005
	Naphtha	3,000	0,600	0,141	0,028	2,850	0,570	0,134	0,027
	Bitumen	3,000	0,600	0,127	0,025	2,850	0,570	0,121	0,024
	Lubricants	3,000	0,600	0,127	0,025	2,850	0,570	0,121	0,024
	Petroleum coke	3,000	0,600	0,103	0,021	2,850	0,570	0,098	0,020
	Refinery feedstocks	3,000	0,600	0,136	0,027	2,850	0,570	0,129	0,026
	Refinery Gas	1,000	0,100	0,055	0,006	0,900	0,090	0,050	0,005
	Paraffin waxes	3,000	0,600	0,127	0,025	2,850	0,570	0,121	0,024
White Spirit & SBP	3,000	0,600	0,127	0,025	2,850	0,570	0,121	0,024	
Other petroleum products	3,000	0,600	0,127	0,025	2,850	0,570	0,121	0,024	

Nota: Los valores del IPCC eran originalmente en NCV (valor calorífico neto) y se han convertido en una base GCV (valor calorífico bruto o valor calorífico más alto). El valor calorífico se prefiere en los valores (de calentamiento superior), ya que están más estrechamente relacionados con el contenido de carbono de los combustibles que calorífico neto.

Tomado de *GHG Protocol*, 2006.

ANEXO 6: Tabla de factores de contenido de carbono de acuerdo a los materiales usados en la acería para el cálculo de las emisiones de GEI en la producción de acero.

Process material	Carbon content (kg C/ kg material)
Blast Furnace Gas	0,17
Charcoal	0,91
Coal	0,671
Coal tar	0,62
Coke	0,83
Coke Oven gas	0,47
Coking Coal	0,73
Direct reduced Iron (DRI)	0,02
Dolomite	0,13
EAF Carbon Electrodes	0,822
EAF Charge Carbon	0,833
Fuel Oil	0,864
Gas Coke	0,83
Hot Briquetted iron	0,02
Limestone	0,12
Natural Gas	0,73
Oxygen Steel Furnace Gas	0,35
Petroleum Coke	0,87
Purchased pig Iron	0,04
Scrap Iron	0,04
Steel	0,01

Tomado de *GHG Protocol*, 2006.

ANEXO 7: Hoja de cálculo del GHG Protocol para el cálculo de las emisiones de GEI de fuentes fijas de combustión de CO2 de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

User must ensure that units and basis of heating values are consistent and properly cancel across Steps!

			Step 1		Step 2			Step 3		Step 4	Step 5	Step 6			
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
			Quantity of fuel combusted	Units for A	Heat / Calorific Value of fuel	Units for C	Basis of Heating Values (GCV or NCV)	Energy content of fuel combusted F = A * C	Units for F	Carbon content factor	Units for H	Oxidation factor	Unit conversion factor to kg	CO ₂ emissions in kg L = F * R * J * K * 44/12	CO ₂ emissions in metric tons M = L / 1000
Source	Fuel type														
0	Example: Source 1	Natural gas	1,000,00	kg	0,051	GJ/kg	GCV	51,00	GJ	14	kg C/GJ	100%	1,00	2,618	2,62
1	Compactadora	Diesel	141.156,58	kg	0,05	GJ/kg	GCV	7.106,27	GJ	19,2	kg C/GJ	100%	1,00	500,021	500,02
2	Prescaladores	Diesel	887.137,74	kg	0,05	GJ/kg	GCV	44.661,36	GJ	19,2	kg C/GJ	100%	1,00	3.142,522	3.142,52
3	Horno de calentamiento T1	Diesel	1.205.833,17	kg	0,05	GJ/kg	GCV	60.705,51	GJ	19,2	kg C/GJ	100%	1,00	4.271,442	4.271,44
4	Horno de calentamiento T1	Búnker	3.264.356,70	kg	0,05	GJ/kg	GCV	154.401,45	GJ	20,1	kg C/GJ	100%	1,00	11.351,080	11.351,08
5	Horno de calentamiento T2	Búnker	716.798,50	kg	0,05	GJ/kg	GCV	33.903,52	GJ	20,1	kg C/GJ	100%	1,00	2.432,474	2.432,47
6	Laminador de Productos Pequeños	Búnker	259.428,60	kg	0,05	GJ/kg	GCV	12.270,76	GJ	20,1	kg C/GJ	100%	1,00	902,105	902,11
7	Atorchador de corte	GLP	38.386,26	kg	0,06	GJ/kg	GCV	2.243,83	GJ	15,5	kg C/GJ	100%	1,00	127,360	127,36
8	Oxicorte ALBA	GLP	100.660,24	kg	0,06	GJ/kg	GCV	5.895,63	GJ	15,5	kg C/GJ	100%	1,00	334,633	334,64
9								0,00						0	0,00
10								0,00						0	0,00
11								0,00						0	0,00
12								0,00						0	0,00
13								0,00						0	0,00
14								0,00						0	0,00
15								0,00						0	0,00
16								0,00						0	0,00
17								0,00						0	0,00
18								0,00						0	0,00
19								0,00						0	0,00
20								0,00						0	0,00

To insert more records, copy row above this line and insert "Copied cells" here.

Note: The direct emissions associated with stationary combustion should be reported in scope 1 as direct emissions from stationary sources.

TOTAL 23.121,644 23.121,64

ANEXO 8: Hoja de cálculo del GHG Protocol para el cálculo de las emisiones de GEI de fuentes fijas de combustión de N2O y CH4 de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

User must ensure that units and basis of heating values are consistent and properly cancel across Steps!

		Step 1		Step 2				Step 3		Step 4		Step 5	Step 6			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
		Quantity of fuel combusted	Units for A	Heat / Calorific Value of fuel	Units for C	Basis of Heating Values (GCV or HCV)	EMRgg content of fuel combusted F = A * C	Units for F	CH ₄ Emission factor	Units for H	N ₂ O Emission factor	Units for J	Unit conversion factor to kg	CH ₄ emissions in kg	N ₂ O emissions in kg	
Source (Combustion unit / facility)		Fuel type												M = F * H * L	N = F * J * L	
Example Source 1		Natural Gas														
1	Compactadora	Diesel	141.156,58	kg	0,05	GJ/kg	GCV	5100	GJ	0,0010	kg CH ₄ /GJ	0,0020	kg N ₂ O/GJ	1,00	0,05	0,10
2	Precaentadores	Diesel	887.137,74	kg	0,05	GJ/kg	GCV	44.661,36	GJ	0,0029	kg CH ₄ /GJ	0,0086	kg N ₂ O/GJ	1,00	127,28	25,46
3	Horno de calentamiento T1	Diesel	1.285.833,17	kg	0,05	GJ/kg	GCV	60.795,51	GJ	0,0029	kg CH ₄ /GJ	0,0086	kg N ₂ O/GJ	1,00	173,01	34,60
4	Horno de calentamiento T1	Búnker	3.264.396,78	kg	0,05	GJ/kg	GCV	154.401,45	GJ	0,0029	kg CH ₄ /GJ	0,0086	kg N ₂ O/GJ	1,00	440,04	88,01
5	Horno de calentamiento T2	Búnker	715.788,50	kg	0,05	GJ/kg	GCV	33.903,52	GJ	0,0029	kg CH ₄ /GJ	0,0086	kg N ₂ O/GJ	1,00	96,63	19,33
6	Laminador de Productos Pequeños	Búnker	259.426,60	kg	0,05	GJ/kg	GCV	12.270,76	GJ	0,0029	kg CH ₄ /GJ	0,0086	kg N ₂ O/GJ	1,00	34,37	6,83
7	Antorcha de corte	GLP	36.366,26	kg	0,06	GJ/kg	GCV	2.243,83	GJ	0,0009	kg CH ₄ /GJ	0,0001	kg N ₂ O/GJ	1,00	2,02	0,20
8	Oscorite ALBA	GLP	100.860,24	kg	0,06	GJ/kg	GCV	5.895,63	GJ	0,0009	kg CH ₄ /GJ	0,0001	kg N ₂ O/GJ	1,00	5,31	0,53
9								0,00						0,00	0,00	
10								0,00						0,00	0,00	
11								0,00						0,00	0,00	
12								0,00						0,00	0,00	
13								0,00						0,00	0,00	
14								0,00						0,00	0,00	
15								0,00						0,00	0,00	
16								0,00						0,00	0,00	
17								0,00						0,00	0,00	
18								0,00						0,00	0,00	
19								0,00						0,00	0,00	
20								0,00						0,00	0,00	

Note: Insert rows for additional records. Number of rows in this table should match number of rows in "CO2 Worksheet Year (I)" sheet.

TOTAL **899,51** **179,17**

GWP Values **21** **310**

Total GWP-weighted Emissions (kg CO₂-equivalents) **18.889,81** **55.542,93**

ANEXO 10: Hoja de cálculo del GHG Protocol para el cálculo de las emisiones de GEI de fuentes móviles de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

Mode of Transport	Scope	Fossil Fuel Emissions			Biofuel CO2 Emission (metric tonnes)
		Fossil Fuel CO2 (metric tonnes)	CH4 (kilograms)	N2O (kilograms)	
Road	Scope 1	1528,363	0	0	0
	Scope 3	0	0	0	
Rail	Scope 1	0	0	0	0
	Scope 3	0	0	0	
Water	Scope 1	0	0	0	0
	Scope 3	0	0	0	
AirCraft	Scope 1	0	0	0	0
	Scope 3	0	0	0	
Total Emission (metric tonnes CO2e)		1528,363	0	0	0
Total GHG Emission (metric tonnes CO2e)			1528,363		

ANEXO 12: Hoja de cálculo del GHG Protocol para el cálculo de las emisiones de GEI por el consumo de energía eléctrica de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

	Step 1	Step 2	Step 3
	A*	B*	C
	Activity Data: Electricity, Heat, and/or Steam Purchase	CO ₂ emission factor	Indirect CO ₂ emissions in metric tons
			C = A * B / 1,000,000
	kWh	grams CO ₂ / kWh	metric tons CO ₂
Facility / source description			
TREN 1	11571499,67	459,70	5.319,42
TREN 2	2953214,60	459,70	1.357,59
ACERÍA HORNO	64053592,09	459,70	29.445,43
PLANTA DE AGUA	4977103,00	459,70	2.287,97
PLANTA DE HUMOS	440952,60	459,70	202,71
LPP	146145,64	459,70	67,18
PROYECTOS ZONA NORTE	258907,98	459,70	119,02
PRENSA CIZALLA (HARRIS)	906229,84	459,70	416,59
ACERÍA 220V	4766688,88	459,70	2.191,25
ACERÍA	1982182,80	459,70	911,21
FRAGMENTADORA	3545599,30	459,70	1.629,91
TREFILADORA	143768,14	459,70	66,09
ENDEREZADORA 440V	21359,94	459,70	9,82
ENDEREZADORA 220V	1426,20	459,70	0,66
MALLA ELECTROSOLDADA	47834,34	459,70	21,99
Step 4: Sum CO₂ emissions (in metric tons):			44.046,84

ANEXO 13: Tabla de valores de MCF (factor corrector del metano) por defecto para las aguas residuales domésticas e industriales

VALORES DE MCF POR DEFECTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS			
Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	Comentarios	MCF	Intervalo
Sistema sin tratamiento			
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con alto contenido de sustancias orgánicas pueden volverse anaeróbicos.	0,1	0 – 0,2
Cloaca estancada	Abierta y caliente.	0,5	0,4 – 0,8
Cloaca en movimiento (abierta o cerrada).	Correntosa, limpia (cantidades insignificantes de CH ₄ desde las estaciones de bombeo, etc.)	0	0
Sistema tratado			
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Debe ser bien operada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Mal operada. Sobrecargada.	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros: recurrir al dictamen de expertos.	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros.	0,8	0,8 – 1,0
Sistema séptico	La mitad del BOD se decanta en tanques anaeróbicos.	0,5	0,5
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)	0,1	0,05 – 0,15
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, uso comunitario (muchos usuarios)	0,5	0,4 – 0,6
Letrina	Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina	0,7	0,7 – 1,0
Letrina	Extracción frecuente de sedimentos para abono	0,1	0,1
VALORES DE MCF POR DEFECTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES			
Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	Comentarios	MCF	Intervalo
No tratadas			
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con altas cargas de orgánicos pueden volverse anaeróbicos, pero esta situación no se considera aquí.	0,1	0 – 0,2
Tratado			
Planta de tratamiento aeróbico	Debe ser bien gestionada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento aeróbico	Mal operada. Sobrecargada	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico (e. ej., UASB Reactor de membrana fija)	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros, recurrir al dictamen de expertos.	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros	0,8	0,8 – 1,0

Tomado de Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, p.13.

ANEXO 14: Tabla para los valores sugeridos para la urbanización (u) y el grado de utilización de la vía del tratamiento o eliminación o del método por grupo de ingresos (ti,j) para los países seleccionados

VALORES SUGERIDOS PARA LA URBANIZACIÓN (U) Y EL GRADO DE UTILIZACIÓN DE LA VÍA DEL TRATAMIENTO O ELIMINACIÓN O DEL MÉTODO POR GRUPO DE INGRESOS (Ti,j) ³ PARA LOS PAÍSES SELECCIONADOS																		
País	Urbanización (U) ¹			Grado de utilización de la vía del tratamiento o eliminación o del método por cada grupo de Ingresos (Ti,j) ³														
	Fracción de la población			U= rural					U = urbana de ingresos altos					U = urbana de ingresos bajos				
	rural	urbana-alta	urbana-baja ²	Pozo séptico	Letrina	Otro	Cloaca ⁴	Ninguno	Pozo séptico	Letrina	Otro	Cloaca ⁴	Ninguno	Pozo séptico	Letrina	Otro	Cloaca ⁴	Ninguno
Africa																		
Nigeria	0,56	0,32	0,31	0,00	0,37	0,00	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20	0,56	0,32	0,31	0,00	0,37	0,00	0,17
Egipto	0,56	0,15	0,05	0,10	0,70	0,00	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20	0,56	0,15	0,05	0,10	0,70	0,00	0,17
Kenia	0,56	0,32	0,31	0,00	0,37	0,00	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20	0,56	0,32	0,31	0,00	0,37	0,00	0,17
Sudáfrica	0,48	0,15	0,15	0,00	0,70	0,00	0,17	0,24	0,05	0,34	0,20	0,48	0,15	0,15	0,00	0,70	0,00	0,17
Asia																		
China	0,3	0,18	0,08	0,07	0,67	0,00	0,14	0,10	0,03	0,68	0,05	0,3	0,18	0,08	0,07	0,67	0,00	0,14
India	0,33	0,18	0,08	0,07	0,67	0,00	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20	0,33	0,18	0,08	0,07	0,67	0,00	0,14
Indonesia	0,43	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20	0,43	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00	0,14
Paquistán	0,43	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20	0,43	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00	0,14
Bangladesh	0,43	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00	0,14	0,10	0,03	0,53	0,20	0,43	0,18	0,08	0,00	0,74	0,00	0,14
Japón	0,00	0,00	0,00	0,10	0,90	0,00	0,10	0	0	0,90	0	0,00	0,00	0,00	0,10	0,90	0,00	0,10
Europa																		
Rusia	0,00	0,10	0,00	0,00	0,90	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,10	0,00	0,00	0,90	0,00	ND
Alemania	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND
Reino Unido	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	ND
Francia	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	ND
Italia	0,00	0,04	0,00	0,00	0,96	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,04	0,00	0,00	0,96	0,00	ND
América del Norte																		
EEUU	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND
Canadá	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND
América Latina y el Caribe																		
Brasil	0,45	0,00	0,20	0,00	0,80	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40	0,20	0,45	0,00	0,20	0,00	0,80	0,00	0,00
México	0,45	0,00	0,20	0,00	0,80	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40	0,20	0,45	0,00	0,20	0,00	0,80	0,00	0,00
Oceanía																		
Australia y Nueva Zelanda	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	0,05	0,00	0,00	0,95	0,00	ND

Tomado de Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, p.16.

Nota: (ND= dato no disponible)

1. *Urbanization projections for 2005* (Proyecciones de urbanización para el 2005) (Naciones Unidas, 2002).
2. División sugerida entre ingresos altos urbanos y bajos ingresos urbanos. Se alienta a los países a utilizar sus propios datos o mejores apreciaciones.
3. Valores de Ti,j basados en dictamen de expertos, (Doorn y Liles, 1999).
4. Las cloacas pueden ser abiertas o cerradas (alcantarillados), lo cual determinará la elección de MCF

ANEXO 15: Tabla de datos por defecto para la metodología del N₂O en aguas residuales

DATOS POR DEFECTO PARA LA METODOLOGÍA DEL N₂O			
Definición	Valor por defecto	Intervalo	
Factor de emisión			
$EF_{EFLUENTE}$	Factor de emisión, (kg. de N ₂ O-N/kg. de N)	0,005	0,0005 – 0,25
EF_{PLANTA}	Factor de emisión, (g de N ₂ O/persona/año)	3,2	2 – 8
Datos de la actividad			
P	Cantidad de personas en el país	Específico del país	± 10 %
Proteína	Consumo anual de proteína per cápita	Específico del país	± 10 %
F_{NPR}	Fracción de nitrógeno contenido en la proteína (kg. de N/kg. de proteína)	0,16	0,15 – 0,17
T_{planta}	Grado de utilización de las grandes plantas WWT	Específico del país	± 20 %
$F_{NON-CON}$	Factor de ajuste para la proteína no consumida	1,1 para los países sin eliminación de basuras 1,4 para los países con eliminación de basura	1,0 – 1,5
$F_{IND-COM}$	Factor introducido para tomar en cuenta las co-descargas de nitrógeno industrial en los alcantarillados. Para los países con una cantidad significativa de plantas de procesamiento de pescado, este factor puede ser más elevado. Se recomienda recurrir al dictamen de expertos.	1,25	1,0 – 1,5

Tomado de Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, p.30.

ANEXO 16: Tabla de consumos y costos de diesel de las fuentes de emisión fijas y móviles de empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

Fuente	Consumo mensual (gal)	Costo mensual (USD)	Consumo anual (gal)	Costo anual (USD)
Compactadora (patio de reciclaje)	3.699,08	3.247,32	44.389,00	38.967,88
Pre calentadores (acería)	23.247,92	20.408,71	278.975,00	244.904,46
Horno de calentamiento (tren 1)	31.599,50	27.740,33	379.194,00	332.883,96
Excavadoras	11751,08	10.315,95	141013,00	123.791,43
Montacargas	820,58	720,36	9847,00	8.644,41
Total	71.118,16	62.432,68	853.418,00	749.192,14

ANEXO 17: Tabla de consumos y costos de búnker de las fuentes de emisión fijas de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

Fuente	Consumo mensual (gal)	Costo mensual (USD)	Consumo anual (gal)	Costo anual (USD)
Horno de calentamiento (tren 1)	22.060,00	16.037,62	920.827,00	669.441,29
Horno de calentamiento (tren 2)	16.541,78	12.025,87	202.195,50	146.996,14
Laminador de Productos Pequeños	6.098,42	4.433,55	73.181,00	53.202,59
Total	44.700,19	32.497,04	1.196.203,50	869.640,03

ANEXO 18: Consumos y costos de GLP de las fuentes de emisión fijas de la empresa NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.

Fuente	Consumo mensual (kg)	Costo mensual (USD)	Consumo anual (kg)	Costo anual (USD)
Oxicorte (KG)	8.405,02	7.664,87	100.860,24	91.978,42
Antorcha de corte (KG)	3.233,09	2.948,38	35.564,00	32.432,21
Total	11.638,11	10.613,25	136.424,24	124.410,63

**ANEXO 19: Consumos y costos de energía eléctrica de la empresa
NOVACERO S.A. – Planta Lasso en el 2013.**

Área	Consumo mensual (kWh)	Costo mensual (USD)	Consumo anual (kWh)	Costo anual (USD)
Tren 1	964.291,64	53.939,29	11.571.499,67	647.271,50
Tren 2	246.101,22	13.766,09	2.953.214,60	165.193,08
Acería horno	5.337.798,51	298.578,83	64.053.582,09	3.582.945,96
Planta de agua	414.758,58	23.200,23	4.977.103,00	278.402,71
Planta de humos	36.746,05	2.055,45	440.952,60	24.665,43
Lpp	12.178,80	681,24	146.145,64	8.174,90
Proyectos zona norte	21.575,67	1.206,87	258.907,98	14.482,46
Prensa cizalla (harris)	75.519,15	4.224,29	906.229,84	50.691,51
Acería 220v	397.224,07	22.219,40	4.766.688,88	266.632,84
Acería 440v	165.181,90	9.239,73	1.982.182,80	110.876,76
Fragmentadora	295.466,61	16.527,43	3.545.599,30	198.329,12
Trefiladora	11.980,68	670,16	143.768,14	8.041,91
Enderezadora 440v	1.780,00	99,57	21.359,94	1.194,80
Enderezadora 220v	118,85	6,65	1.426,20	79,78
Malla electrosoldada	3.986,19	222,97	47.834,34	2.675,69
Planta de oxígeno	349.883,85	19.571,35	4.198.606,16	234.856,17
Total	8.334.591,76	466.209,55	100.015.101,18	5.594.514,64