

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN DOS LÍNEAS  
DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE CALZADO DE  
SEGURIDAD”**

**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

**RAQUEL KARINA TENORIO JULCA**

ASESORA:

M.Sc. LILIANA DEL ROSARIO MARRUFO SALDAÑA

LIMA, PERÚ

2023

**DEDICATORIA**

A mis padres, Elizabeth y Segundo, por todo su amor y apoyo en este proceso; y a mi hermano mayor, Jhony, por aconsejarme y apoyarme en todo momento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme seguir progresando de forma personal y profesional y por la bendición de haberme dado una hermosa familia. A mis padres, por siempre estar dispuestos a apoyarme en todo momento y por su paciencia para obtener este logro. A mi hermano mayor, por siempre darme ánimos, apoyo incondicional y consejos. Gracias a toda mi familia, son la razón por la que busco superarme día a día.

A mi asesora, MSc. Liliana del Rosario Marrufo Saldaña, por su tiempo y disponibilidad para acompañarme en el desarrollo de este estudio. Al mismo tiempo, le estoy profundamente agradecida por brindarme sus puntos de vista y críticas constructivas para mejorar en cada avance de mi tesis.

A mis tíos, por darme ánimos y apoyo incondicional en mi crecimiento personal y profesional; y a mis primas, por sacarme siempre una sonrisa y motivarme a superarme.

A la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, por los buenos momentos y experiencias que compartí al lado de mis compañeros, también, por los conocimientos adquiridos durante mi carrera profesional.

Además, estoy agradecida con el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas (CITEccal Lima) y todo su equipo por el apoyo que me proporcionaron en diversos aspectos para realizar este estudio.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de calcular la huella de carbono de calzado de seguridad correspondiente a las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano. El enfoque del trabajo se basó en el cálculo de la huella de carbono en el producto, para así establecer, a partir de esta iniciativa, actividades colaborativas para diseñar herramientas que permitan la medición de la huella de carbono de producto para las empresas del sector cuero y calzado, y de esa manera, posicionar a las empresas en el mercado nacional e internacional con productos sostenibles.

Para el presente estudio se utilizó como referencia la norma ISO 14067:2018 (Gases de efecto invernadero - Huella de carbono de productos - Requisitos y directrices para cuantificación). Respecto a la metodología de cálculo de las emisiones GEI se utilizó como referencia la guía técnica "Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI" (MINAM, 2021), y se identificó aquellas fuentes de emisión asociadas a los procesos del ciclo de vida del calzado de seguridad. También, se utilizó otras fuentes como el IPCC (2006) y UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (2021). Los cálculos se realizaron para cada fuente de emisión asociados a cada proceso del ciclo de vida del producto.

Se identificó los siguientes procesos y fuentes de emisión: (i) Obtención de materiales e insumos (Uso de material); (ii) Transporte de materiales e insumos (Transporte propio y transporte de insumos locales e importación); (iii) Fabricación del producto (Consumo de energía eléctrica por equipos y/o máquinas y uso de luminarias y generación de residuos sólidos); (iv) Distribución del producto (Transporte propio); (v) Uso del producto (Generación de residuos sólidos); (vi) Disposición final del producto (Generación de residuos sólidos).

Como resultados se obtuvieron que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, de la línea Goodyear Welt (GYW) dio como resultado 42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq, que a su vez, representa 2.36 veces mayor que el valor de la huella de carbono

del calzado de seguridad según INESCOP (17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, respecto a la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea Poliuretano (PU) dio como resultado 29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq, que a su vez, representa 1.63 veces mayor que el valor comparado.

Finalmente, también se realizaron comparaciones adicionales con resultados de otros estudios internacionales, asimismo, se plantearon medidas de ecoeficiencia que ayuden en la reducción de la huella de carbono de los calzados de seguridad.

El presente informe fue desarrollado en conjunto con la Unidad de I+D del CITEccal Lima y una empresa de calzado de seguridad que brindó la información. La información brindada y la identidad de la empresa tiene carácter confidencial.

**Palabras clave:** Huella de carbono, calzado de seguridad.

## ABSTRACT

The present research work was developed with the objective of calculating the carbon footprint of safety footwear corresponding to the Goodyear Welt and Polyurethane production lines. The focus of the work was based on the calculation of the carbon footprint in the product, in order to establish, from this initiative, collaborative activities to design tools that allow the measurement of the product carbon footprint for companies in the leather and footwear sector, and in this way, position companies in the national and international market with sustainable products.

For the present study, the ISO 14067:2018 standard (Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification) was used as a reference. Regarding the methodology for calculating GHG emissions, the technical guide "Manual of methodologies for calculating emissions" (MINAM, 2021) was used as a reference, and those emission sources associated with the life cycle processes of safety footwear were identified. Also, other sources such as the IPCC (2006) and UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (2021) were used. The calculations were made for each emission source associated with each product life cycle process.

The following processes and emission sources were identified: (i) Obtaining materials and supplies (Use of material); (ii) Transportation of materials and inputs (Own transportation and transportation of local and imported inputs); (iii) Manufacture of the product (Consumption of electrical energy by equipment and/or machines and use of lights and generation of solid waste); (iv) Distribution of the product (own transport); (v) Use of the product (Generation of solid waste); (vi) Final disposal of the product (Generation of solid waste).

As results, it was obtained that the carbon footprint of a pair of safety footwear, from the Goodyear Welt (GYW) line, resulted in 42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq, which in turn, represents 2.36 times greater than the value of the carbon footprint of the safety footwear according to INESCOP (17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq). On the other hand, regarding

the carbon footprint of a pair of safety footwear from the Polyurethane (PU) line, it resulted in 29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq, which in turn, represents 1.63 times greater than the compared value.

Finally, additional comparisons were also made with the results of other international studies, and eco-efficiency measures were proposed to help reduce the carbon footprint of safety footwear.

This report was developed in conjunction with the “Unidad de I+D” from CITEccal Lima and a safety footwear company that provided the information. The information provided and the identity of the company are confidential.

**Keywords:** Carbon footprint, safety footwear.

**ÍNDICE GENERAL**

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>XX</b>
<b>1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 TÍTULO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES REFERENCIALES.....</b>	<b>1</b>
1.2.1 A NIVEL NACIONAL .....	1
1.2.2 A NIVEL INTERNACIONAL .....	2
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....</b>	<b>6</b>



<b>1.5 OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
1.5.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>1.6 HIPÓTESIS</b> .....	<b>7</b>
<b>2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y LEGAL</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2 CALENTAMIENTO GLOBAL</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3 EFECTO INVERNADERO</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4 GAS DE EFECTO INVERNADERO</b> .....	<b>9</b>
2.4.1 DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	9
2.4.2 ÓXIDO NITROSO (N <sub>2</sub> O).....	9
2.4.3 METANO (CH <sub>4</sub> ).....	9
2.4.4 OZONO (O <sub>3</sub> ) .....	10
2.4.5 VAPOR DE AGUA (H <sub>2</sub> O).....	10
<b>2.5 PROTOCOLO DE KYOTO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6 POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)</b> .....	<b>11</b>
<b>2.7 EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>-EQUIVALENTE</b> .....	<b>11</b>
<b>2.8 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE GEI DEL PERÚ</b> .....	<b>11</b>
2.8.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE (LEY N° 28611).....	12
2.8.2 POLÍTICA NACIONAL DEL AMBIENTE .....	12
2.8.3 LEY MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN AMBIENTAL (LEY N° 28245) .....	12
2.8.4 LEY MARCO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (LEY N° 30754).....	13
2.8.5 REGLAMENTO DE LA LEY N° 30754, LEY MARCO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	15
2.8.5.1 Artículo 55. Huella de Carbono Perú.....	15
<b>2.9 POLÍTICAS, NORMATIVAS Y/O GUÍAS AMBIENTALES DE LA UNIÓN EUROPEA (UE) VINCULADOS A LA HUELLA DE CARBONO</b> .....	<b>15</b>
2.9.1 EL PACTO VERDE EUROPEO .....	16
2.9.2 PLAN DE ACCIÓN PARA LA ECONOMÍA CIRCULAR .....	16
2.9.3 ESTRATEGIA INDUSTRIAL EUROPEA.....	17
2.9.4 PLAN DE ACCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGENDA 2030.....	18
2.9.5 DIRECTRICES DE DISEÑO ECOLÓGICO PARA LA INDUSTRIA DEL CALZADO .....	18

<b>2.10 HUELLA DE CARBONO</b> .....	<b>19</b>
2.10.1 CLASIFICACIONES DE HUELLAS DE CARBONO.....	19
2.10.1.1 Huella de carbono organizacional o corporativa .....	20
2.10.1.2 Huella de carbono del producto .....	21
2.10.2 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO .....	22
2.10.2.1 Metodologías para el cálculo de huella de carbono organizacional o corporativa.....	22
2.10.2.2 Metodologías para el cálculo de huella de carbono del producto .....	25
<b>2.11 GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)</b> .....	<b>27</b>
<b>2.12 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA</b> .....	<b>27</b>
<b>2.13 ECOEFICIENCIA</b> .....	<b>28</b>
2.13.1 OBJETIVOS DE LA ECOEFICIENCIA .....	29
2.13.2 CRITERIOS DE LA ECOEFICIENCIA.....	29
<b>2.14 MEJORA CONTINUA</b> .....	<b>30</b>
<b>3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1 METODOLOGÍA DE LA SECUENCIA DE TRABAJO</b> .....	<b>31</b>
3.1.1 ETAPA 1: ENTREVISTA AL PROPIETARIO DE LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD .....	32
3.1.2 ETAPA 2: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ESTUDIO.....	32
3.1.3 ETAPA 3: REUNIONES VIRTUALES CON LOS ENCARGADOS DE CADA PROCESO PRODUCTIVO .....	33
3.1.4 ETAPA 4: VISITA DE CAMPO PARA EL ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO....	33
3.1.5 ETAPA 5: DESARROLLO DEL ESTUDIO DE CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO (HCP).....	34
<b>3.2 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO</b> .....	<b>34</b>
3.2.1 FASES DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA - ISO 14067:2018.....	35
3.2.1.1 Definición del objetivo y el alcance .....	35
3.2.1.2 Análisis del inventario del ciclo de vida y evaluación del inventario del ciclo de vida .....	35
3.2.1.3 Interpretación del ciclo de vida.....	36

<b>4. CAPÍTULO IV. CÁLCULOS, Y/O APLICACIONES Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	37
4.1.1 Determinación del límite organizacional.....	37
4.1.2 Determinación del límite operacional.....	42
4.1.2.1 Proceso productivo de la línea Goodyear Welt (GYW).....	42
4.1.2.2 Proceso productivo de la línea Poliuretano (PU).....	45
4.2 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE.....	48
4.2.1 Definición del objetivo.....	48
4.2.2 Definición del alcance.....	48
4.3 ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA Y EVALUACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA.....	52
4.3.1 Análisis de los flujos de entrada y salida de los procesos del calzado de seguridad.....	52
4.3.2 Elaboración del inventario del ciclo de vida.....	58
4.3.3 Evaluación del inventario del ciclo de vida.....	59
4.3.3.1 Cuantificación de emisiones del proceso de obtención de materiales e insumos	59
4.3.3.2 Cuantificación de emisiones del proceso de transporte de materiales e insumos	62
4.3.3.3 Cuantificación de emisiones del proceso de fabricación del producto...	68
4.3.3.4 Cuantificación de emisiones del proceso de distribución del producto.	75
4.3.3.5 Cuantificación de emisiones del proceso de uso del producto.....	80
4.3.3.6 Cuantificación de emisiones del proceso de disposición final del producto	88
<b>5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>95</b>
<b>5.1 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA .....</b>	<b>95</b>
5.1.1 RESULTADOS TOTALES DE EMISIONES GEI.....	95
5.1.2 EMISIONES GEI POR ALCANCE, POR PROCESO Y POR FUENTE DE EMISIÓN DEL CALZADO DE SEGURIDAD PARA LA LÍNEA GYW Y LÍNEA PU.....	96
5.1.2.1 Resultados por alcance.....	96
5.1.2.2 Resultados por proceso.....	98

5.1.2.3	Resultados por fuente de emisión .....	100
5.1.3	HUELLA DE CARBONO DE UN PAR DE CALZADO DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA GYW Y LÍNEA PU .....	104
5.1.3.1	Resultados obtenidos respecto a la huella de carbono del calzado categoría “Profesional” y otras categorías según INESCOP .....	105
5.1.3.2	Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a otras huellas de carbono del calzado a nivel internacional	111
5.1.3.2.1	Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono del calzado categoría “Profesional” según INESCOP .....	113
5.1.3.2.2	Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono del calzado de Bangladés .....	115
5.1.3.2.3	Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono de la zapatilla para correr promedio según la empresa Allbirds.....	116
5.1.3.3	Resultados obtenidos (con y sin proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono de un par de calzado de seguridad según INESCOP.....	117
5.1.3.4	Comparativa de los materiales que contiene el calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU respecto a otros calzados .....	121
<b>5.2</b>	<b>INCERTIDUMBRE.....</b>	<b>124</b>
5.2.1	INCERTIDUMBRE DEL NIVEL DE ACTIVIDAD .....	124
5.2.2	INCERTIDUMBRE COMBINADA PARA FUENTES INDIRECTAS (ALCANCE 3) .....	125
<b>5.3</b>	<b>MEDIDAS DE ECOEFICIENCIA.....</b>	<b>128</b>
5.3.1	MEDIDAS DE ECOEFICIENCIA RESPECTO A LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	128
5.3.2	MEDIDAS DE ECOEFICIENCIA RESPECTO AL USO DE MATERIALES E INSUMOS .....	129
5.3.3	MEDIDAS DE ECOEFICIENCIA RESPECTO AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	129
5.3.4	MEDIDAS DE ECOEFICIENCIA RESPECTO AL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	130

5.3.5 MEDIDAS DE EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN EN ECOEFICIENCIA .....	131
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>133</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>133</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>134</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA VISITA A LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD .....</b>	<b>140</b>
➤ ÁREA S COMUNES.....	140
➤ POLIURETANO (PU) .....	144
➤ GOODYEAR WELT (GYW).....	145
<b>ANEXO 2. LISTA DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN LA LÍNEA GOODYEAR WELT (GYW) Y LÍNEA POLIURETANO (PU) .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO 3. LISTA DE TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS DURANTE LA FABRICACIÓN DEL CALZADO DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA GOODYEAR WELT (GYW) Y LÍNEA POLIURETANO (PU) .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO 4. CONSUMO DE COMBUSTIBLE DURANTE EL TRANSPORTE DE INSUMOS Y DISTRIBUCIÓN DEL CALZADO DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA GOODYEAR WELT (GYW) Y LÍNEA POLIURETANO (PU) .....</b>	<b>152</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodologías de huella de carbono organizacional o corporativa .....	24
Tabla 2. Metodologías de huella de carbono del producto.....	25
Tabla 3. Procesos, fuentes de emisión y niveles de actividad identificados .....	33
Tabla 4. Tiempo de vida útil de un par de calzado de seguridad.....	51
Tabla 5. Procesos, fuentes de emisión, alcances y niveles de actividad identificados.....	59
Tabla 6. Factores de emisión según el tipo de material adquirido.....	60
Tabla 7. Factores de emisión referenciales según el tipo de material adquirido.	60
Tabla 8. Total de emisiones GEI del proceso de obtención de materiales e insumos (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	61
Tabla 9. Total de emisiones GEI del proceso de obtención de materiales e insumos de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	61
Tabla 10. Potencial de calentamiento global por tipo de gas .....	64
Tabla 11. Porcentaje de composición del combustible Diésel B5 S50 .....	64
Tabla 12. Valores Caloríficos Netos (VCN) del combustible Diésel B5 S50 .....	65
Tabla 13. Factores de emisión CO <sub>2</sub> del combustible Diésel B5 S50.....	65
Tabla 14. Factores de emisión CH <sub>4</sub> del combustible Diésel B5 S50 .....	65
Tabla 15. Factores de emisión N <sub>2</sub> O del combustible Diésel B5 S50.....	65
Tabla 16. Factor de emisión según el tipo de transporte camión rígido en general .....	66
Tabla 17. Factor de emisión según el tipo de transporte barco de carga (general) .....	66
Tabla 18. Total de emisiones GEI del proceso de transporte de materiales e insumos (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	67
Tabla 19. Total de emisiones GEI del proceso de transporte de materiales e insumos de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	67
Tabla 20. Factores de emisión para la energía eléctrica.....	69
Tabla 21. Potencial de calentamiento global por tipo de gas .....	69

Tabla 22. Valores por defecto del DOC (Carbono Orgánico Degradable) en los residuos industriales .....	71
Tabla 23. Valores por defecto para el MCF (Factor de corrección del metano)..	72
Tabla 24. Valores por defecto para el OX (Factor de oxidación) .....	72
Tabla 25. Valores por defecto para kj (Tasa de descomposición por el tipo de residuo j).....	72
Tabla 26. Valores para F (Fracción del metano en sitio de disposición).....	73
Tabla 27. Valores por defecto para DOCfy (Fracción de carbono orgánico degradable) .....	73
Tabla 28. Valor del GWP CH4 (Potencial de calentamiento global para el metano biogénico) .....	73
Tabla 29. Valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos.....	74
Tabla 30. Total de emisiones GEI del proceso de fabricación del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	74
Tabla 31. Total de emisiones GEI del proceso de fabricación del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	75
Tabla 32. Potencial de calentamiento global por tipo de gas .....	78
Tabla 33. Porcentaje de composición por tipo de combustible.....	78
Tabla 34. Valores Caloríficos Netos (VCN) por tipo de combustible.....	78
Tabla 35. Factores de emisión CO2 por tipo de combustible .....	79
Tabla 36. Factores de emisión CH4 por tipo de combustible .....	79
Tabla 37. Factores de emisión N2O por tipo de combustible .....	79
Tabla 38. Total de emisiones GEI del proceso de distribución del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	80
Tabla 39. Total de emisiones GEI del proceso de distribución del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	80
Tabla 40. Tiempo de vida útil de un par de calzado de seguridad.....	82
Tabla 41. Valores por defecto del DOC (Carbono Orgánico Degradable) en los residuos industriales .....	84
Tabla 42. Valores por defecto para el MCF (Factor de corrección del metano)..	84
Tabla 43. Valores por defecto para el OX (Factor de oxidación) .....	84
Tabla 44. Valores por defecto para kj (Tasa de descomposición por el tipo de residuo j).....	85

Tabla 45. Valores para F (Fracción del metano en sitio de disposición).....	85
Tabla 46. Valores por defecto para DOCfy (Fracción de carbono orgánico degradable) .....	85
Tabla 47. Valor del GWP CH4 (Potencial de calentamiento global para el metano biogénico) .....	86
Tabla 48. Valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos.....	86
Tabla 49. Total de emisiones GEI del proceso de uso del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	87
Tabla 50. Total de emisiones GEI del proceso de uso del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	87
Tabla 51. Valores por defecto del DOC (Carbono Orgánico Degradable) en los residuos industriales.....	90
Tabla 52. Valores por defecto para el MCF (Factor de corrección del metano)..	90
Tabla 53. Valores por defecto para el OX (Factor de oxidación) .....	91
Tabla 54. Valores por defecto para kj (Tasa de descomposición por el tipo de residuo j).....	91
Tabla 55. Valores para F (Fracción del metano en sitio de disposición).....	91
Tabla 56. Valores por defecto para DOCfy (Fracción de carbono orgánico degradable) .....	92
Tabla 57. Valor del GWP CH4 (Potencial de calentamiento global para el metano biogénico) .....	92
Tabla 58. Valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos.....	93
Tabla 59. Total de emisiones GEI del proceso de disposición final del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	93
Tabla 60. Total de emisiones GEI del proceso de disposición final del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	94
Tabla 61. Total de emisiones GEI (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	95
Tabla 62. Emisiones GEI por Alcance (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU).....	96



Tabla 63. Emisiones GEI por Proceso (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	98
Tabla 64. Emisiones GEI por Fuente de emisión (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.....	101
Tabla 65. Estimación de la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	104
Tabla 66. Huella de carbono por par de calzado en cada categoría según INESCOP .....	106
Tabla 67. Resultados de huella de carbono (promedio) por par de calzado en cada categoría del proyecto de INESCOP.....	108
Tabla 68. Estimación de la huella de carbono de un par de calzado de seguridad (sin considerar el proceso de disposición final del producto) de la línea GYW y línea PU.....	112
Tabla 69. Materiales que contiene un par de calzado de referencia .....	121
Tabla 70. Materiales que contiene un par de calzado de referencia .....	121
Tabla 71. Materiales que contiene un par de calzado de seguridad de la línea GYW .....	122
Tabla 72. Materiales que contiene un par de calzado de seguridad de la línea PU .....	123
Tabla 73. Criterios para la incertidumbre .....	124
Tabla 74. Incertidumbre del nivel de actividad .....	125
Tabla 75. Factores t para el nivel de confianza de 95%.....	126
Tabla 76. Rangos de precisión de datos e intervalos correspondientes usados en GHG Protocol uncertainty tool .....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Economía Circular .....	17
Figura 2. Aspectos a tener en cuenta en ecodiseño .....	19
Figura 3. Procedimientos de evaluación de la huella de carbono organizacional	21
Figura 4. Procedimientos de evaluación de la huella de carbono del producto ..	22
Figura 5. Análisis de ciclo de vida y huella de carbono .....	28
Figura 6. Procesos del calzado de seguridad .....	32
Figura 7. Fases de Análisis de Ciclo de Vida .....	35
Figura 8. Organigrama del Área de Administración y Finanzas.....	38
Figura 9. Organigrama del Área Comercial.....	39
Figura 10. Organigrama del Área de Gestión Humana .....	40
Figura 11. Organigrama del Área de Operaciones.....	41
Figura 12. Flujograma del proceso de corte y aparado .....	43
Figura 13. Flujograma del proceso de armado o montado, acabado y almacenamiento de producto terminado (Línea Goodyear Welt) .....	44
Figura 14. Flujograma del proceso de corte y aparado .....	46
Figura 15. Flujograma del proceso de armado o montado, acabado y almacenamiento de producto terminado (Línea Poliuretano) .....	47
Figura 16. Procesos del calzado de seguridad .....	49
Figura 17. Alcances en el cálculo de la huella de carbono.....	50
Figura 18. Diagrama de flujo para el proceso de obtención de materiales e insumos .....	53
Figura 19. Diagrama de flujo para el proceso de transporte de materiales e insumos .....	54
Figura 20. Diagrama de flujo para el subproceso de corte .....	54
Figura 21. Diagrama de flujo para el subproceso de aparado.....	55
Figura 22. Diagrama de flujo para el subproceso de armado o montado .....	56
Figura 23. Diagrama de flujo para el subproceso de acabado .....	56
Figura 24. Diagrama de flujo para el subproceso de almacenamiento de producto terminado .....	57
Figura 25. Diagrama de flujo para el proceso de distribución del producto .....	57
Figura 26. Diagrama de flujo para el proceso de uso del producto .....	58

Figura 27. Diagrama de flujo para el proceso de disposición final del producto .	58
Figura 28. Emisiones GEI por Alcance (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	96
Figura 29. Emisiones GEI por Proceso (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	99
Figura 30. Emisiones GEI por Fuente de emisión (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU .....	102
Figura 31. Porcentaje de emisiones GEI por proceso respecto al proyecto "Huella de carbono en calzado (CO2Shoe)" .....	107
Figura 32. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU vs Huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría profesional según INESCOP .....	109
Figura 33. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU vs Huella de carbono (promedio) por par de calzado de otras categorías según INESCOP .....	110
Figura 34. Emisiones GEI por Fuente de emisión de un par del calzado de seguridad (sin considerar el proceso de disposición final del producto) de la línea GYW y línea PU.....	111
Figura 35. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU* vs Huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría profesional según INESCOP .....	114
Figura 36. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU* vs Huella de carbono (valor medio) por par de calzado de Bangladés .....	115
Figura 37. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU* vs Huella de carbono de la zapatilla para correr promedio según la empresa Allbirds .....	116
Figura 38. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU vs Huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP .....	118
Figura 39. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU* vs Huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP .....	120
Figura 40. Medidas de ecoeficiencia.....	132

## PRÓLOGO

El presente trabajo de investigación contiene los siguientes capítulos: (i) Introducción, (ii) Marco teórico y legal, (iii) Metodología de investigación, (iv) Cálculos, y/o aplicaciones y obtención de resultados, (v) Análisis de resultados y contrastación de hipótesis, (vi) Conclusiones y recomendaciones, (vii) Referencias y (viii) Anexos.

En el Capítulo I. "Introducción", se presenta el título, los antecedentes referenciales, tanto a nivel nacional como internacional, el planteamiento de la realidad problemática, la justificación e importancia, los objetivos, tanto general como específicos, y la hipótesis. Este estudio, se desarrolló con el objetivo de calcular la huella de carbono de calzado de seguridad correspondiente a las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano, y se identificó aquellas fuentes de emisión asociadas a los procesos del ciclo de vida del calzado de seguridad. Además, se precisó el planteamiento de la realidad problemática alineada con las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global y territorial. Para la comprensión de la realidad problemática se consideró la verificación de fuentes bibliográficas aptas, que valió como soporte para el presente trabajo. Además, se incluyó estudios previos vinculados al tema central de la presente investigación que valieron como referencia para este estudio.

En el Capítulo II. "Marco teórico y legal", se presentan los conceptos fundamentales para el desarrollo de la investigación de los siguientes términos: Cambio climático, Calentamiento global, Efecto invernadero, Gas de Efecto Invernadero, Protocolo de Kyoto, Potencial de Calentamiento Global, Emisión de CO<sub>2</sub>-Equivalente, Huella de carbono y sus clasificaciones y metodologías, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Análisis de Ciclo de Vida, Ecoeficiencia y Mejora Continua. Respecto al Marco legal e institucional, se consideró la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611), Política Nacional del Ambiente, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental

(Ley N° 28245), Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754) y el Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre el Cambio Climático. Adicionalmente, se presentan las Políticas, normativas y/o guías ambientales de la unión europea (UE) vinculados a la huella de carbono; como el Pacto Verde Europeo, Plan de Acción para la Economía Circular, Estrategia Industrial Europea, Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030 y Directrices de diseño ecológico para la industria del calzado.

En el Capítulo III. “Metodología de investigación”, en primer lugar, se presenta la metodología de la secuencia de trabajo que consistió en las siguientes etapas: (i) Entrevista al propietario de la empresa de calzado de seguridad, (ii) Recopilación de información para el estudio, (iii) Reuniones virtuales con los encargados de cada proceso productivo, (iv) Visita de campo para el análisis del proceso productivo, (v) Desarrollo del estudio de cálculo de huella de carbono de producto (HCP). En segundo lugar, se presenta la metodología del estudio de cálculo de huella de carbono de producto. Cabe resaltar que, para la estimación de la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea Goodyear Welt (GYW) y línea Poliuretano (PU), se compiló información de una empresa de calzado de seguridad que trabaja con estas líneas de producción mencionadas. Además, se utilizó como referencia la norma ISO 14067:2018 (Gases de efecto invernadero - Huella de carbono de productos - Requisitos y directrices para cuantificación). Respecto a la metodología de cálculo de las emisiones GEI se utilizó como referencia la guía técnica “Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI” (MINAM, 2021), y se identificó aquellas fuentes de emisión asociadas a los procesos del ciclo de vida del calzado de seguridad. También, se utilizó otras fuentes como el IPCC (2006) y UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (2021).

En el Capítulo IV. “Cálculos, y/o aplicaciones y obtención de resultados”, se presenta la descripción de la organización y sus límites organizacional y operacional, definición del objetivo y alcance, el análisis del inventario del ciclo de vida y evaluación del inventario del ciclo de vida.

En el Capítulo V. “Análisis de resultados y contrastación de hipótesis”, se presenta la interpretación del ciclo de vida, aquí se realiza la contrastación de hipótesis. Se realizó una comparativa de los resultados obtenidos con los resultados de otros estudios que analizaron huellas de carbono de diversos calzados, entre ellas, se consideró principalmente el proyecto de investigación del Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas – INESCOP (2020), debido a que esta entidad también se enfocó en estimar la huella de carbono del calzado de seguridad, que fue el tipo de producto que se consideró en la presente investigación. Adicionalmente, se muestra la incertidumbre y las medidas de ecoeficiencia que ayuden en la reducción de las huellas de carbono de los calzados de seguridad.

En el Capítulo VI. “Conclusiones y recomendaciones”, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

En el Capítulo VII. “Referencias”, se presenta la lista de referencias bibliográficas de cada fuente de información utilizado para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Finalmente, en el Capítulo VIII. “Anexos”, se presenta el registro fotográfico de la visita a la empresa de calzado de seguridad, la lista de los equipos electrónicos utilizados en las líneas Goodyear Welt y Poliuretano, la lista de tipos de residuos sólidos generados durante la fabricación del calzado de seguridad de las líneas Goodyear Welt y Poliuretano, y el consumo de combustible durante el transporte de insumos y distribución del calzado de seguridad de las líneas Goodyear Welt y Poliuretano.

## **1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 TÍTULO**

- “Cálculo de la huella de carbono en dos líneas de producción de una empresa de calzado de seguridad”

### **1.2 ANTECEDENTES REFERENCIALES**

Para el presente trabajo de investigación se tomaron como referencia estudios realizados a nivel nacional e internacional. A continuación, se presentan los siguientes estudios:

#### **1.2.1 A nivel nacional**

Rosella Nazareth Delgado Estremadoyro, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. Desarrolló la tesis de grado: “Cálculo de la huella de carbono en la producción de concentrado de fruta: Agroindustrias Marsa SRL, Arequipa”. Esta tesis tuvo como finalidad realizar la estimación de la huella de carbono de 2 litros de concentrado de manzana de la empresa Agroindustrias Marsa SRL. Este trabajo tomó como referencia principalmente la norma ISO/TS 14067, donde la huella de carbono está enfocada en el producto, por otro lado, también consideró las indicaciones del IPCC 2006, y otros estudios. Se realizó el cálculo de las emisiones GEI de los procesos involucrados en la producción del concentrado de manzana bajo el enfoque “De la cuna a la puerta”, es decir, desde la adquisición y transporte de sus materias primas hasta el almacenamiento para distribución del producto. Este estudio obtuvo como resultado que la huella de carbono fue de 1 Kg CO<sub>2</sub>eq para la producción de un envase de 2 litros de manzana.

Ayde Suni Tunquipa, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. Desarrolló la tesis de grado: “Cuantificación y determinación de la huella de carbono en la producción de queso artesanal en el pueblo de Chuquibamba”. Esta tesis tuvo como finalidad realizar la estimación de la huella de carbono de 1 kilo de queso tipo Paria generado en la planta de queso Don Dimas. Este trabajo tomó como referencia las indicaciones para la huella de carbono en el producto principalmente de las normas PAS 2050, GHG Protocol y la Norma - ISO14067. Se realizó el cálculo de las emisiones GEI de los procesos involucrados en la producción del queso tipo Paria bajo el enfoque “De la cuna a la puerta”, es decir, desde extracción de materias primas hasta el proceso de producción del queso. Este estudio obtuvo como resultado que la huella de carbono fue de 11.8 Kg CO<sub>2</sub>eq para la producción de 1 Kg de queso tipo Paria.

### **1.2.2 A nivel internacional**

Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP), Centro Tecnológico do Calçado de Portugal (CTCP), Instytut Przemysłu Skórzanego, Oddział w Krakowie (IPS), C.G.S. di Coluccia Michele & C. s.a.s (CGS), Confédération Européenne de l'Industrie de la Chaussure (CEC) y Federación de Industrias del Calzado Español (FICE), 2017. Desarrollaron el proyecto: “Huella de carbono en calzado (CO<sub>2</sub>Shoe)”. Este proyecto se inició el 01 de octubre del 2013 y culminó el 30 de septiembre del 2017 (48 meses), donde participaron empresas pertenecientes a 4 países de la Unión Europea como España, Italia, Portugal y Polonia. Este proyecto tomó como referencia las indicaciones para la huella de carbono en el producto principalmente de la ISO / TS 14067: 2013, con la finalidad de crear un instrumento para la estimación de la huella de carbono especialmente para el sector cuero y calzado. Se analizaron 36 modelos de calzado, estos modelos abarcaron los calzados de categoría profesional (11.65 Kg CO<sub>2</sub>eq en promedio), casual (3.39 Kg CO<sub>2</sub>eq en promedio), moda (13.79 Kg CO<sub>2</sub>eq en promedio), para niños (5.86 Kg CO<sub>2</sub>eq en promedio), de vestir para hombre (10.34 Kg CO<sub>2</sub>eq en promedio) y de vestir para mujer (7.34 Kg CO<sub>2</sub>eq en promedio), obteniendo así un valor medio total de 10,6 Kg CO<sub>2</sub>eq por par de calzado. Luego de este cálculo obtenido, adoptaron mejoras sugeridas para la reducción de la huella de carbono de los



modelos de calzado de las empresas participantes y se estimó nuevamente las emisiones GEI generadas para los 36 modelos de calzado, obteniendo como resultado un valor medio total de 9,6 Kg CO<sub>2</sub>eq por modelo de calzado.

Wioleta Serweta, Robert Gajewski, Piotr Olszewski, Alberto Zapatero & Katarzyna Lawinska, Instituto de Industria del Cuero, Polonia; Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP), España; 2019. Desarrollaron el trabajo: "Huella de carbono de diferentes tipos de calzado - Estudio comparativo". Este trabajo tomó como referencia las indicaciones para la huella de carbono en el producto principalmente de las normas PAS 2050, GHG Protocol y la ISO14067. Para este trabajo, emplearon el software SimaPro LCA para el cálculo de la huella de carbono de 7 modelos de calzado (1 par de calzado de niño talla 35, 3 pares de calzado de niño talla 32, 1 par de calzado de mujer tipo bailarina talla 37, 1 par de calzado de exterior talla 42, 1 par de calzado de exterior para hombre talla 42). Además, separaron el ciclo de vida del calzado en 8 procesos (Adquisición de materia prima, producción de insumos, fabricación de componentes de calzado, montaje y embalaje de calzado, fabricación de envases, distribución al cliente, fase de uso y final de la vida). El mayor resultado lo obtuvo el proceso de fabricación de componentes de calzado (8.049 Kg CO<sub>2</sub>eq) en el modelo "calzado de exterior talla 42". Por otro lado, el proceso de distribución al cliente fue el que obtuvo el resultado de menor valor con un 0.009 Kg CO<sub>2</sub>eq para el modelo "calzado de niño talla 35". A partir de los resultados obtenidos para los 7 modelos de calzado, concluyeron que los procesos que generan mayores cantidades de emisiones GEI, en general, son la fabricación de componentes del calzado, montaje y embalaje de calzado y fabricación de envases.

Lynette Cheah, Natalia Duque Ciceri, Elsa Olivetti, Seiko Matsumura, Dai Forterre, Richard Roth & Randolph Kirchain, Instituto de Tecnología de Massachusetts, USA; Corporación ASICS, Japón; 2012. Desarrollaron el trabajo: "Reducciones de emisiones centradas en la fabricación en la producción de calzado". Este trabajo tomó como referencia las indicaciones para la evaluación del ciclo de vida principalmente de las normas ISO 14040/14044. Se estimó las emisiones GEI de

los procesos vinculados a la producción de un par referencial de zapatillas para correr de hombre, fabricados con materiales sintéticos, que fueron elaboradas en el año 2010, en China. Se estimó las emisiones GEI generadas desde el proceso de extracción y procesamiento de materias primas hasta la disposición final del producto. Este trabajo tuvo como resultado que la huella de carbono fue de  $14 \pm 2.7$  Kg CO<sub>2</sub>eq para la producción de un par referencial de zapatillas para correr de hombre. Por otro lado, concluyeron que los procesos que generaron mayores emisiones GEI respecto al total de emisiones, fueron durante el procesamiento de materiales (29%) y fabricación del producto (68%). En este trabajo, indicaron que en otros análisis semejantes informaron que la huella de carbono se encuentra entre 18 y 41 Kg CO<sub>2</sub>eq por par referencial de zapatillas para correr (PUMA, 2008; Timberland, 2009).

Ana Muñoz, Miguel Martínez, Elena Orgilés, Francisca Arán, Borja Mateu, Lidia Carbonell & Nerea García, Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP), España; 2020. Desarrollaron el proyecto de investigación: "Ecodiseño y huella ambiental del calzado". Este proyecto realizó varios estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que cuantificó impactos ambientales de varias categorías (cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, acidificación, etc.), a diversos modelos de calzado como: calzado casual, sandalia de infante, calzado de seguridad, sneaker fashion, zapato de vestir y zapato deportivo. Entre los resultados del indicador de potencial de cambio climático se obtuvieron 9.80 Kg CO<sub>2</sub>eq, 2.60 Kg CO<sub>2</sub>eq, 17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq, 13.31 Kg CO<sub>2</sub>eq, 14.68 Kg CO<sub>2</sub>eq y 5.53 Kg CO<sub>2</sub>eq respectivamente para un par de calzado de cada modelo. Se observó que un par de calzado de seguridad produce alrededor de 17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq. Cabe resaltar que, concluyeron que los procesos de extracción y procesamiento de las materias primas para fabricar los componentes, los residuos sólidos generados en la producción y la disposición final del calzado son las etapas principales para mejorar la huella ambiental del calzado.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Uno de los problemas más graves a nivel mundial es el cambio climático, que es causado por el calentamiento global, y esto está asociado al aumento de la temperatura de la Tierra por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera que se generan por las actividades humanas.

Según la plataforma Global Carbon Atlas, indica que para el año 2021 se produjo alrededor de 37 124 MtCO<sub>2</sub> aproximadamente, y señala a China en primer lugar con 11 472 MtCO<sub>2</sub> y Estados Unidos en segundo lugar con 5 007 MtCO<sub>2</sub> en el ranking de países por emisiones de CO<sub>2</sub>, donde se ordenan los países de más a menos contaminantes. Además, el Perú es el país número 55 dentro de este ranking, donde se indica que produjo alrededor de 56 MtCO<sub>2</sub> (Friedlingstein, Andrew, & Peters, 2022).

Por otro lado, según la plataforma World Footwear Yearbook, la producción mundial de calzado logró producir hasta 23 000 millones de pares de calzado aproximadamente al año (Mahmud, Rashed-UI-Islam, Islam, Moin, & Rahman, 2020). Respecto al Perú, en el rubro del calzado se identificaron alrededor de 3 700 compañías, de las cuales el 0.77% aproximadamente (29 empresas) son categorizadas como grandes empresas, debido a que la venta de sus calzados supera los 3 millones de dólares. Además, se fabrican alrededor de 45 millones de pares de calzado al año, es decir, que representa el 0.20% aproximadamente del total de la producción mundial de pares de calzado anual. Asimismo, el 5% de los pares de calzado producidos en Perú son exportados hacia Estados Unidos, Colombia, Singapur y Chile que representan el 28%, 20%, 16% y 14% del total exportado respectivamente. Por otra parte, respecto a la cantidad de trabajadores que son contratados por el sector cuero y calzado peruano son alrededor de 50 000 operarios (Creativa, 2019).

En la industria del calzado, cuando se fabrican y se utilizan calzados a mayor escala, tiene la capacidad de producir impactos ambientales significativos que son perjudiciales para el medio ambiente. Cabe resaltar que, el modo de fabricación de los calzados podría llevar a que las emisiones de gases de efecto invernadero

sean mayores, aún si se fabrican mediante procesos tradicionales (Mahmud, Rashed-UI-Islam, Islam, Moin, & Rahman, 2020).

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El compromiso climático de Perú para disminuir sus emisiones de GEI incrementó hasta 40% para el año 2030 (Diario Gestión , 2021). Por esta razón, todas las empresas, entre ellas las empresas del sector cuero y calzado, deberían tener el compromiso de ayudar al país en la reducción de sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el tiempo, por lo que, resulta importante la medición de la huella de carbono y la adopción de medidas que permiten el logro de este compromiso.

En el Perú, todavía no se ha desarrollado una herramienta para el cálculo de huella de carbono de producto que permita a las empresas identificar los procesos, vinculados al ciclo de vida de sus productos, que generan mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Por este motivo, el presente estudio contempló el cálculo de la huella de carbono enfocado en el producto, en este caso, para el calzado de seguridad, y así establecer, a partir de esta iniciativa, actividades colaborativas para diseñar herramientas que permitan la medición de la huella de carbono de producto para las empresas del sector cuero y calzado, y de esa manera posicionar a las empresas en el mercado nacional e internacional con productos sostenibles.

Por otro lado, este estudio contribuiría principalmente a los siguientes objetivos del desarrollo sostenible: trabajo decente y crecimiento económico (8), industria, innovación e infraestructura (9), producción y consumo responsables (12), acción por el clima (13) y alianzas para lograr los objetivos (17).

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Calcular la huella de carbono de calzado de seguridad correspondiente a las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano mediante la metodología para la cuantificación de Huella de Carbono de Producto de la norma ISO 14067:2018.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Calcular la huella de carbono de calzado de seguridad de la línea de producción Goodyear Welt.
- Calcular la huella de carbono de calzado de seguridad de la línea de producción Poliuretano.
- Evaluar comparativamente la huella de carbono de calzado de seguridad correspondiente a las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano.

## **1.6 HIPÓTESIS**

- La huella de carbono correspondiente a un par de calzado de seguridad de las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano, respectivamente, serán mayores a 17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y LEGAL**

### **2.1 CAMBIO CLIMÁTICO**

El Cambio Climático refiere a la alteración de la condición del clima reconocible, a través de ensayo estadístico u otro método, en los cambios del valor promedio y/o características, que permanecen por períodos amplios de tiempo. El Cambio Climático puede ser causado por sucesos internos de origen nativo, por interrupciones externas o variaciones permanentes, causadas por actividad humana, de la cantidad de elementos presentes en la atmósfera (IPCC, 2015).

### **2.2 CALENTAMIENTO GLOBAL**

El Calentamiento Global refiere al incremento progresivo, visualizado o pronosticado, de la temperatura total de nuestro planeta, como resultado de una interrupción radiativa generada por las emisiones de las operaciones del hombre (IPCC, 2015).

### **2.3 EFECTO INVERNADERO**

Es aquel efecto asociado a la radiación infrarroja del total de elementos que contiene la atmósfera que aspiran el infrarrojo. La presencia de gases de efecto invernadero, nubes, y en mínimas cantidades, las sustancias de spray aspiran la emisión de radiaciones de la tierra o de cualquier lugar de la atmósfera. Estos elementos producen radiaciones de tipo infrarrojo por todos lados, y el total de energía producido al exterior de la Tierra, por lo general, resulta ser inferior de lo que se produciría si no hubiera presencia de estos elementos. Cabe resaltar que, al incrementarse la presencia de gases de efecto invernadero, esto genera que el efecto sea mayor, y a esta variación se denomina efecto invernadero intensificado. Además, la variabilidad de la cantidad de presencia de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a causa de las emisiones por las operaciones del hombre influye en el incremento de la temperatura terrestre y tropósfera (IPCC, 2015).

## **2.4 GAS DE EFECTO INVERNADERO**

Es el elemento en estado gaseoso presente en la atmósfera, de origen nativo o generado por actividad del hombre, que aspira y produce radiación en específicas longitudes de onda del espectro de radiación producida por la Tierra. Esta característica de los gases ocasiona el efecto invernadero (IPCC, 2015). A continuación, se presentan los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera:

### **2.4.1 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El gas posee una frecuencia superior y con mayor relevancia del resto de gases vinculados a las acciones del hombre. El gas es producido naturalmente y por actividades del hombre. También, este gas tiene un rol primordial en varios sucesos biológicos. En el caso de las actividades humanas que influyen en la generación de este gas se da por el gasto de combustibles fósiles, producción de energía por uso de leña, por actividades de quema de poblados de árboles y tala, así como, actividades industriales (Benavides & León, 2007).

### **2.4.2 Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)**

El gas N<sub>2</sub>O es producido naturalmente y por actividades del hombre, aporta alrededor de un 6% de la interrupción asociada al invernadero. La presencia del óxido nitroso se debe al mar, gasto de combustibles fósiles, biomasa y agricultura. Este gas se caracteriza por ser inactivo en la troposfera y su primordial sumidero se da mediante acciones fotoquímicas en la estratósfera que alteran la cantidad de ozono estratosférico (Benavides & León, 2007).

### **2.4.3 Metano (CH<sub>4</sub>)**

El gas CH<sub>4</sub> es alterado de la atmósfera por entrar en acción con los radicales hidroxilos (OH), que se termina transformando en dióxido de carbono. La presencia del metano se debe principalmente a la putrefacción de componentes orgánicos en procedimientos biológicos, como algunas actividades vinculadas a la

agricultura, desecho de residuos sólidos y procedimiento anaeróbico de aguas residuales de origen industrial y doméstico (Benavides & León, 2007).

#### **2.4.4 Ozono (O<sub>3</sub>)**

La presencia del ozono se da en la estratósfera superior, que conserva a la Tierra de grados dañinos de radiación ultravioleta, además, se encuentra en cantidades mínimas en la tropósfera, y se caracteriza por ser el elemento primordial de la polución fotoquímica originada por las acciones del hombre. Por otro lado, aproximadamente 30 años atrás, las emisiones ocasionadas por las acciones del hombre como los clorofluorocarburos (CFCs) han bajado las cantidades de ozono en la estratósfera. La disminución de ozono en la estratósfera tuvo como consecuencia una interrupción perjudicial radiativa por motivo de que el ozono es un gas de efecto invernadero relevante (Benavides & León, 2007).

#### **2.4.5 Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)**

El gas de efecto invernadero (H<sub>2</sub>O) permanece en grandes cantidades en la atmósfera y las nubes son una fracción relevante del invernadero de nuestro planeta. Por otro lado, las nubes logran generar igual resultado que otros GEI, además, aumentan la temperatura del planeta reteniendo el calor que está por abajo de ellas. Por otra parte, las acciones del hombre no alteran de una manera directa la cantidad promedio total del vapor de agua; en cambio, la interrupción radiativa generada por el aumento en las cantidades de otros gases de efecto invernadero podría alterar de manera indirecta el ciclo hídrico (Benavides & León, 2007).

### **2.5 PROTOCOLO DE KYOTO**

El conjunto de reglas formales perteneciente a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue tomado en el año 1997, en la ciudad de Kyoto, del país de Japón. Cabe resaltar que los países participantes asumieron el compromiso para adoptar un grupo de pactos para disminuir los gases de efecto invernadero en a partir del 5% aproximadamente entre los años 2008 y 2012, con relación al año 1990. Por otro lado, este indica



que en la atmósfera incluye otros gases de efecto invernadero como SF<sub>6</sub>, HFC y PFC (IPCC, 2015).

## **2.6 POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)**

El Potencial de Calentamiento Global se fundamenta en las características radiativas de los gases de efecto invernadero, que cuantifica la interrupción radiativa obtenida de los estímulos de emisión que se presentan en la atmosférica, de un valor unitario de masa de determinado gas de efecto invernadero, durante un periodo amplio dado, a diferencia con el provocado por el CO<sub>2</sub> (IPCC, 2015).

## **2.7 EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>-EQUIVALENTE**

Refiere la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido que provocaría similar interrupción radiativa total, durante un periodo específico, que determinada medida emitida por un GEI o combinación de estos elementos. Esto se computa realizando la multiplicación de las emisiones de un gas por su respectivo PCG, en el periodo específico. Por otro lado, cuando se trata de combinaciones GEI, se adicionan las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de cada gas respectivo. Por lo tanto, esto conforma un rango general para relacionar las emisiones de diversos gases, pero se toma como una referencia debido a que no se asegura la equivalencia precisa (IPCC, 2015).

## **2.8 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE GEI DEL PERÚ**

En 1993, el Perú validó su participación en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), después de esto, se empezó con la creación del marco jurídico e institucional asociado al cambio climático en nuestro territorio. También, en ese mismo tiempo, se estableció un comité estatal respecto al cambio climático, que en un origen fue dirigido por el Ministerio de Relaciones Exteriores, luego por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), y cambia en el año 2008, por el Ministerio del Ambiente. Por otro lado, en el año 2009, el Ministerio del Ambiente manifestó y logró el cambio de dicho comité existente, renovando su forma y metas, bajo la denominación “Comisión Nacional sobre el Cambio Climático”. En la década de 1990 y los años anteriores a la

fundación del MINAM constituyeron la iniciativa a la institucionalidad ambiental en el territorio peruano, que proporcionó el fortalecimiento de la gestión frente al cambio climático, así como las acciones, reglas y medidas focalizadas (MINAM, 2016).

### **2.8.1 Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)**

Es la regla organizadora del campo reglamentario lícito para el régimen enfocado en la parte de medio ambiente en el territorio peruano. Cabe resaltar que determina las bases y reglas primordiales para garantizar la actividad segura de la facultad a un medio conveniente, sensato y apropiado para el progreso completo de la subsistencia. También, establece la obligación de cooperar a un seguro régimen medioambiental y de cuidar el medioambiente y sus factores, con la finalidad de aumentar la calidad de existencia de los ciudadanos y alcanzar el progreso duradero del territorio peruano (Ley N° 28611, 2005).

### **2.8.2 Política Nacional del Ambiente**

Esta política incluye las tendencias de las acciones públicas fijadas en la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo (Ley N° 29158) y la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611). Cabe resaltar que precisa los fines primordiales, tendencias, temas fundamentales y modelos nacionales de indispensable ejecución. También, integra las acciones generales del Estado con un enfoque en medio ambiente, que incluye las acciones a nivel sectorial, regional y local (D.S. N°012-2009-MINAM, 2009).

### **2.8.3 Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245)**

Es la regla que posee por finalidad garantizar la mayor eficiencia en la ejecución de los fines enfocados en medio ambiente de los organismos públicos; además, reforzar los procedimientos de transectorialidad en el régimen de medio ambiente, el oficio que pertenece al MINAM, y los organismos del rango sectorial, regional y local en la práctica de sus facultades con enfoque ambiental con motivo de asegurar que realicen sus roles y que se impida en la realización de estas los problemas (Ley N° 28245, 2004).

#### **2.8.4 Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754)**

Esta Ley mantiene como finalidad implantar las bases, visiones y procedimientos totales para establecer, enlazar, delinear, preparar, comunicar, observar, estimar y propagar las políticas públicas para el régimen total, colaborativa y diáfana de las disposiciones adecuación y disminución al cambio climático, con el motivo de mitigar la debilidad del territorio peruano frente al cambio climático, favorecerse de las ocasiones del aumento bajo en carbono y realizar los compromisos internacionales obtenidos por el gobierno ante la Convención Marco de las Naciones Unidas respecto al Cambio Climático, con perspectiva intergeneracional.

La Ley N° 30754 se conduce bajo los fundamentos de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental; la Política Nacional del Ambiente, aceptada por el D.S. 012-2009-MINAM; la Convención Marco de Naciones Unidas respecto al Cambio Climático, admitida por la R.L. 26185; y los siguientes fundamentos:

**Principio de integración.** El gobierno traza y constituye disposiciones de disminución y adecuación frente al cambio climático a los mecanismos de programación y prospectiva del Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico y propósitos de inversión pública del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

**Principio de transversalidad.** La participación del gobierno respecto al cambio climático necesita de la intervención de todos los grados. Es organizada con mediación de las diversas secciones y representantes, añadiendo una perspectiva total y estimulando la colaboración de la sección privada, la agrupación civil y grupos nativos, con motivo de dar observaciones multifacéticas y enlazadas.

**Principio de subsidiaridad.** Las facultades y responsabilidades que disponen los organismos públicos en cada rango del gobierno en referencia al cambio climático se coordinan para dar servicios más competentes y próximos al ciudadano.

**Principio de rendición de cuentas.** Las personas responsables en el régimen total frente al cambio climático, y las sociedades públicas y privadas que dirigen medios economistas para la adecuación y disminución del cambio climático presentan cálculos ante los organismos públicos de comprobación horizontal y la nación, divulgando los resultados de ciertas entregas por vía web.

**Principio de transparencia.** El gobierno posee el cargo de disponer toda información pública respecto al cambio climático, venerando el derecho de todo sujeto de consentir apropiada y acertadamente a cierta información sin precisión de solicitar alguna prueba. El gobierno presenta balances de su régimen con arreglo a las reglas respecto al asunto e indaga todo acto ilícito, comunicando los resultados, salvo las particularidades que indica la ley de la materia.

**Principio de participación.** Todo ciudadano goza del derecho y obligación de colaborar responsablemente respecto a la toma de acciones del régimen total frente al cambio climático que se instauren en todos los rangos del gobierno. Por ello, el gobierno asegura una colaboración conveniente y certera, tomando en cuenta las perspectivas de interculturalidad y género.

**Principio de gobernanza climática.** Los métodos y acciones públicas de adecuación y disminución frente al cambio climático se levantan de una manera que sea factible la intervención certera de los representantes públicos y privados en la toma de acciones, la dirección de las dificultades y el levantamiento de acuerdos, apoyados en obligaciones, fines y principales motivos expresamente establecidos en todos los rangos del gobierno.

**Principio de prevención.** El gobierno fomenta políticas y acciones determinadas a prever, velar y eludir los efectos y exposiciones frente al cambio climático. En la situación que no se puedan suprimir los principios que la crean, se implantan las acciones de disminución y adecuación que competan, y así asegurar la salud, la vida de los individuos y el cuidado del medio (Ley N° 30754, 2018).

### **2.8.5 Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre el Cambio Climático**

Esta regulación posee por propósito moderar los mandatos instaurados en la Ley N° 30754, para la organización, estructuración, realización, vigilancia, valoración, informe y propagación de las acciones públicas para la administración completa del cambio climático, dirigida al provecho del pueblo, que buscan mitigar la postura de decaimiento del país frente a los efectos del cambio climático, beneficiarse de las conveniencias del aumento bajo en carbono y ejecutar los acuerdos internacionales adquiridos por el gobierno ante la CMNUCC (D.S. N°013-2019-MINAM, 2019).

#### **2.8.5.1 Artículo 55. Huella de Carbono Perú**

Instrumento virtual para promocionar la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para corporaciones privadas y públicas, con la finalidad de disminuir sus salidas de GEI, que aportan a la administración total del cambio climático y a la introducción de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). El empleo de este instrumento es gratis y de condición facultativa. Además, este brinda referencia para la estimación de GEI de corporaciones, de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP ISO 14064-1:2016 Gases Efecto Invernadero, que es semejante a la ISO 14064-1:2006. Además, produce conocimiento compacto con el INFOCARBONO, que facilita la perfección de los datos para la realización de los INGEI. Por otro lado, la entidad competente respectiva al cambio climático realiza y consiente las tendencias para rastrear a los integrantes, emplear el instrumento, alcanzar el informe de resultados y conseguir los certificados por el nivel de trabajo para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (D.S. N°013-2019-MINAM, 2019).

## **2.9 POLÍTICAS, NORMATIVAS Y/O GUÍAS AMBIENTALES DE LA UNIÓN EUROPEA (UE) VINCULADOS A LA HUELLA DE CARBONO**

Algunas de las políticas, normativas y/o guías ambientales más representativas a nivel europeo son las siguientes:

### **2.9.1 El Pacto Verde Europeo**

Es aquel plan que Europa adopta como indispensable para obtener el equilibrio climático hasta el año 2050 y cambiar la Unión Europea en una economía actualizada y competente en el empleo de los bienes.

El presente pacto se fundamenta en dos puntos principales:

- 1) Fomentar el empleo competente de los bienes a través del cambio a una economía pulcra, circular y consciente.
- 2) Rescatar y cuidar lo más factible la diversidad de vida y disminuir la polución en diversas maneras.

Para lograr el equilibrio climático hasta el año 2050, es indispensable proceder en diversos grupos de la economía de Europa:

- Gastar en tecnologías que ayuden al ambiente.
- Ayudar a las empresas para que se modernicen.
- Desdoblar procedimientos de traslado público y privado más pulcros, más económicos y convenientes.
- Mitigar las emisiones de carbono de la parte energética.
- Asegurar que las construcciones aumenten su competencia desde la perspectiva energética.
- Cooperar con grupos internacionales para progresar las reglas ambientales del mundo.

Con este plan se destaca la obligación de atribuir una perspectiva global en el que la totalidad de acciones de Europa asistan a sus fines (CCI & INESCOP, 2020).

### **2.9.2 Plan de Acción para la Economía Circular**

Es uno de los componentes más primordiales del Pacto Verde Europeo. Este plan muestra una práctica fundada en la sustentabilidad de los productos y servicios,

de tal forma que, dispone nuevas acciones para los tipos de negocios y gastos presentes. Por otro lado, la economía circular posee como finalidad primordial el empleo competente de los bienes, resaltando el aprovechamiento y la reutilización de los desechos, para producir nuevos productos e inclusive partes de negocio fundados en el hecho sustentable (CCI & INESCOP, 2020).

*Figura 1. Economía Circular*



Fuente: (CCI & INESCOP, 2020).

### **2.9.3 Estrategia Industrial Europea**

Esta estrategia procura asegurar el dual cambio que arremete en el presente Europa hacia el equilibrio climático y la dirección virtual, conservando la competencia en el escenario universal, donde la Unión Europea tendrá que emplear el efecto de su mercado exclusivo para asegurar las reglas universales (CCI & INESCOP, 2020).

#### **2.9.4 Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030**

España se sumó al compromiso de la planificación de progreso sustentable por medio del Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030: “Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible”. Cabe destacar que este plan se encuentra ajustado con los fines de la estrategia España Circular 2030, que percibe los fundamentos para estimular un nuevo tipo de productividad y gasto consciente, para una economía sustentable, bajo en carbono y competente en el empleo de bienes (CCI & INESCOP, 2020).

#### **2.9.5 Directrices de diseño ecológico para la industria del calzado**

Según la guía de ecodiseño para la industria del calzado (2020), las directrices de ecodiseño que se consideran en la Unión Europea son las siguientes:

- Diseñar para satisfacer una necesidad
- Diseñar teniendo en cuenta la durabilidad y la reparabilidad
- Diseñar teniendo en cuenta el reciclaje, la reutilización y la valorización
- Seleccionar un menor número de materiales, que sean más ligeros y con un menor impacto
- Evitar sustancias y materiales potencialmente peligrosos
- Optimizar las técnicas de producción
- Seleccionar técnicas de distribución más eficientes para el medioambiente
- Reducir el impacto ambiental en la fase de uso
- Optimizar el final de la vida útil



Figura 2. Aspectos a tener en cuenta en ecodiseño



Fuente: (INESCOP, y otros, 2020).

## 2.10 HUELLA DE CARBONO

El término huella de carbono nace del término huella ecológica, se diría que es una parte del conjunto. Este indicador cuantifica la generalidad de gases de efecto invernadero expulsados por consecuencia directa o indirecta del hombre, agrupación, suceso o un bien. En ese mismo sentido, su definición abarca más allá de la estimación única del dióxido de carbono expulsado, debido a que se consideran todos los gases de efecto invernadero que aportan al calentamiento global, para luego transformar los resultados particulares de cada gas a equivalencias de dióxido de carbono (Ihobe, 2009).

### 2.10.1 Clasificaciones de huellas de carbono

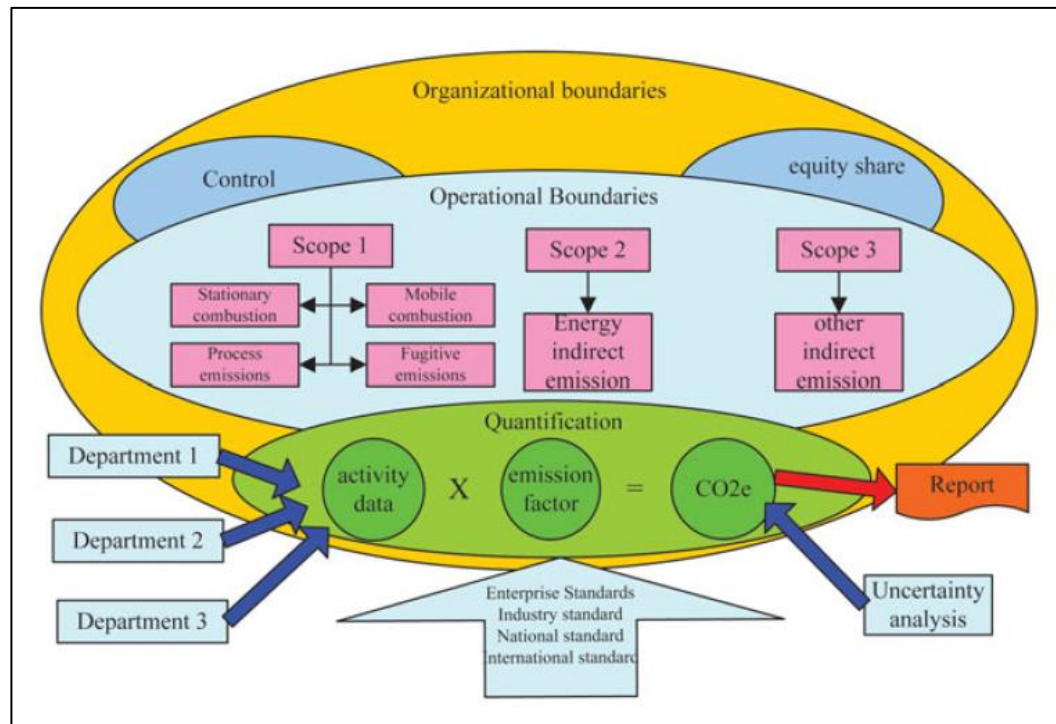
Este indicador se atribuye primordialmente a los individuos, productos, corporaciones, localidades y naciones, etc. Para el caso de un individuo, se consideran las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas por la vestimenta, alimentación,

hogar y tránsito de la vivencia cotidiana de cada individuo. En el caso de un producto, se cuantifican las emisiones de gases de efecto invernadero en el transcurso del ciclo de vida del producto. Por otro lado, la huella de carbono corporativa estima las emisiones GEI de todas las operaciones de la empresa, incluyendo el recurso energético empleado en las construcciones, producción y transportes de la corporación. Con respecto a la huella de carbono de una nación, se enfoca en las emisiones de CO<sub>2</sub> en todo el territorio provocadas por el gasto total de insumos y recurso energético, la flora y otros relacionados al carbono, así como las emisiones directas e indirectas generadas por las operaciones de importaciones y exportaciones (Gao, Liu, & Wang, 2013).

#### **2.10.1.1 Huella de carbono organizacional o corporativa**

La huella de carbono corporativa incluye las emisiones directas e indirectas de CO<sub>2</sub> producidas adentro de la jerarquía determinada por las mismas corporaciones. La exactitud de este indicador se fundamenta en la compilación de datos de gastos para la totalidad de orígenes de emisión adentro del lindero determinado. Es primordial precisar las brechas en los datos y especificar los supuestos que se consideraron al estimar la huella. Este indicador se acostumbra a estimar usando niveles de actividad multiplicados por factores de emisión patrón, aunque también hay otros procedimientos de estimación (Gao, Liu, & Wang, 2013).

Figura 3. Procedimientos de evaluación de la huella de carbono organizacional

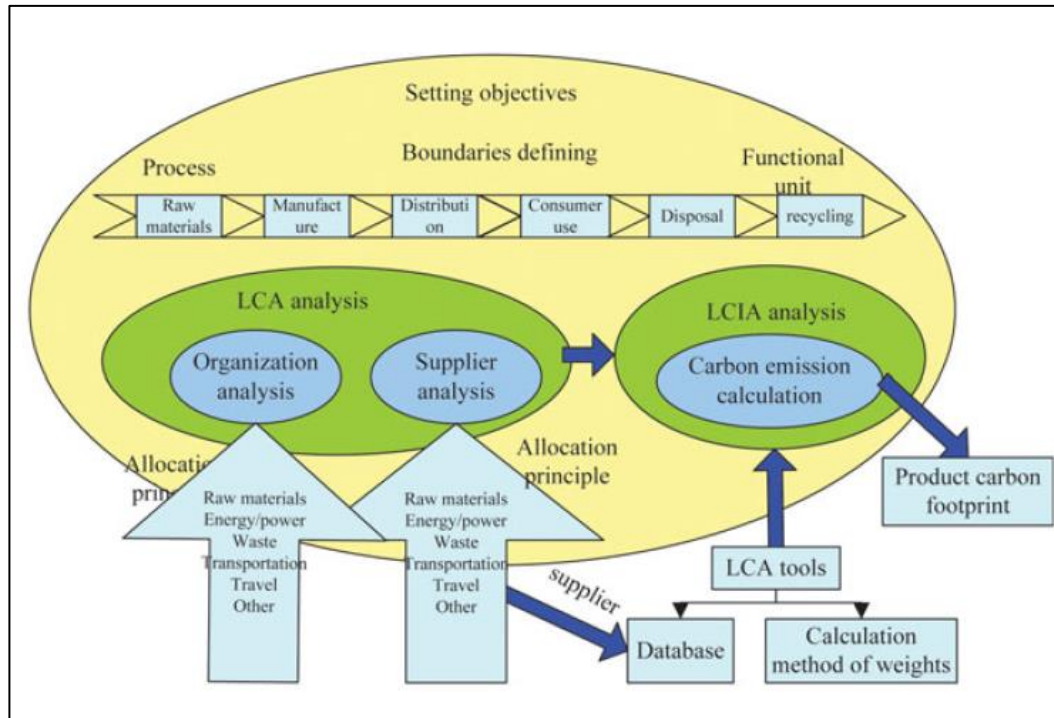


Fuente: (Gao, Liu, & Wang, 2013).

### 2.10.1.2 Huella de carbono del producto

La huella de carbono de un producto incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas por el ciclo de vida del producto. La exactitud de la huella se fundamenta en la compilación de datos de gastos para la totalidad de orígenes de emisión adentro de los linderos del procedimiento de todo el ciclo de vida del producto. Las localizaciones esenciales en la compilación de datos incorporan números de insumos, operaciones y factores de emisión en la totalidad de los procesos vinculados al ciclo de vida. Estimado bajo el sustento de la fórmula de la huella de carbono puede asegurar que se incorporen todos los ingresos, salientes y desechos (Gao, Liu, & Wang, 2013).

Figura 4. Procedimientos de evaluación de la huella de carbono del producto



Fuente: (Gao, Liu, & Wang, 2013).

## 2.10.2 Metodologías para el cálculo de huella de carbono

A continuación, se presentan las metodologías más representativas para el cálculo de huella de carbono organizacional o corporativa y para el cálculo de huella de carbono del producto.

### 2.10.2.1 Metodologías para el cálculo de huella de carbono organizacional o corporativa

Las más conocidas son la ISO 14064 y el GHG Protocol, que proveen disposiciones para estimar el efecto de los gases de efecto invernadero de una corporación, a pesar de que, se buscaba ajustar todos los procedimientos de evaluación en el avance de uno y otro procedimiento, todavía muestran algunas desigualdades inferiores. El GHG Protocol es la primera metodología modelo para la valoración de emisiones de gases de efecto invernadero de organización. Como

decisión facultativa, el GHG Protocol no solamente se enfoca en la técnica de estudio, sino también más hincapié en los resultados de estudio, que se emplean para la disminución de emisiones y el negocio de carbono. Por otro lado, la ISO 14064 es el modelo internacional creado sobre el fundamento del GHG Protocol, se enfoca en la pauta, el campo y el procedimiento de legalización. Así pues, se emplea primordialmente para la legalización organizacional de contabilización de gases de efecto invernadero para reflejar la conciencia social organizacional. Uno y otro procedimiento incluyen los seis gases de efecto invernadero del Protocolo de Kyoto. Para la conformación de los linderos del sistema, estos poseen similar conformación de linderos organizacionales; la desigualdad es la conformación de linderos operativos. Respecto a la estimación de la huella de carbono, ambos métodos incluyen diversos procedimientos de cuantificación distintas. Aunque, la estimación centrada en datos de acción de gases de efecto invernadero multiplicados por factores de emisión o removimiento de GEI es favorecida y demasiada empleada. En tanto, en vista de que han emitido diversos modelos suplementarios, la elección y la compilación de datos de actividad de gases de efecto invernadero y factores de emisión es más diáfana y operante que cuando se emplea el GHG Protocol. Estos modelos suplementarios también proporcionan una pauta definida y operante, en especial para los linderos del sistema determinados, la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la valoración de la huella de carbono de empresas determinadas (Gao, Liu, & Wang, 2013).

A continuación, se presentan las características de las metodologías mencionadas.

Tabla 1. Metodologías de huella de carbono organizacional o corporativa

Criterio	ISO 14064	GHG Protocol
<b>Información esencial</b>		
Editor	ISO	WBCSD & WRI
Fecha	2006	2004, 2011 (revisión)
Escribe	Oficial	Oficial
Disponibilidad	Instructivo	Operabilidad
Propiedad	Estándar internacional	Estándar de iniciativas voluntarias
Objetos	Organizaciones	Organizaciones
Aplicaciones	Empleado primordialmente en corporaciones industriales.	Diversas empresas, Estados, (ONG), soporte de negocio de carbono.
<b>Objetivo, Alcance y Principio</b>		
Objetivo	Precisa fundamentos, condiciones para delinear, fomentar, administrar, mostrar informes y revisar el inventario de gases de efecto invernadero en una corporación.	
Principio	Primordialmente la estructura similar en ISO 14044, incorporando importancia, totalidad, estabilidad, exactitud y diafanidad.	
GEI	Seis gases de efecto invernadero del Protocolo de Kyoto.	
PCG	Segundo informe del IPCC (1996).	
<b>Límite del sistema</b>		
Límite organizacional	Los mismos procedimientos para asegurar las salidas y removimientos de GEI al grado de las infraestructuras de la corporación: por vigilancia o por intervención accionaria.	
Límite de operación	Uno y otro separan el grupo de las salidas en tres partes: salida directa, salida indirecta energética y otras salidas indirectas.	
	Las salidas indirectas energéticas se señalaron como salidas indirectas de la producción de energía eléctrica, calor o vapor importados gastados por la corporación.	Las salidas indirectas energéticas se señalaron como salidas indirectas solo de la producción de energía eléctrica importada gastados por la corporación.
<b>Cuantificación</b>		
Cuantificación	Estimación, rastreo, composición de rastreo y cómputo.	
Método	Emplear primordialmente datos de acción de GEI multiplicados por factores de emisión o removimiento de GEI.	Indagar los factores de emisión y el seguimiento directo, así como los instrumentos multisectoriales y los instrumentos determinados de la empresa.
Cuenta doble	No previsto	El procedimiento fue sugerido para evitar la doble estimación.

Fuente: (Gao, Liu, &amp; Wang, 2013).

### 2.10.2.2 Metodologías para el cálculo de huella de carbono del producto

Diversos métodos que hay actualmente se consideran adecuadas para apoyar a las corporaciones en la disminución de su huella de carbono de producto. Una gestión global que incluya a varias partes interesadas, como la ISO 14067 o Product GHG Protocol, es favorable para el desarrollo de un esquema, aunque juntar diversos actores podría reducir la exactitud del método avanzado y el beneficio de las empresas. También, una estructura con diversos grupos de trabajo, como en el BP X30-323, que se enfoca en rangos de productos determinados sería un remedio para orientarse en asuntos determinados y la retroalimentación de métodos más antiguos generaría un avance más activo. Además, una extensión de las estructuras PAS 2050, ISO 14067, Product GHG Protocol o BP X30-323 aparenta ser el remedio óptimo para este enfoque (Quantis, Ernst, & Young, 2010).

A continuación, se presentan las descripciones de las metodologías mencionadas.

*Tabla 2. Metodologías de huella de carbono del producto*

<b>Criterio</b>	<b>PAS 2050</b>	<b>GHG Protocol - Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard</b>	<b>BP X30-323</b>	<b>ISO 14067</b>
País	UK	En todo el mundo	Francia	En todo el mundo
Fiabilidad y madurez	El procedimiento es muy genérico, y no tan limitado, sin embargo, se definen pautas diáfanas para explicar su empleo.	Se observa una alta madurez del proceso de inspección. Se progresará un modelo para los contrastes de productos y los fundamentos de datos del ciclo de vida.	Los fundamentos generales deben describirse en modelos metodológicos determinados para las categorías de productos.	El procedimiento se fundamenta en otros estándares potentes. Exige comprobación de la comunicación.
Facilidad de uso y costo	La documentación es gratis, pero la aplicación de PAS 2050 puede ser dificultosa	La documentación del procedimiento está apta para todo el público, pero su	El procedimiento se fundamenta primordialmente en el empleo de las reglas LCA;	El procedimiento se fundamenta primordialmente en el empleo de las reglas LCA; asimismo, la

	(basada en LCA). Se describen pautas diáfanas de estimación, pero es preciso solucionar diversas interrogantes al aplicar el método.	aplicación puede ser dificultosa por motivo de la extensa magnitud, las exigencias de elevada calidad y el pacto relevante respecto al periodo de tiempo y bienes.	en ese mismo sentido, la compilación de datos requiere un trabajo significativo. La disposición de una base de datos gratis para datos secundarios podría permitir disminuir los precios vinculados, pero perduran las imprecisiones con relación a la aplicación consistente del sistema.	compilación de datos requiere un trabajo significativo.
Consistencia	Este ha sido avanzado para ser compacto con las ISO 14040 y la ISO 14044.	El procedimiento es compacto con varios métodos considerados y provee un buen modelo para el consumidor.	Los procedimientos deben ser compactos con otros procedimientos considerados como la ISO 14040 y la ISO 14044.	Se fundamenta en 14040, 14044, 14020, 14025 y 14064.
Intereses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procedimiento más anticuado empleado como fundamento para otros.</li> <li>- Abundantes pruebas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprobación universal sobre esta perspectiva.</li> <li>- En progreso por lo que incorporará la última postura universal pactada sobre cuestiones determinadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perspectiva fraccionada por medio de una directiva colateral con Anexos que describen los PCR.</li> <li>- Perspectiva multicriterio.</li> <li>- Coherencia con una política de mayor jerarquía.</li> <li>- Disposición de un sustento de datos gratis y verificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo de normalización.</li> <li>- Repartido en dos modelos (uno enfocado a la estimación, el otro enfocado a las condiciones de comunicación).</li> </ul>

Fuente: (Quantis, Ernst, & Young, 2010).



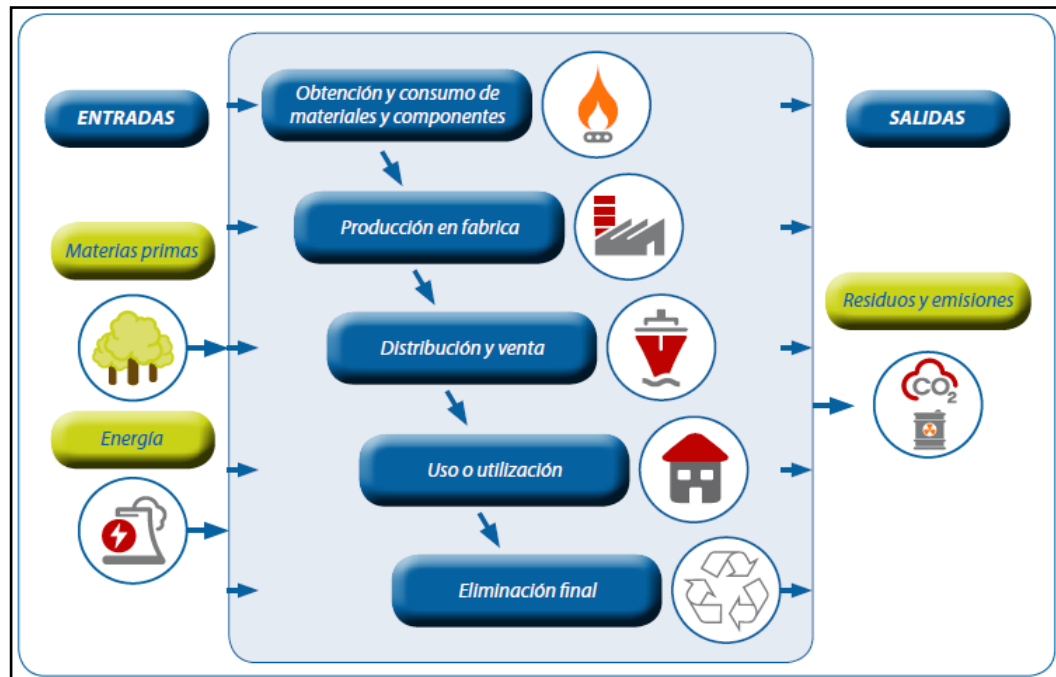
## **2.11 GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)**

Es aquella organización internacional encomendada de estimar los conocimientos relacionados al cambio climático. En 1988, este equipo se fijó por la OMM y el PNUMA, con el fin de suministrar a los grados jurisdiccionales normativos valoraciones en intervalos de tiempo sobre el fundamento científico del cambio climático, sus efectos y próximas exposiciones, así como las alternativas que hay para adecuarse al mismo y disminuir sus consecuencias. Por otro lado, las valoraciones de este equipo otorgan un fundamento científico a los Estados, en todos los rangos, para el planteamiento de acciones vinculadas con el clima, y valen de soporte para los tratos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Clima y la CMNUCC. Esas valoraciones pueden ser útil para mostrar tendencias futuras relacionados al cambio climático fundamentados en diversos supuestos, las exposiciones que implica el cambio climático y los efectos de las probables disposiciones de contestación al respecto, pero no para especificar las disposiciones que deben acoger los grados jurisdiccionales normativos (IPCC, 2013).

## **2.12 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

Es un método demasiado usado y declarado en la ISO 14040 según la compilación y valoración de los ingresos, salientes y los efectos ambientales con potencial del procedimiento de producto por medio de su ciclo de vida. Los resultados de los análisis de la valoración del ciclo de vida se sujetan demasiado de términos definidos del sistema en el que se concreta. El objetivo del método es realizar un contraste referente entre dos modos semejantes para suplementar un producto (IPCC, 2015).

Figura 5. Análisis de ciclo de vida y huella de carbono



Fuente: (Ihobe, 2009).

### 2.13 ECOEFICIENCIA

Es aquella doctrina organizadora que estimula a las compañías a averiguar progresos con enfoque ambiental, simultáneamente con los aprovechamientos económicos. Se focaliza en las conveniencias de despachos, y proporciona a las compañías ser más conscientes con el medio ambiente y más productivos. Cabe resaltar que promueve la novedad, y a la vez, el progreso y la competencia. Además, puede ser útil a las compañías como una vía para prosperar y aplicar satisfactoriamente maniobras de despachos que permitan lograr la sustentabilidad. Estas maniobras tendrán una vigorosa orientación en la novedad tecnológica y comunitaria, el compromiso y la diafanidad, y en la colaboración con otros sectores de la asociación con propósitos a lograr los fines instaurados (MINAM, 2009).

### **2.13.1 Objetivos de la ecoeficiencia**

- Reducir el consumo de recursos: Implica disminuir el gasto de recurso hídrico, recurso energético, insumos y empleo del suelo, incrementar el reaprovechamiento y la resistencia del producto y clausurar el ciclo de los insumos (MINAM, 2009).
- Reducir el impacto ambiental: Implica mitigar salidas, descargas y colocación de desechos, además implica el gasto razonable de los bienes nativos (MINAM, 2009).
- Suministrar más valor con el producto o servicio: Representa otorgar más aprovechamientos a los consumidores, a través de la operatividad, la permisividad y la modificación del producto, otorgando trabajos suplementarios y orientándose en entregar el resultado a las exigencias de los usuarios. De tal manera que el cliente pueda complacer sus exigencias, con una mínima cantidad de gastos de insumos y bienes (MINAM, 2009).

### **2.13.2 Criterios de la ecoeficiencia**

La explicación de ecoeficiencia abarca grandes fines comunitarios y finalidades con enfoque ambiental. Esto condujo a la acogida de siete perspectivas o tendencias fundamentales para progresar a la ecoeficiencia:

- Disminuir la magnitud del empleo de insumos.
- Disminuir la magnitud del empleo del recurso energético.
- Disminuir la salida de poluciones.
- Incrementar las probabilidades de reaprovechamiento.
- Optimizar el empleo de bienes que se puedan renovar en vez de los que no se puedan renovar.
- Incrementar la resistencia de los productos.
- Agrandar la magnitud de provecho de los productos.

Esta explicación está directamente alineada al pensamiento de productividad y gasto sustentable, que tiene que ser incluido dentro de una planificación más extensa (MINAM, 2009).

#### **2.14 MEJORA CONTINUA**

Es uno de los instrumentos fundamentales para incrementar la competencia en las agrupaciones. Esta doctrina se basa en el aprovechamiento de los bienes de la empresa, principalmente los bienes antrópicos y en la formación intrínseca. Cabe destacar que esta doctrina tiene que ser una forma de vivir dentro de la agrupación, es justamente esto lo que provoca que sea un instrumentopreciado y, al mismo tiempo, dificultoso de poner en práctica hasta el final de los efectos (Marin, Bautista, & Garcia, 2014).

### **3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se articuló con el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero, Calzado e Industrias Conexas (CITEccal Lima) del Instituto Tecnológico de la Producción ITP - red CITE, y una (01) empresa de calzado de seguridad. A partir de la base de datos de empresas del sector cuero y calzado del CITEccal Lima, que brinda servicios tecnológicos, se seleccionó una empresa que tiene potencial exportador. El acceso a la empresa se realizó a través de una solicitud por parte del CITEccal. EL CITEccal Lima brindó apoyo no monetario: recursos humanos y logísticos de la Unidad de I+D y de la Unidad de Asistencia Técnica y Capacitación.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó principalmente la información otorgada por la empresa de calzado de seguridad, la observación en la visita de campo realizada y las referencias bibliográficas. Se estudió dos (02) líneas de producción de calzado de seguridad dentro de la empresa, las cuales son: Goodyear Welt (GYW) y Poliuretano (PU). También, se consideró el período de estudio de un (01) año base, desde Marzo 2019 hasta Febrero 2020.

#### **3.1 METODOLOGÍA DE LA SECUENCIA DE TRABAJO**

La presente investigación comprendió las siguientes etapas:

- ETAPA 1: Entrevista al propietario de la empresa de calzado de seguridad.
- ETAPA 2: Recopilación de información para el estudio
- ETAPA 3: Reuniones virtuales con los encargados de cada proceso productivo
- ETAPA 4: Visita de campo para el análisis del proceso productivo
- ETAPA 5: Desarrollo del estudio de cálculo de huella de carbono de producto (HCP).

A continuación, se presenta la descripción de las etapas de la secuencia de trabajo.

### 3.1.1 Etapa 1: Entrevista al propietario de la empresa de calzado de seguridad

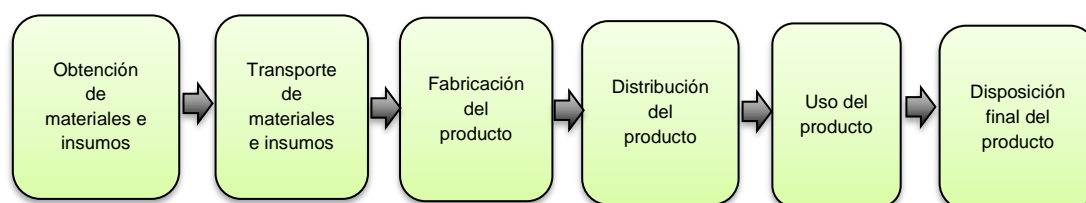
En esta etapa se realizó una entrevista al propietario de la empresa de calzado de seguridad para seleccionar las líneas de producción principales como parte del estudio. Se seleccionó las dos (02) líneas de producción más comerciales de la empresa de calzado de seguridad, estas fueron la línea Goodyear Welt (GYW) y línea Poliuretano (PU). También, se consideró el período de estudio de un (01) año base, desde Marzo 2019 hasta Febrero 2020.

### 3.1.2 Etapa 2: Recopilación de información para el estudio

Se solicitó la información documentaria enfocándose en las líneas de producción (Goodyear Welt y Poliuretano), en relación con el periodo de tiempo establecido y las cantidades de pares de calzado de seguridad producidos desde Marzo 2019 hasta Febrero 2020.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo general de los procesos del calzado de seguridad, para un mejor entendimiento y posteriores análisis.

*Figura 6. Procesos del calzado de seguridad*



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Cabe resaltar que se recopiló información respecto a los niveles de actividad correspondientes a cada fuente de emisión.

*Tabla 3. Procesos, fuentes de emisión y niveles de actividad identificados*

<b>Procesos</b>	<b>Fuentes de emisión</b>	<b>Niveles de actividad</b>
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	Cantidad y tipo de material.
Transporte de Materiales e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	Consumo de combustible, por tipo.
	Transporte de Insumos (Locales e importación)	Distancia recorrida y peso de la carga.
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	Consumo mensual de electricidad por equipos y/o máquinas y uso de luminarias.
	Generación de residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos.
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	Consumo de combustible, por tipo.
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos.
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos.

Fuente: Elaboración Propia basada en la guía técnica “Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI” (MINAM, 2021).

### **3.1.3 Etapa 3: Reuniones virtuales con los encargados de cada proceso productivo**

Las reuniones con los encargados de cada proceso productivo de las líneas de producción (Goodyear Welt y Poliuretano) se realizaron de manera virtual a través de la plataforma Google Meet. El objetivo de estas reuniones virtuales fue recopilar información complementaria respecto al proceso productivo de los calzados de seguridad.

### **3.1.4 Etapa 4: Visita de campo para el análisis del proceso productivo**

La visita de campo se realizó el día jueves 25 de noviembre del 2021, el objetivo fue levantar y validar la información suministrada por la empresa. Se identificó las entradas y salidas en el proceso de fabricación de los calzados de seguridad de la línea Goodyear Welt y línea Poliuretano. Se identificó los materiales e insumos utilizados, las máquinas y/o equipos utilizados; y residuos y/o emisiones generadas.

### **3.1.5 Etapa 5: Desarrollo del estudio de cálculo de huella de carbono de producto (HCP)**

Se desarrolló el estudio de cálculo de huella de carbono de producto de las dos (02) líneas de producción más comerciales de la empresa de calzado de seguridad, estas fueron la línea Goodyear Welt (GYW) y línea Poliuretano (PU), y se consideró el periodo de estudio de un (01) año base, desde Marzo 2019 hasta Febrero 2020.

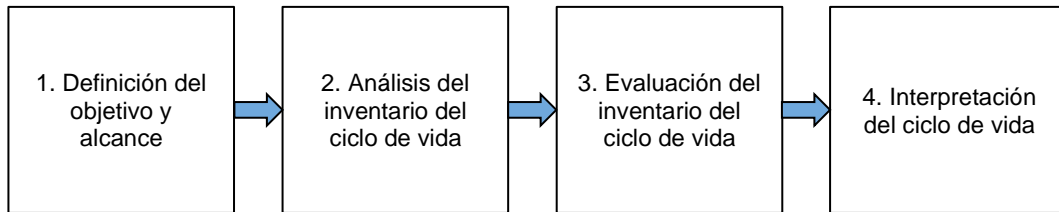
## **3.2 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO**

Para el presente estudio se utilizó como referencia la norma ISO 14067:2018 (Gases de efecto invernadero - Huella de carbono de productos - Requisitos y directrices para cuantificación). Respecto a la metodología de cálculo de las emisiones GEI se utilizó como referencia la guía técnica "Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI" (MINAM, 2021), y se identificó aquellas fuentes de emisión asociados a los procesos del ciclo de vida del calzado de seguridad. Además, se utilizó otras fuentes como el IPCC (2006) y UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (2021).

Siguiendo la norma ISO 14067:2018, un estudio de la Huella de carbono de productos debe incluir las cuatro fases de Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Definición de objetivo y alcance del estudio, Análisis del Inventario del ciclo de vida (AICV), Evaluación del inventario del ciclo de vida (EICV), y la Interpretación del ciclo de vida.



*Figura 7. Fases de Análisis de Ciclo de Vida*



Fuente: (ISO 14067, 2018).

Por otro lado, en el presente estudio también se incluyó la descripción de la empresa de calzado de seguridad, así como el límite organizacional y operacional.

### **3.2.1 Fases de análisis de ciclo de vida - ISO 14067:2018**

#### **3.2.1.1 Definición del objetivo y el alcance**

En el presente estudio, se consideró las razones para llevar a cabo el estudio de la huella de carbono de producto, además, se estableció la unidad funcional, los límites del sistema, el límite temporal de los datos y los supuestos para la etapa de uso y etapa de disposición final.

#### **3.2.1.2 Análisis del inventario del ciclo de vida y evaluación del inventario del ciclo de vida**

Para el análisis del inventario del ciclo de vida, se realizó la visita a la empresa para la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos. También, se identificó los procesos productivos del calzado de seguridad y se solicitó información documentaria emitida por la empresa. Además, se analizó los procesos, los insumos utilizados y los flujos de entrada y salida respectivos.

Para la evaluación del inventario del ciclo de vida, se utilizó como referencia principalmente la guía técnica “Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI” (MINAM, 2021), para la metodología de cálculo de las emisiones GEI y se identificó aquellas fuentes de emisión asociados a los procesos del ciclo de vida

del calzado de seguridad. Al mismo tiempo, se utilizó otras fuentes como el IPCC (2006) y UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (2021), para la búsqueda de factores de emisión complementarios. Para el presente estudio, la cuantificación de las emisiones GEI se expresó en Kg CO<sub>2</sub>eq. La medición de la huella de carbono del calzado de seguridad se realizó con la ayuda del programa Microsoft Excel.

### **3.2.1.3 Interpretación del ciclo de vida**

Para la interpretación del ciclo de vida se realizó la identificación de los aspectos más importantes en base a los resultados de la cuantificación de la HCP de acuerdo con las fases de análisis del inventario del ciclo de vida y evaluación del inventario del ciclo de vida. Adicionalmente, se formularon las conclusiones y se planteó medidas de ecoeficiencia que ayude en la disminución de la huella de carbono del calzado de seguridad.

#### **4. CAPÍTULO IV. CÁLCULOS, Y/O APLICACIONES Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS**

##### **4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

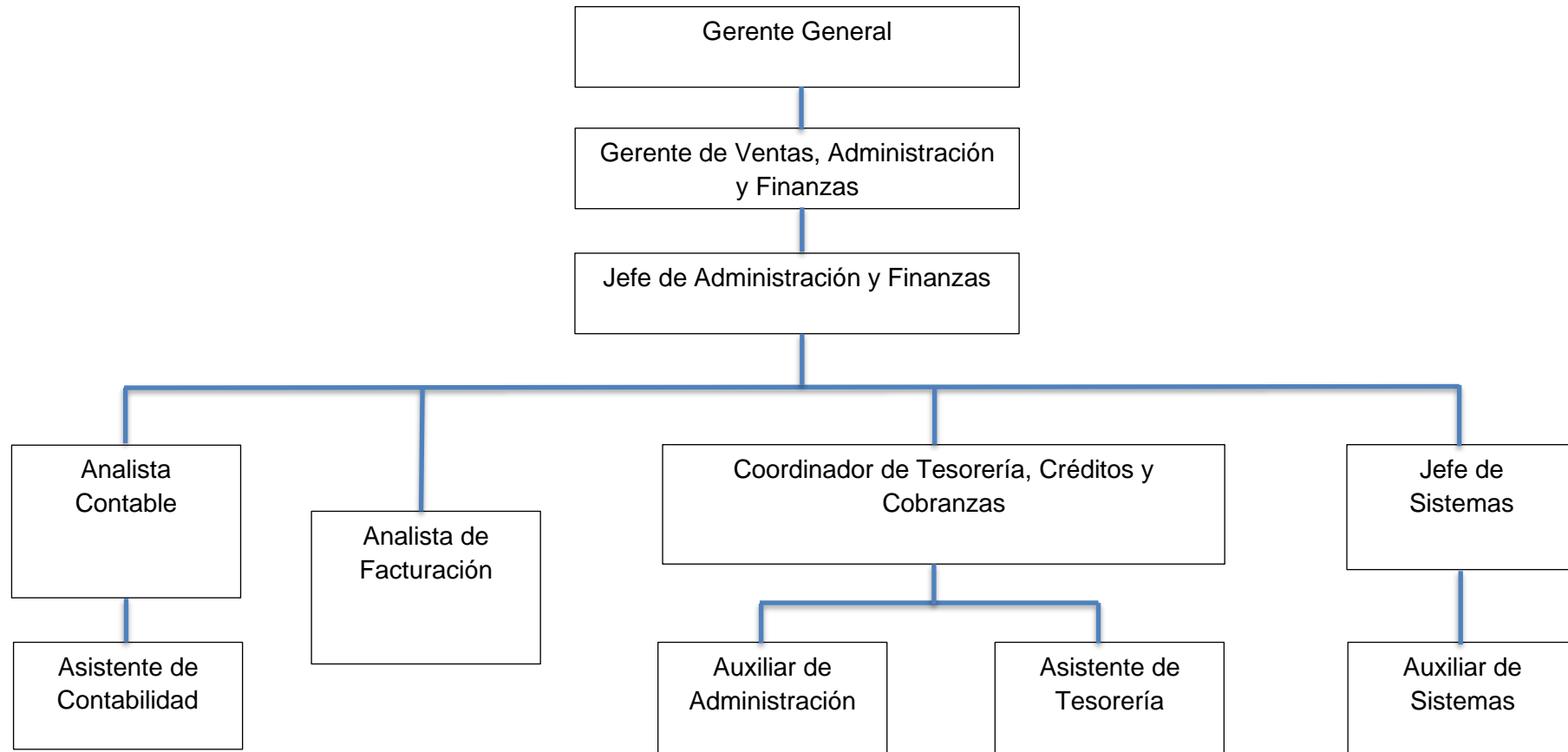
Por solicitud de la empresa, se mantuvo en reserva los datos que la identifican. A continuación, se describe el límite organizacional y operacional de la organización.

###### **4.1.1 Determinación del límite organizacional**

Se estableció el límite organizacional de la empresa de calzado de seguridad para determinar las áreas sobre las cuales la empresa tiene control.

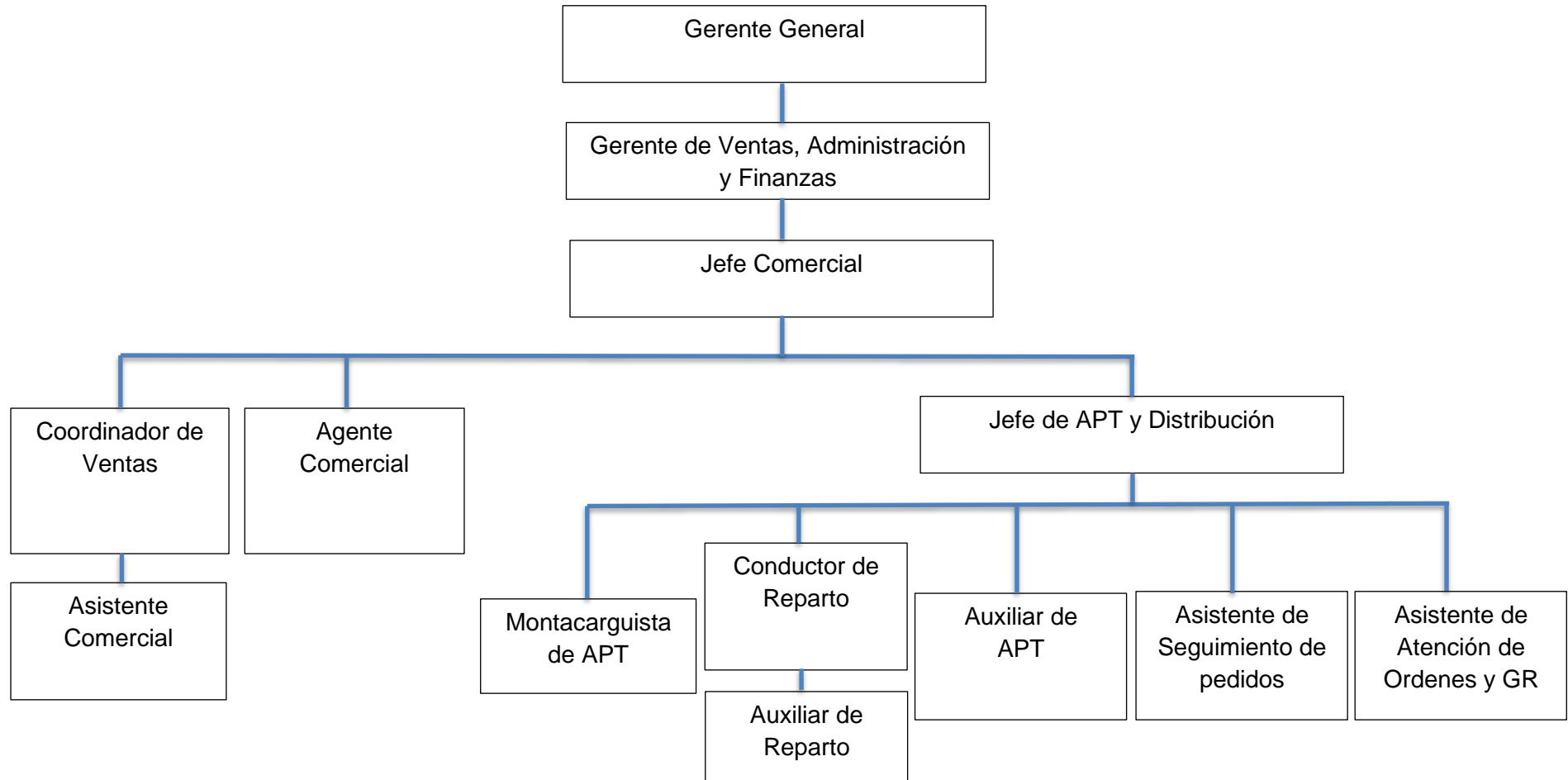
A continuación, se presenta el Organigrama del Área de Administración y Finanzas, Área Comercial, Área de Gestión Humana y Área de Operaciones.

Figura 8. Organigrama del Área de Administración y Finanzas



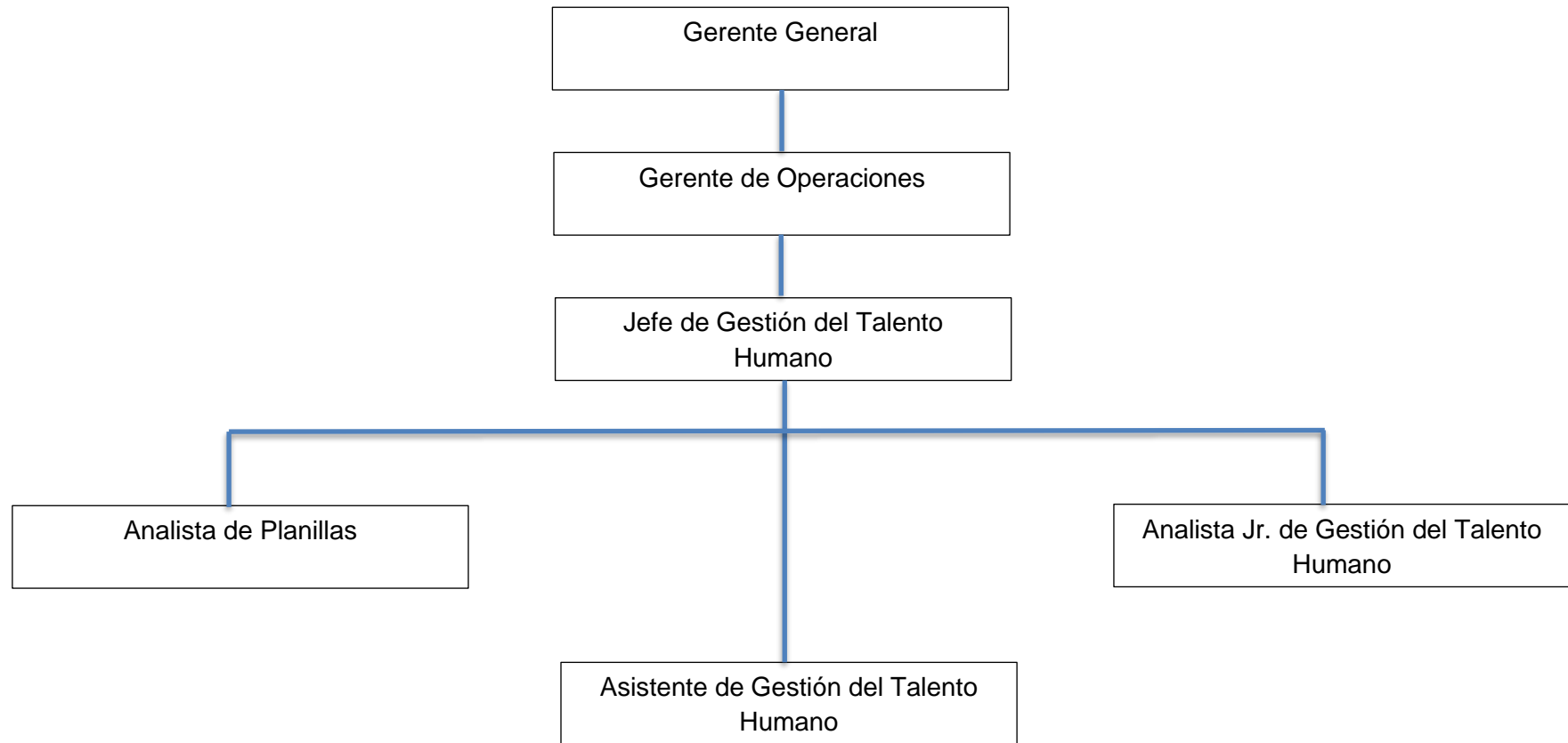
Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Figura 9. Organigrama del Área Comercial



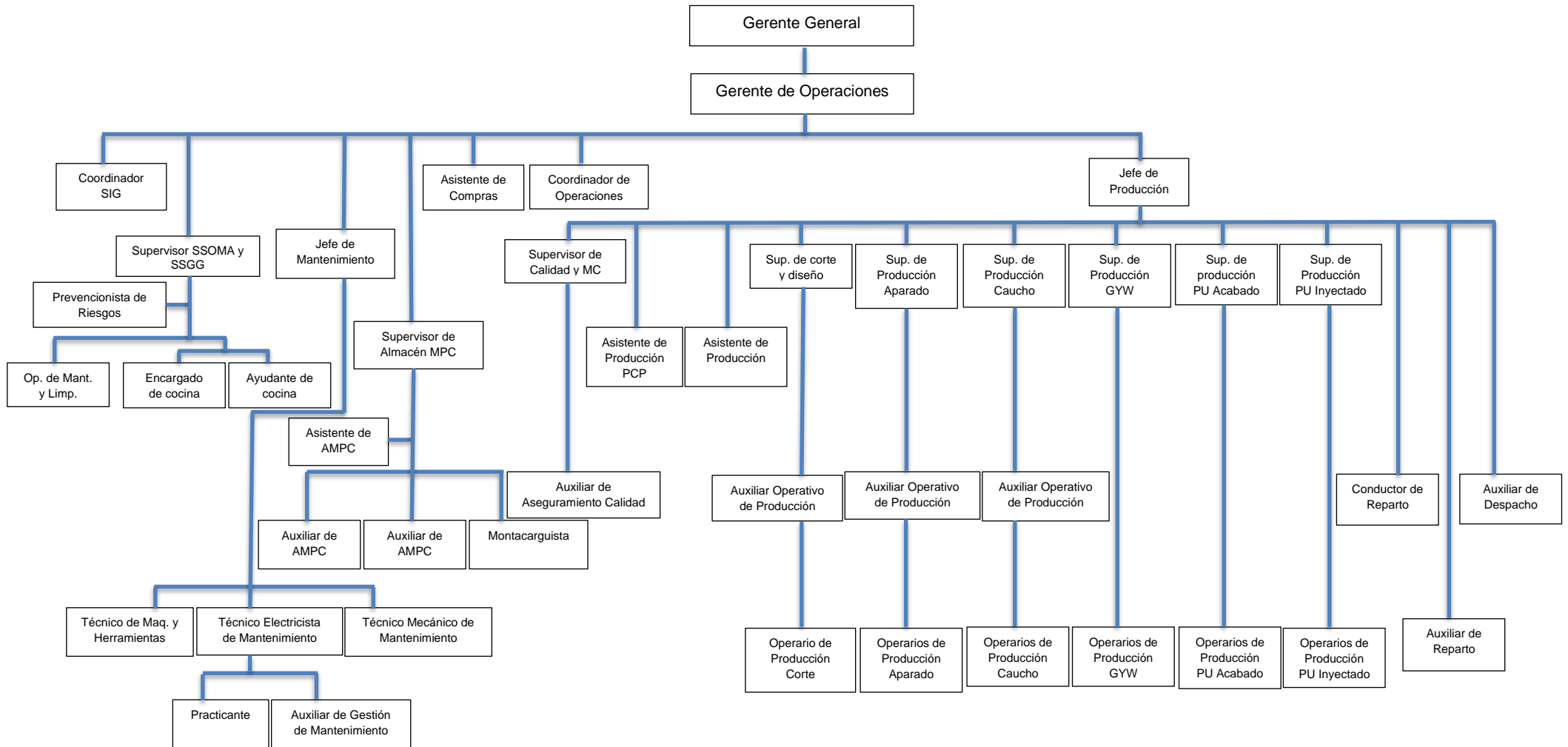
Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Figura 10. Organigrama del Área de Gestión Humana



Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Figura 11. Organigrama del Área de Operaciones



Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

#### **4.1.2 Determinación del límite operacional**

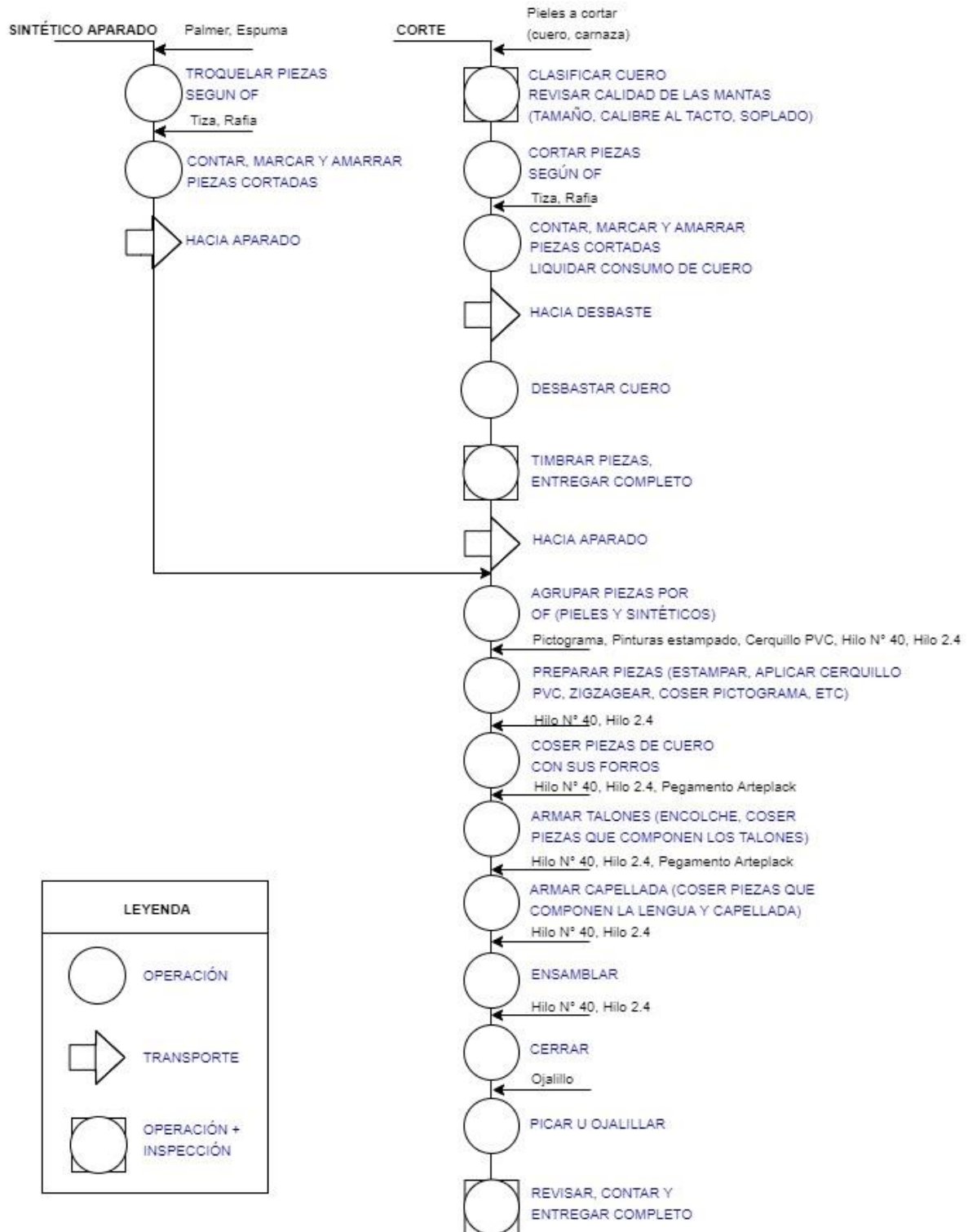
En el límite operacional se consideró los procesos productivos de la línea Goodyear Welt (GYW) y línea Poliuretano (PU) de la empresa de calzado de seguridad.

##### **4.1.2.1 Proceso productivo de la línea Goodyear Welt (GYW)**

A continuación, se presentan los siguientes flujogramas para un mejor entendimiento del proceso productivo correspondiente a la línea de producción Goodyear Welt.

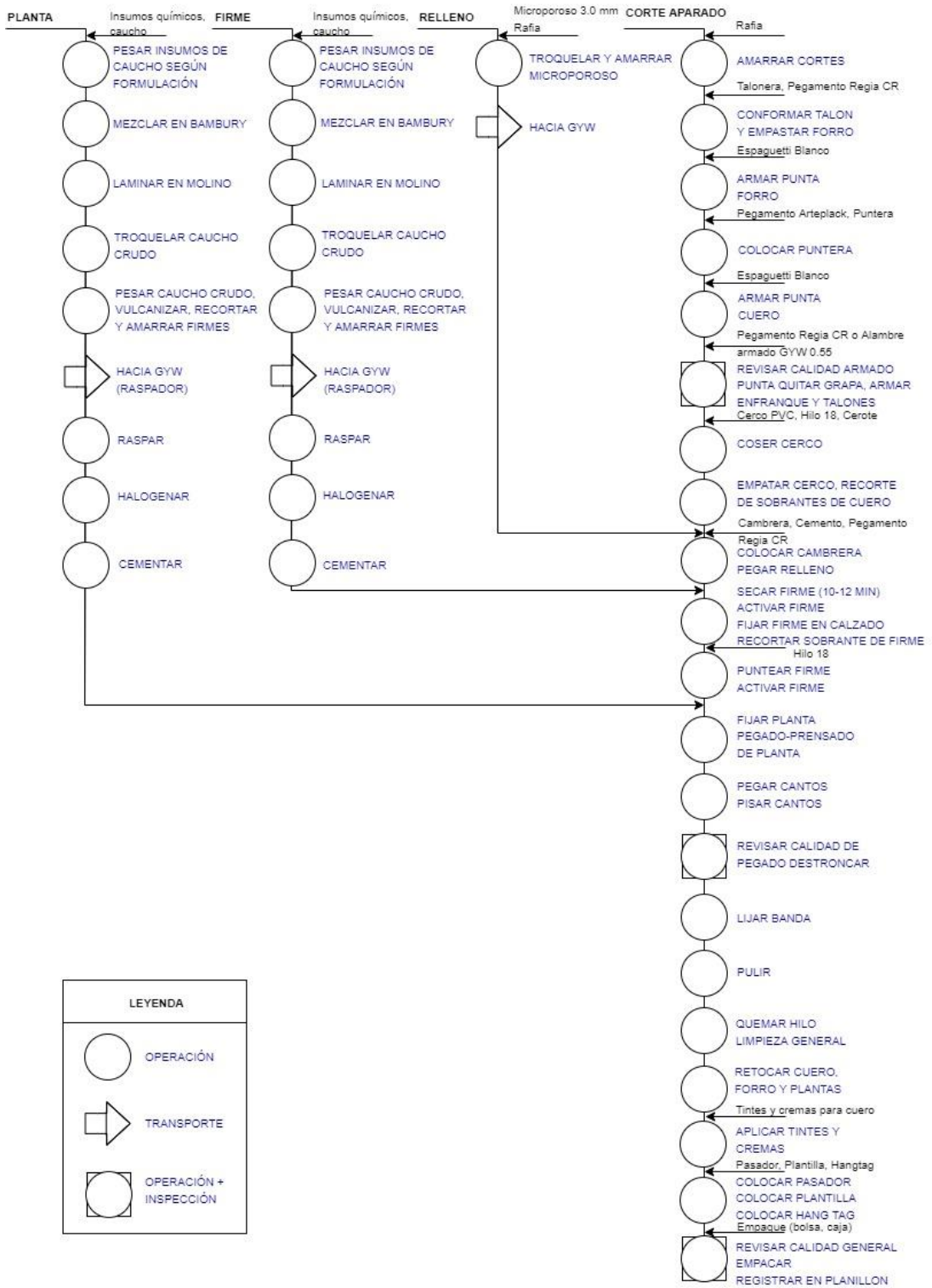


Figura 12. Flujoograma del proceso de corte y aparado



Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Figura 13. Flujoograma del proceso de armado o montado, acabado y almacenamiento de producto terminado (Línea Goodyear Welt)

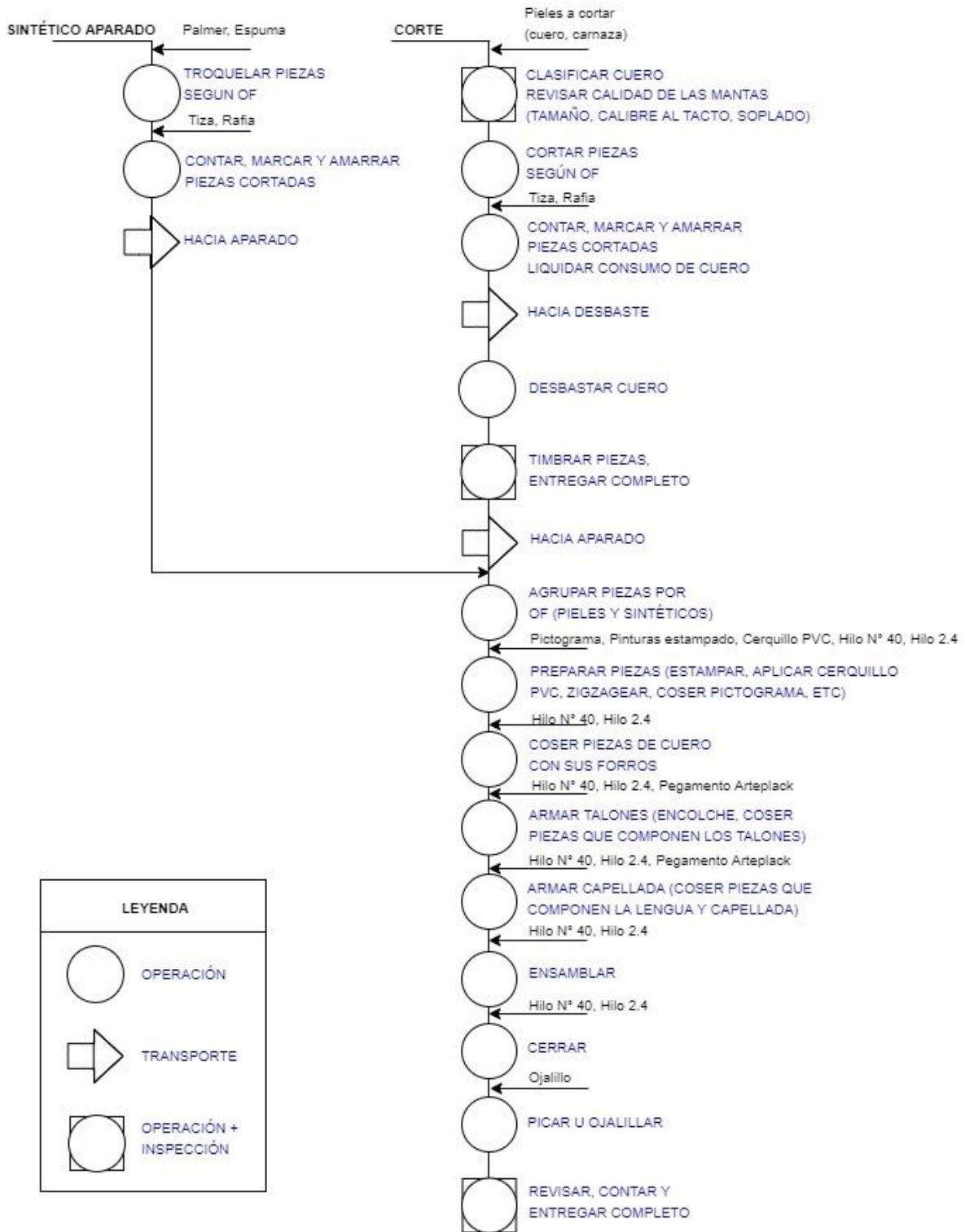


Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

#### **4.1.2.2 Proceso productivo de la línea Poliuretano (PU)**

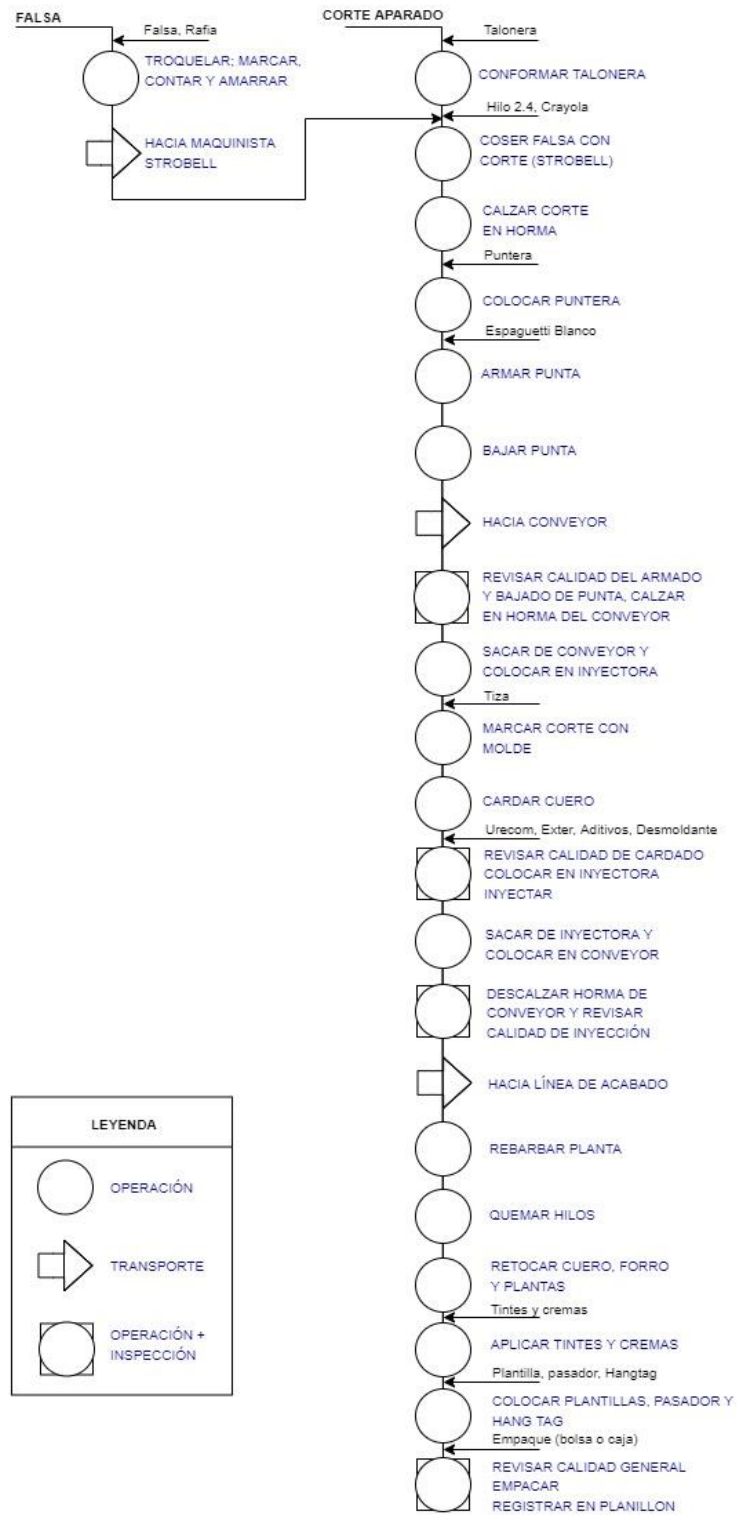
A continuación, se presentan los siguientes flujogramas para un mejor entendimiento del proceso productivo correspondiente a la línea de producción Poliuretano.

Figura 14. Flujoograma del proceso de corte y aparado



Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Figura 15. Flujoograma del proceso de armado o montado, acabado y almacenamiento de producto terminado (Línea Poliuretano)



Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

## **4.2 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE**

### **4.2.1 Definición del objetivo**

El objetivo del presente estudio es calcular la huella de carbono de calzado de seguridad correspondiente a las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano de una (01) empresa de calzado de seguridad y así contribuir a cuantificar las emisiones GEI significativas durante el ciclo de vida de los productos respectivos.

A continuación, se define las razones por las que se realizó el estudio de huella de carbono de producto.

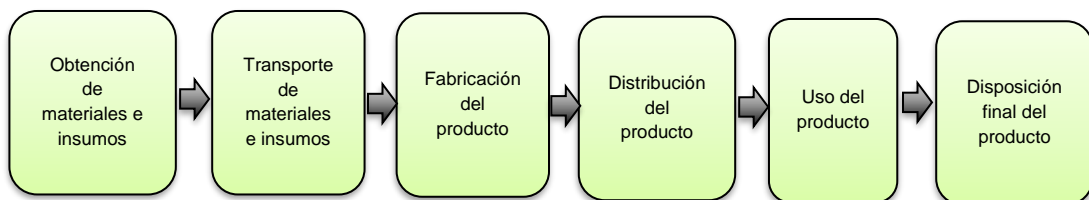
Actualmente, la empresa de calzado de seguridad que participó en el presente trabajo de investigación, tiene implementado la ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 y la ISO 37001:2016. Además, se interesó por lograr mejorar su desempeño y fue consciente del problema ambiental, por lo tanto, decidió asumir su responsabilidad en materia ambiental y para ello optó por medir la huella de carbono de dos (02) líneas de producción de calzado de seguridad. Para lograr el objetivo, se cuantificó e identificó los procesos y fuentes de emisión que generan mayores emisiones GEI. Posterior al análisis, se propuso adoptar medidas de ecoeficiencia para controlar y reducir la huella de carbono de los productos analizados, de tal forma que permitan a la empresa obtener nuevas oportunidades y a la vez ser responsables ambientalmente buscando posicionarse como una de las empresas del sector cuero y calzado que midió sus impactos ambientales de los productos que fabrica.

### **4.2.2 Definición del alcance**

Para definir el alcance de este estudio, se procedió a definir los siguientes criterios:

- ✓ La unidad funcional: Dado que se seleccionó dos (02) de los productos de una empresa de calzado de seguridad, se definió las siguientes unidades funcionales (UF).
  - Un par de calzado de seguridad de la línea Goodyear Welt
  - Un par de calzado de seguridad de la línea Poliuretano
  
- ✓ Límites del sistema: En el estudio se calculó la huella de carbono de calzado de seguridad correspondiente a las líneas de producción Goodyear Welt y Poliuretano, se adoptó el enfoque llamado “De la cuna a la tumba”. A continuación, se presenta un diagrama de flujo de los procesos del calzado de seguridad, para un mejor entendimiento y posteriores análisis.

*Figura 16. Procesos del calzado de seguridad*

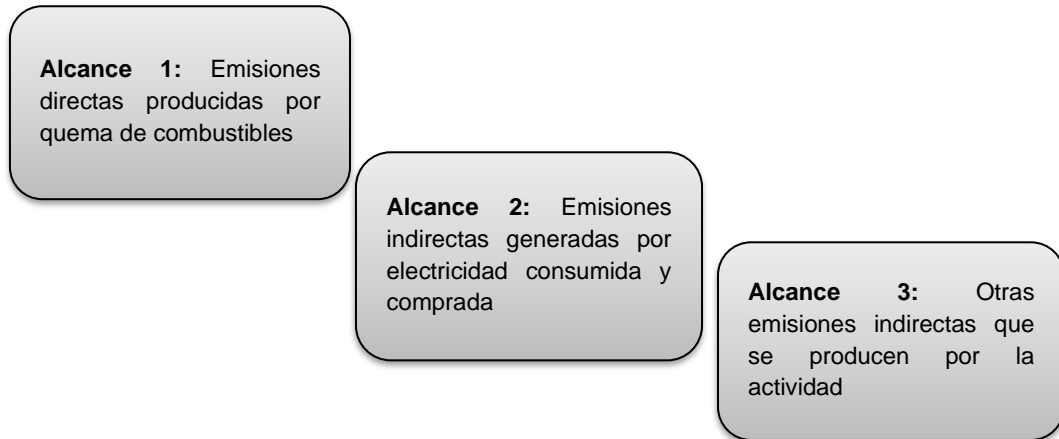


Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Por otro lado, para la huella de carbono de un producto, se abarcó las emisiones directas producidas por quema de combustibles, emisiones indirectas generadas por electricidad consumida y comprada y otras emisiones indirectas que se producen por la actividad, además, se identificó las fuentes de emisión asociados a cada proceso del ciclo de vida del producto.

A continuación, se muestran los alcances en el cálculo de la huella de carbono.

Figura 17. Alcances en el cálculo de la huella de carbono



Fuente: (Acciona, 2019).

- ✓ Límite temporal de los datos: Período de estudio fue de un (01) año base, desde Marzo 2019 hasta Febrero 2020.
- ✓ Supuestos para la etapa de uso y etapa de disposición final: Se asumieron los siguientes escenarios:

**Escenario del uso del producto (calzado de seguridad):**

Según la empresa de calzado de seguridad, tanto el calzado de seguridad de la línea Goodyear Welt y de la línea Poliuretano fueron de uso para trabajos de:

- Construcción
- Logística
- Transporte terrestre
- Metal mecánica
- Minería
- Ventas de equipos y maquinarias
- Electricidad
- Vigilancia



Asimismo, en cuanto al mantenimiento que se le debería dar al calzado de seguridad durante su vida útil, la empresa de calzado de seguridad recomendó realizar una limpieza semanal utilizando productos como cepillo para pulir y betún.

Respecto a la vida útil de un calzado de seguridad, se consideró variable debido a que depende de otros factores como el uso y el mantenimiento que le da cada usuario al producto. Por esta razón, para fines de este estudio se consultó a la empresa de calzado de seguridad, respecto al tiempo en que sus clientes renuevan los calzados de seguridad, cuando estos dejan de cumplir con su funcionalidad, con el fin de estimar una vida útil promedio. A continuación, se presenta el siguiente cuadro en función a la información brindada por la empresa.

*Tabla 4. Tiempo de vida útil de un par de calzado de seguridad*

Tipo de Rubro	Tiempo de vida útil (meses)	Peso % (según las ventas)	Promedio
Construcción	4	0.50	2
Logística	6	0.04	0.24
Transporte terrestre	6	0.04	0.24
Metal mecánica	4	0.04	0.16
Minería	6	0.10	0.6
Ventas de equipos y maquinarias	8	0.04	0.32
Electricidad	6	0.04	0.24
Vigilancia	4	0.20	0.8
<b>Tiempo de vida útil promedio (meses)</b>			<b>4.6</b>

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Las emisiones indirectas de GEI fueron asociadas principalmente a la generación de residuos sólidos del mantenimiento, durante su uso, del calzado de seguridad, en la cual se tomó en cuenta la frecuencia del mantenimiento durante el tiempo de vida útil del producto.

**Escenario de la disposición final producto (calzado de seguridad):**

Respecto a la disposición final de los calzados de seguridad, se consideró variable debido a que depende del tipo de tratamiento que los consumidores le dan al producto después del uso. Por esta razón, para fines de este estudio se realizó las consultas a una empresa que adquirió calzados de seguridad para sus trabajadores, que afirmó que la empresa vende los calzados de seguridad a un chatarrero al final de su vida útil. Por tal motivo, para el cálculo de las emisiones GEI del proceso de disposición final del calzado de seguridad, solo se tomó en cuenta los residuos sólidos, al final de la vida útil, de los componentes de los calzados de seguridad vendidos sin considerar las suelas de los calzados (componente reciclado por el chatarrero) y tampoco el envase de cartón. Los componentes al ser reciclados pasan a un proceso productivo diferente y por ende vuelven a ser tomados como materia prima.

**4.3 ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA Y EVALUACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA****4.3.1 Análisis de los flujos de entrada y salida de los procesos del calzado de seguridad**

Se realizó el análisis de flujo de entrada y salida de los procesos del calzado de seguridad de manera referencial. Cabe resaltar que, se consideraron los mismos procesos para las dos líneas de producción (Goodyear Welt y Poliuretano), pero difieren en algunas características como cantidades y tipos de materiales empleados y cantidades de residuos generados, entre otros.

- **Obtención de materiales e Insumos**

En este proceso de obtención de materiales e insumos, se calculó las emisiones GEI asociadas a los materiales de extracción, procesamiento primario, fabricación y transporte hasta el punto de venta.

*Figura 18. Diagrama de flujo para el proceso de obtención de materiales e insumos*



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

- **Transporte de materiales e insumos**

Para la fabricación del calzado de seguridad, todos los insumos fueron adquiridos de proveedores nacionales (locales) e internacionales (importación).

Según la empresa de calzado de seguridad que formó parte del estudio, indicó que el transporte de materiales e insumos se realizó usando tanto transporte propio de la empresa (Diésel B5 S50) como la distribución tercerizada por parte de los proveedores (locales e importación).

Figura 19. Diagrama de flujo para el proceso de transporte de materiales e insumos



Fuente: Elaboración Propia, 2022

#### ▪ **Fabricación del producto**

Respecto a la fabricación del producto, este incluyó los siguientes subprocesos: Corte, aparado, armado o montado, acabado y almacenamiento de producto terminado. A continuación, se presenta el análisis de los flujos de entrada y salida respectivos.

#### **Corte**

En esta área se realizó el corte de sintéticos, mediante troquelado de puente, además se realizó corte de cuero, mediante troquelado de bandera. También se realizó corte de falsas.

Figura 20. Diagrama de flujo para el subproceso de corte



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

### **Aparado**

En esta área se colocó un pictograma en la lengüeta haciendo uso de una máquina transfer. A la lengua se le colocó una tampografía (colocación de la marca). Luego pasó por proceso de costura en máquinas normales y automáticas. También se realizaron orificios pequeños al material.

*Figura 21. Diagrama de flujo para el subproceso de aparado*



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

### **Armado o Montado**

En esta área se realizó actividades para ajustar y moldear el corte preparado en torno a una horma. También, se colocó el contrafuerte haciendo uso de la máquina conformadora de talones. Al mismo tiempo, se empastó los laterales con el pegamento esprayable, se pegaron los forros con el cuero a la medida. Además, se realizó el ensuelado del calzado.

Figura 22. Diagrama de flujo para el subproceso de armado o montado



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

### **Acabado**

Esta área está enfocada a realzar la apariencia externa del calzado. Se realizaron aquellas actividades al final del proceso de producción como limpieza, acondicionamiento y reparado, también se aplicó tintas o cremas para sacar brillo, se sopleteó otra crema encima. Se colocó plantilla, pasador y otros materiales complementarios del calzado.

Figura 23. Diagrama de flujo para el subproceso de acabado



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

### **Almacenamiento de Producto Terminado**

En esta área, el calzado se colocó dentro de una bolsa para su empaque y finalmente se colocó dentro de una caja de cartón.

Figura 24. Diagrama de flujo para el subproceso de almacenamiento de producto terminado



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### ▪ **Distribución del producto**

Este proceso consistió en la distribución de productos a las diferentes plazas o puntos de venta para la disposición a los consumidores. Se transportó el producto haciendo uso de combustibles como: Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50.

Figura 25. Diagrama de flujo para el proceso de distribución del producto



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### ▪ **Uso del producto**

En este proceso, el consumidor final o usuario final adquirió el producto final (calzado de seguridad), el cual también generó emisiones de manera indirecta asociadas al mantenimiento durante la vida útil del producto.

Figura 26. Diagrama de flujo para el proceso de uso del producto



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### ▪ **Disposición final del producto**

En este proceso, cuando el calzado de seguridad llegó a su fin de vida se realizó la disposición final del producto.

Figura 27. Diagrama de flujo para el proceso de disposición final del producto



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

### 4.3.2 Elaboración del inventario del ciclo de vida

Para la elaboración del inventario se identificó las siguientes fuentes de emisión, las cuales fueron categorizadas según su alcance, y se identificó las fuentes de emisión asociados a cada proceso del ciclo de vida del producto. Además, se identificó los niveles de actividad respectivos.



Tabla 5. Procesos, fuentes de emisión, alcances y niveles de actividad identificados

Procesos	Fuentes de emisión	Alcances	Niveles de actividad
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	3	Cantidad y tipo de material.
Transporte de Materiales e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1	Consumo de combustible, por tipo.
	Transporte de Insumos (Locales e importación)	3	Distancia recorrida y peso de la carga.
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	2	Consumo mensual de electricidad por equipos y/o máquinas y uso de luminarias.
	Generación de residuos sólidos	3	Cantidad y tipo de residuos.
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	1	Consumo de combustible, por tipo.
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	3	Cantidad y tipo de residuos.
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	3	Cantidad y tipo de residuos.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

### 4.3.3 Evaluación del inventario del ciclo de vida

#### 4.3.3.1 Cuantificación de emisiones del proceso de obtención de materiales e insumos

a) **Fuente de emisión:** Uso de material

- **Gases de Efecto Invernadero:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O emisiones indirectas

- Emisiones por uso de material (Alcance 3)

Para la estimación de las emisiones por los materiales e insumos adquiridos, los cuales fueron hechos de diferentes materiales, se realizó la sumatoria de los datos de actividad para cada insumo (toneladas de material adquirido) multiplicados por el factor de conversión respectivo para producir las emisiones de material

adquirido. Respecto a los materiales primarios, los factores cubrieron los materiales de extracción, procesamiento primario, fabricación y transporte hasta el punto de venta (UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, 2021). Por lo tanto, se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Emisiones GEI} = \sum_i (\text{Data actividad } i \times \text{FE } i)$$

Donde:

- Emisiones GEI = Emisiones de Kg CO<sub>2</sub>eq.
- Data actividad  $i$  = Peso del tipo de material adquirido  $i$ . Se expresó en t.
- FE  $i$  = Factor de emisión, según el tipo material adquirido  $i$ . Se expresó en Kg CO<sub>2</sub>eq / t.

A continuación, se presenta los siguientes valores utilizados:

*Tabla 6. Factores de emisión según el tipo de material adquirido*

Tipo de material adquirido <sup>1</sup>	Factores de emisión (Kg CO <sub>2</sub> eq / t) <sup>2</sup>
Plastics: average plastic film	2 574.16
Metal: steel cans	3 100.64
Paper and board: paper	919.4
Clothing	22 310.00

Fuente: (UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, 2021).

*Tabla 7. Factores de emisión referenciales según el tipo de material adquirido*

Tipo de material adquirido	Factores de emisión (Kg CO <sub>2</sub> eq / t) <sup>3</sup>
Cuero de vaca	123.5714
Pegamento	791.5294
Solventes	2288.824

Fuente: (Rivera, 2013).

<sup>1</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó como referencia los tipos de materiales adquiridos que presentan mayor similitud a los materiales e insumos utilizados para la fabricación de los calzados de seguridad.

<sup>2</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó los factores de emisión correspondientes a la producción de materiales primarios.

<sup>3</sup> Para fines del presente estudio, se tomó como referencia factores de emisión que se obtuvo mediante la relación de las emisiones GEI generadas por cantidad de material producido a partir de los resultados obtenidos del trabajo de investigación "Water, energy and carbon footprints of a pair of leather shoes" (Rivera, 2013).

Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 fueron 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de obtención de materiales e insumos, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

*Tabla 8. Total de emisiones GEI del proceso de obtención de materiales e insumos (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	3	395 659.83	8.38	818 316.98	10.53

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

A continuación, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de obtención de materiales e insumos, en Kg CO<sub>2</sub>eq, de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

*Tabla 9. Total de emisiones GEI del proceso de obtención de materiales e insumos de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	3	3.54	8.38	3.07	10.53

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### 4.3.3.2 Cuantificación de emisiones del proceso de transporte de materiales e insumos

a) **Fuente de emisión:** Transporte propio (Diésel B5 S50)

- **Gases de Efecto Invernadero:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O emisiones directas - combustión fuente móvil

- Emisiones por uso del transporte propio (Alcance 1)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), se realizó los siguientes pasos:

**Paso 1: Cálculo del consumo de energía:** Se basó en calcular el consumo de combustible en TJ. A continuación, se presenta la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo TJ } \alpha = \sum (\text{Consumo Combustible } \alpha \times \text{VCN } \alpha)$$

Donde:

- Consumo TJ  $\alpha$  = Consumo en TJ, al año, por tipo de combustible para transporte.
- Consumo Combustible  $\alpha$  = Combustible consumido en cada transporte por tipo (gal, m<sup>3</sup>, t).
- VCN  $\alpha$  = Valor calórico neto por tipo de combustible.

**Paso 2: Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>:** Se basó en calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI CO}_2 \alpha = \text{Consumo TJ } \alpha \times \text{FE } \alpha$$

Donde:

- Emisiones GEI CO<sub>2</sub>  $\alpha$  = Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en tCO<sub>2</sub> / año.
- Consumo TJ  $\alpha$  = Consumo en TJ por tipo de combustible ( $\alpha$ ).
- FE  $\alpha$  = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible quemado.

**Paso 3: Cálculo de emisiones de CH<sub>4</sub>:** Se basó en calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> por tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI CH}_4 \alpha = \text{Consumo TJ } \alpha \times \text{FE } \alpha$$

Donde:

- Emisiones GEI CH<sub>4</sub>  $\alpha$  = Emisiones de CH<sub>4</sub> por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en tCH<sub>4</sub> / año.
- Consumo TJ  $\alpha$  = Consumo en TJ por tipo de combustible ( $\alpha$ ).
- FE  $\alpha$  = Factor de emisión de CH<sub>4</sub> por tipo de combustible quemado.

**Paso 4: Cálculo de emisiones de N<sub>2</sub>O:** Se basó en calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O por tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI N}_2\text{O } \alpha = \text{Consumo TJ } \alpha \times \text{FE } \alpha$$

Donde:

- Emisiones GEI N<sub>2</sub>O  $\alpha$  = Emisiones de N<sub>2</sub>O por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en tN<sub>2</sub>O / año.
- Consumo TJ  $\alpha$  = Consumo en TJ por tipo de combustible ( $\alpha$ ).

- $FE_{\alpha}$  = Factor de emisión de  $N_2O$  por tipo de combustible quemado.

**Paso 5: Cálculo del total de emisiones directas de GEI:** Se basó en calcular el total de las emisiones GEI producidas por el tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI}_{\alpha} = \sum (\text{Emisiones GEI CO}_2_{\alpha} + \text{Emisiones GEI CH}_4_{\alpha} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} + \text{Emisiones GEI N}_2\text{O}_{\alpha} \times \text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}})$$

Donde:

- Emisiones GEI = Emisiones GEI por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en  $t\text{CO}_2\text{eq}^4$ .
- $\text{GWP}_{\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}}$  = Potencial de calentamiento global por tipo de gas.

A continuación, se presenta los siguientes valores utilizados:

*Tabla 10. Potencial de calentamiento global por tipo de gas*

$\text{GWP}_{\text{CO}_2}$	$\text{GWP}_{\text{CH}_4}$	$\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}}$
1	30	265

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

*Tabla 11. Porcentaje de composición del combustible Diésel B5 S50*

Diésel B5 S50	
Diésel	95%
Biodiésel	5%

Fuente: (MINAM, Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II., 2020).

<sup>4</sup> Para fines del presente estudio, se realizó la conversión a  $\text{Kg CO}_2\text{eq}$ .

Tabla 12. Valores Caloríficos Netos (VCN) del combustible Diésel B5 S50

Tipo de Combustible	VCN	Unidad
Diesel	1.35E-04	TJoule/galón
Biodiesel (Biocombustible)	9.05E-05	TJoule/galón

Fuente: (MINAM, Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II., 2020).

Tabla 13. Factores de emisión CO<sub>2</sub> del combustible Diésel B5 S50

Tipo de Combustible	Factor de emisión	Unidad
Diesel	74100	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule
Biodiesel (Biocombustible)	70800	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule

Fuente: (MINAM, Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II., 2020).

Tabla 14. Factores de emisión CH<sub>4</sub> del combustible Diésel B5 S50

Tipo de Combustible	Factor de emisión	Unidad
Diesel	3.9	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule
Biodiesel (Biocombustible)	3	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Tabla 15. Factores de emisión N<sub>2</sub>O del combustible Diésel B5 S50

Tipo de Combustible	Factor de emisión	Unidad
Diesel	3.9	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule
Biodiesel (Biocombustible)	0.60	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

b) **Fuente de emisión:** Transporte de insumos (locales e importación)

- **Gases de Efecto Invernadero:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O emisiones indirectas - combustión fuente móvil

- Emisiones por transporte de insumos - locales e importación (Alcance 3)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones GEI} = (\sum_i \text{Peso}_i \times \text{Distancia}_i) \times \text{FE}$$

Donde:

- Emisiones GEI = Emisiones de Kg CO<sub>2</sub>eq.
- Peso <sub>*i*</sub> = Peso transportado por viaje <sub>*i*</sub>. Se expresó en t.
- Distancia = Distancia recorrida, por el viaje <sub>*i*</sub>. Se expresó en Km. La suma total de los productos entre el peso y la distancia refiere la actividad anual.
- FE = Factor de emisión, según el tipo transporte usado. Se expresó en Kg CO<sub>2</sub>eq / Km\*t.

A continuación, se presenta los siguientes valores utilizados:

*Tabla 16. Factor de emisión según el tipo de transporte camión rígido en general*

Transporte de insumos	Modo de transporte de carga	Factor de emisión	Unidad
Locales	Camión rígido en general	0.2540	Kg CO <sub>2</sub> eq / Km*t

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

*Tabla 17. Factor de emisión según el tipo de transporte barco de carga (general)*

Transporte de insumos	Modo de transporte de carga	Factor de emisión	Unidad
Importación	Barco de carga (general)	0.013232	Kg CO <sub>2</sub> eq / Km*t

Fuente: (UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, 2021).



Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 fueron 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de transporte de materiales e insumos, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

*Tabla 18. Total de emisiones GEI del proceso de transporte de materiales e insumos (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Transporte de Materiales e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1	1 436.05	0.03	3 165.10	0.04
	Transporte de Insumos (Locales e Importación)	3	5 603.97	0.12	7 907.13	0.10

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

A continuación, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de transporte de materiales e insumos, en Kg CO<sub>2</sub>eq, de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

*Tabla 19. Total de emisiones GEI del proceso de transporte de materiales e insumos de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Transporte de Materiales e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1	0.01	0.03	0.01	0.04
	Transporte de Insumos (Locales e Importación)	3	0.05	0.12	0.03	0.10

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### 4.3.3.3 Cuantificación de emisiones del proceso de fabricación del producto

a) **Fuente de emisión:** Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias).

▪ **Gases de Efecto Invernadero:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – emisiones indirectas

- Emisiones por el consumo de energía eléctrica (Alcance 2)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), se realizó los siguientes pasos:

**Paso 1: Consumo de electricidad:** Se basó en el registro del consumo de energía eléctrica<sup>5</sup> por cada área.

**Paso 2: Cálculo de emisiones GEI:** Se basó en calcular las emisiones GEI producidas por el consumo de energía eléctrica. Esta energía fue producida por el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

$$\text{Emisiones GEI}_{\text{por consumo electricidad}} = \text{Consumo de electricidad} \times \text{FE}_{\text{GEI}}$$

Donde:

- Consumo de electricidad = Se refiere al consumo de electricidad del SEIN en KWh / año o MWh / año, producida por un tercero.
- FE<sub>GEI</sub> = Factor de emisión por consumo de energía eléctrica del SEIN, por tipo de GEI.

---

<sup>5</sup> Para fines del presente estudio, se estimó el consumo de energía eléctrica solo de los equipos y/o máquinas utilizadas y por el uso de luminarias durante la fabricación del producto.

**Paso 3: Cálculo del total de emisiones GEI:** Se basó en calcular el total de las emisiones GEI, producidas por consumo de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

$$\text{Emisiones GEI} = \text{Emisiones CO}_2 + \text{Emisiones CH}_4 \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} + \text{Emisiones N}_2\text{O} \times \text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}}$$

Donde:

- Emisiones GEI = Se refiere a las emisiones GEI en tCO<sub>2</sub>eq<sup>6</sup>, producidas por consumo de energía eléctrica anual.
- GWP<sub>CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O</sub> = Potencial de calentamiento global, para metano fósil (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

A continuación, se presenta los siguientes valores utilizados en la ecuación:

*Tabla 20. Factores de emisión para la energía eléctrica*

Factor de emisión tCO <sub>2</sub> / MWh	Factor de emisión tCH <sub>4</sub> / MWh	Factor de emisión tN <sub>2</sub> O / MWh
0.168088403	0.000005552	0.00000066

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

*Tabla 21. Potencial de calentamiento global por tipo de gas*

GWP <sub>CO2</sub>	GWP <sub>CH4</sub>	GWP <sub>N2O</sub>
1	30	265

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

<sup>6</sup> Para fines del presente estudio, se realizó la conversión a Kg CO<sub>2</sub>eq.

b) **Fuente de emisión:** Generación de residuos sólidos durante el proceso de fabricación del calzado de seguridad.

▪ **Gases de Efecto Invernadero:** CH<sub>4</sub> – emisiones indirectas

- Emisiones por la generación de residuos sólidos (Alcance 3)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), la estimación para las emisiones de metano, por la generación de residuos sólidos (por condiciones anaeróbicas de disposición del material orgánico), se realizó los siguientes pasos:

**Paso 1: Cálculo de residuos degradables:** Se calculó la cantidad de residuos degradables, según su tipo, con la siguiente ecuación:

$$RRSS\_deg = \sum_i Residuos_i * DOC_i$$

Donde:

- Residuos<sub>i</sub> = Cantidad residuos, por tipo *i* en t/año.
- DOC<sub>i</sub> = Cantidad de carbono orgánico degradable por tipo de residuo *i*.

**Paso 2: Cálculo de emisiones indirectas de GEI:** se calcularon las emisiones indirectas GEI, mediante la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ GEI = RRSS\_deg * (1 - OX) * 16/12 * F * DOC_{fy} * MCF_y * e^{-kj(y-x)} * (1 - e^{-kj}) * GWP_{CH4}$$

Donde:

- Emisiones GEI = Se refiere a las emisiones GEI en Gg CO<sub>2</sub>eq<sup>7</sup>, por año.

<sup>7</sup> Para fines del presente estudio, se realizó la conversión a Kg CO<sub>2</sub>eq.

- OX = Fracción de oxidación
- F = Fracción del metano en sitio de disposición.
- $DOC_{fy}$  = Fracción de carbono degradable, que se descompone bajo condiciones específicas en el año “y”.
- $MCF_y$  = Factor de corrección del metano, para el año “y”. Valor por defecto.
- $k_j$  = Tasa de descomposición por el tipo de residuo j.
- x = Año en el que los residuos empezaron a disponerse en el mismo sitio.
- y = Año de cálculo de las emisiones.
- $GWP_{CH_4}$  = Potencial de calentamiento global para el metano biogénico.

A continuación, se presentan las siguientes tablas correspondientes a los valores por defecto de cada parámetro:

*Tabla 22. Valores por defecto del DOC (Carbono Orgánico Degradable) en los residuos industriales*

Tipo de industria	Contenido DOC en % de residuos húmedos	Contenido DOC en % de residuos secos
	Por defecto	Por defecto <sup>8</sup>
Alimentos, bebidas y tabaco	15	38
Textil	24	30
Madera y productos de madera	43	50
Pulpa de papel, cartones y otros	40	44
Productos derivados del petróleo, disolventes, plásticos	-	-
Caucho y cuero	39	47
Construcción y demolición	4	-
Metal, vidrio, otros	-	-

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

<sup>8</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el Contenido DOC (Carbono Orgánico Degradable) en % de residuos secos, por defecto.

Tabla 23. Valores por defecto para el MCF (Factor de corrección del metano)

Tipo de sitio	MCF
Gestionado – Anaeróbico	1.00
Gestionado – semi – aeróbico	0.50
No gestionado (h > 5m)	0.80
No gestionado (h < 5m)	0.40
SEDS no categorizado	0.60

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 24. Valores por defecto para el OX (Factor de oxidación)

Condiciones del Sitio de Eliminación de Residuos Sólidos (SEDS)	Factor de Oxidación (OX)
	Por defecto
SEDS gestionados, no gestionados y no categorizados	0
Gestionado cubierto con material oxidante del CH <sub>4</sub>	0.1

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 25. Valores por defecto para  $k_j$  (Tasa de descomposición por el tipo de residuo  $j$ )

Tipo de residuo (j)	Boreal y templado ( $t \leq 20^\circ\text{C}$ )		Tropical ( $t > 20^\circ\text{C}$ )	
	Condiciones húmedas (MAP/PET > 1)	Condiciones secas (MAP/PET < 1)	Condiciones húmedas (MAP/PET > 1)	Condiciones secas (MAP/PET < 1)
	Por defecto	Por defecto <sup>9</sup>	Por defecto	Por defecto
Madera y productos de madera	0.03	0.02	0.035	0.025
Pulpa de papel, cartones y otros	0.06	0.04	0.07	0.045
Comida, residuos de comida, tabaco y otros	0.185	0.06	0.4	0.085
Textiles	0.06	0.04	0.07	0.045
Residuos de jardines y parques	0.1	0.05	0.17	0.065
Pañales	0.185	0.06	0.4	0.085
Plástico, metales y otros	0	0	0	0
Residuos brutos	0.09	0.05	0.17	0.065

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

<sup>9</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el valor por defecto para  $k_j$  (Tasa de descomposición por el tipo de residuo  $j$ ). Condiciones secas (MAP/PET < 1), Boreal y templado ( $t \leq 20^\circ\text{C}$ ).

Tabla 26. Valores para F (Fracción del metano en sitio de disposición)

Descripción	Valor
Valor por defecto <sup>10</sup>	0.5
Alto contenido de grasas y aceites	0.55

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 27. Valores por defecto para DOCfy (Fracción de carbono orgánico degradable)

Tipo de residuo	Valor
Total	0.5

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Tabla 28. Valor del GWP CH4 (Potencial de calentamiento global para el metano biogénico)

Potencial de calentamiento global para el metano biogénico	Valor
GWP <sub>CH4</sub>	28

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Según la Huella de Carbono Perú (MINAM, 2021), recomendó tener en cuenta lo siguiente:

- El año de inicio por defecto es Año huella de carbono – 9. De tal manera que se calculan, emisiones de metano, de por lo menos 10 años de residuos dispuestos.
- Asimismo, se toman por defecto los siguientes parámetros:
  - Condiciones del SEDS: Gestionado – anaeróbico
  - Precipitación promedio anual: Clima seco

<sup>10</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el Valor para F (Fracción del metano en sitio de disposición), por defecto.

- Temperatura: Templado (menos de 20°C)
- % Crecimiento anual: 2%/año (SIGERSOL, 2016)

A continuación, se muestran los valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos durante el proceso de fabricación del calzado de seguridad.

*Tabla 29. Valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos*

Variables	Valor
OX	0
F	0.5
MCF <sub>y</sub>	1.00
x	2011
y	2020
GWP <sub>CH4</sub>	28

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 fueron 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de fabricación del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

*Tabla 30. Total de emisiones GEI del proceso de fabricación del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	2	75 756.77	1.60	95 446.62	1.23
	Generación de residuos sólidos	3	1 480 654.82	31.37	207 244.23	2.67

Fuente: Elaboración Propia, 2022.



A continuación, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de fabricación del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

*Tabla 31. Total de emisiones GEI del proceso de fabricación del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	2	0.68	1.60	0.36	1.23
	Generación de residuos sólidos	3	13.23	31.37	0.78	2.67

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### 4.3.3.4 Cuantificación de emisiones del proceso de distribución del producto

a) **Fuente de emisión:** Transporte propio (Gasolina 95 octanos, gasolina 90 octanos y diésel B5 S50)

- **Gases de Efecto Invernadero:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O emisiones directas - combustión fuente móvil

- Emisiones por uso del transporte propio (Alcance 1)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), se realizó los siguientes pasos:

**Paso 1: Cálculo del consumo de energía:** Se basó en calcular el consumo de combustible en TJ. A continuación, se presenta la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo TJ } \alpha = \sum (\text{Consumo Combustible } \alpha \times \text{VCN } \alpha)$$

Donde:

- Consumo TJ  $\alpha$  = Consumo en TJ, al año, por tipo de combustible para transporte.
- Consumo Combustible  $\alpha$  = Combustible consumido en cada transporte por tipo (gal, m<sup>3</sup>, t).
- VCN  $\alpha$  = Valor calórico neto por tipo de combustible.

**Paso 2: Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>:** Se basó en calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI CO}_2 \alpha = \text{Consumo TJ } \alpha \times \text{FE } \alpha$$

Donde:

- Emisiones GEI CO<sub>2</sub>  $\alpha$  = Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en tCO<sub>2</sub> / año.
- Consumo TJ $\alpha$  = Consumo en TJ por tipo de combustible ( $\alpha$ ).
- FE $\alpha$  = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible quemado.

**Paso 3: Cálculo de emisiones de CH<sub>4</sub>:** Se basó en calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> por tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI CH}_4 \alpha = \text{Consumo TJ } \alpha \times \text{FE } \alpha$$

Donde:

- Emisiones GEI  $\text{CH}_4$   $\alpha$  = Emisiones de  $\text{CH}_4$  por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en  $\text{tCH}_4$  / año.
- Consumo  $\text{TJ}_\alpha$  = Consumo en TJ por tipo de combustible ( $\alpha$ ).
- $\text{FE}_\alpha$  = Factor de emisión de  $\text{CH}_4$  por tipo de combustible quemado.

**Paso 4: Cálculo de emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ :** Se basó en calcular las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI } \text{N}_2\text{O } \alpha = \text{Consumo } \text{TJ } \alpha \times \text{FE } \alpha$$

Donde:

- Emisiones GEI  $\text{N}_2\text{O}$   $\alpha$  = Emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en  $\text{tN}_2\text{O}$  / año.
- Consumo  $\text{TJ}_\alpha$  = Consumo en TJ por tipo de combustible ( $\alpha$ ).
- $\text{FE}_\alpha$  = Factor de emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  por tipo de combustible quemado.

**Paso 5: Cálculo del total de emisiones directas de GEI:** Se basó en calcular el total de las emisiones GEI producidas por el tipo de combustible quemado de los vehículos utilizados para transporte.

$$\text{Emisiones GEI } \alpha = \sum (\text{Emisiones GEI } \text{CO}_2 \alpha + \text{Emisiones GEI } \text{CH}_4 \alpha \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} + \text{Emisiones GEI } \text{N}_2\text{O } \alpha \times \text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}})$$

Donde:

- Emisiones GEI= Emisiones GEI por tipo de combustible ( $\alpha$ ) en tCO<sub>2</sub>eq<sup>11</sup>.
- GWP<sub>CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O</sub> = Potencial de calentamiento global por tipo de gas.

A continuación, se presenta los siguientes valores utilizados:

*Tabla 32. Potencial de calentamiento global por tipo de gas*

GWP <sub>CO<sub>2</sub></sub>	GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>	GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub>
1	30	265

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

*Tabla 33. Porcentaje de composición por tipo de combustible*

Gasohol (Gasolina para motores)		Diesel B5 S50	
Gasolina	92.2%	Diesel	95%
Etanol/Alcohol Carburante	7.8%	Biodiesel	5%

Fuente: (MINAM, Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II., 2020).

*Tabla 34. Valores Caloríficos Netos (VCN) por tipo de combustible*

Tipo de Combustible	VCN	Unidad
Gasolina 95	1.22E-04	TJoule/galon
Gasolina 90	1.22E-04	TJoule/galon
Alcohol carburante/Etanol	9.05E-05	TJoule/galon
Diesel	1.35E-04	TJoule/galon
Biodiesel (Biocombustible)	9.05E-05	TJoule/galon

Fuente: (MINAM, Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II., 2020).

<sup>11</sup> Para fines del presente estudio, se realizó la conversión a Kg CO<sub>2</sub>eq.

*Tabla 35. Factores de emisión CO<sub>2</sub> por tipo de combustible*

Tipo de Combustible	Factor de emisión	Unidad
Gasolina 95	69300	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule
Gasolina 90	69300	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule
Alcohol carburante/Etanol	70800	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule
Diesel	74100	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule
Biodiesel (Biocombustible)	70800	Kg CO <sub>2</sub> /TJoule

Fuente: (MINAM, Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II., 2020).

*Tabla 36. Factores de emisión CH<sub>4</sub> por tipo de combustible*

Tipo de Combustible	Factor de emisión	Unidad
Gasolina 95	33	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule
Gasolina 90	33	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule
Alcohol carburante/Etanol	3	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule
Diesel	3.9	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule
Biodiesel (Biocombustible)	3	Kg CH <sub>4</sub> /TJoule

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

*Tabla 37. Factores de emisión N<sub>2</sub>O por tipo de combustible*

Tipo de Combustible	Factor de emisión	Unidad
Gasolina 95	3.2	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule
Gasolina 90	3.2	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule
Alcohol carburante/Etanol	0.60	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule
Diesel	3.9	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule
Biodiesel (Biocombustible)	0.60	Kg N <sub>2</sub> O/TJoule

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 fueron 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de distribución del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

Tabla 38. Total de emisiones GEI del proceso de distribución del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	1	10 834.66	0.23	23 879.78	0.31

Fuente: Elaboración Propia, 2022

A continuación, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de distribución del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

Tabla 39. Total de emisiones GEI del proceso de distribución del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	1	0.10	0.23	0.09	0.31

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### 4.3.3.5 Cuantificación de emisiones del proceso de uso del producto

b) **Fuente de emisión:** Generación de residuos sólidos asociados con el mantenimiento de los calzados de seguridad (vendidos) durante su vida útil.

- **Gases de Efecto Invernadero:** CH<sub>4</sub> – emisiones indirectas

Para el caso del presente estudio, se indicó que, respecto al escenario de uso del producto, se consideró lo siguiente:

**Escenario del uso del producto (calzado de seguridad):**

Según la empresa de calzado de seguridad, tanto el calzado de seguridad de la línea Goodyear Welt y de la línea Poliuretano fueron de uso para trabajos de:

- Construcción
- Logística
- Transporte terrestre
- Metal mecánica
- Minería
- Ventas de equipos y maquinarias
- Electricidad
- Vigilancia

Asimismo, en cuanto al mantenimiento que se le debería dar al calzado de seguridad durante su vida útil, la empresa de calzado de seguridad recomendó realizar una limpieza semanal utilizando productos como cepillo para pulir y betún.

Respecto a la vida útil de un calzado de seguridad, se consideró variable debido a que depende de otros factores como el uso y el mantenimiento que le da cada usuario al producto. Por esta razón, para fines de este estudio se consultó a la empresa de calzado de seguridad, respecto al tiempo en que sus clientes renuevan los calzados de seguridad, cuando estos dejan de cumplir con su funcionalidad, con el fin de estimar una vida útil promedio. A continuación, se presenta el siguiente cuadro en función a la información brindada por la empresa.

Tabla 40. Tiempo de vida útil de un par de calzado de seguridad

Tipo de Rubro	Tiempo de vida útil (meses)	Peso % (según las ventas)	Promedio
Construcción	4	0.50	2
Logística	6	0.04	0.24
Transporte terrestre	6	0.04	0.24
Metal mecánica	4	0.04	0.16
Minería	6	0.10	0.6
Ventas de equipos y maquinarias	8	0.04	0.32
Electricidad	6	0.04	0.24
Vigilancia	4	0.20	0.8
<b>Tiempo de vida útil promedio (meses)</b>			<b>4.6</b>

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Las emisiones indirectas de GEI fueron asociadas principalmente a la generación de residuos sólidos del mantenimiento, durante su uso, del calzado de seguridad, en la cual se tomó en cuenta la frecuencia del mantenimiento durante el tiempo de vida útil del producto.

A continuación, se presenta la metodología aplicada para el cálculo de las emisiones por la generación de residuos sólidos asociados con el mantenimiento, durante su vida útil, de los calzados de seguridad vendidos.

- Emisiones por la generación de residuos sólidos (Alcance 3)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), la estimación para las emisiones de metano, por la generación de residuos sólidos (por condiciones anaeróbicas de disposición del material orgánico), se realizó los siguientes pasos:

**Paso 1: Cálculo de residuos degradables:** Se calculó la cantidad de residuos degradables, según su tipo, con la siguiente ecuación:

$$RRSS\_deg = \sum_i \text{Residuos}_i * DOC_i$$



Donde:

- Residuos<sub>i</sub> = Cantidad residuos, por tipo *i* en t/año.
- DOC<sub>i</sub> = Cantidad de carbono orgánico degradable por tipo de residuo *i*.

**Paso 2: Cálculo de emisiones indirectas de GEI:** se calcularon las emisiones indirectas de GEI, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones GEI} = \text{RRSS\_deg} * (1 - \text{OX}) * 16/12 * F * \text{DOC}_{fy} * \text{MCF}_y * e^{-kj(y-x)} * (1 - e^{-kj}) * \text{GWP}_{\text{CH}_4}$$

Donde:

- Emisiones GEI = Se refiere a las emisiones GEI en Gg CO<sub>2</sub>eq<sup>12</sup>, por año.
- OX = Fracción de oxidación
- F = Fracción del metano en sitio de disposición.
- DOC<sub>fy</sub> = Fracción de carbono degradable, que se descompone bajo condiciones específicas en el año “y”.
- MCF<sub>y</sub> = Factor de corrección del metano, para el año “y”. Valor por defecto.
- kj = Tasa de descomposición por el tipo de residuo *j*.
- x = Año en el que los residuos empezaron a disponerse en el mismo sitio.
- y = Año de cálculo de las emisiones.
- GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = Potencial de calentamiento global para el metano biogénico.

A continuación, se presentan las siguientes tablas correspondientes a los valores por defecto de cada parámetro:

---

<sup>12</sup> Para fines del presente estudio, se realizó la conversión a Kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabla 41. Valores por defecto del DOC (Carbono Orgánico Degradable) en los residuos industriales

Tipo de industria	Contenido DOC en % de residuos húmedos	Contenido DOC en % de residuos secos
	Por defecto	Por defecto <sup>13</sup>
Alimentos, bebidas y tabaco	15	38
Textil	24	30
Madera y productos de madera	43	50
Pulpa de papel, cartones y otros	40	44
Productos derivados del petróleo, disolventes, plásticos	-	-
Caucho y cuero	39	47
Construcción y demolición	4	-
Metal, vidrio, otros	-	-

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 42. Valores por defecto para el MCF (Factor de corrección del metano)

Tipo de sitio	MCF
Gestionado – Anaeróbico	1.00
Gestionado – semi – aeróbico	0.50
No gestionado (h > 5m)	0.80
No gestionado (h < 5m)	0.40
SEDS no categorizado	0.60

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 43. Valores por defecto para el OX (Factor de oxidación)

Condiciones del Sitio de Eliminación de Residuos Sólidos (SEDS)	Factor de Oxidación (OX)
	Por defecto
SEDS gestionados, no gestionados y no categorizados	0
Gestionado cubierto con material oxidante del CH <sub>4</sub>	0.1

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

<sup>13</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el Contenido DOC (Carbono Orgánico Degradable) en % de residuos secos, por defecto.

Tabla 44. Valores por defecto para  $k_j$  (Tasa de descomposición por el tipo de residuo  $j$ )

Tipo de residuo ( $j$ )	Boreal y templado ( $^{\circ}\text{t} \leq 20^{\circ}\text{C}$ )		Tropical ( $^{\circ}\text{t} > 20^{\circ}\text{C}$ )	
	Condiciones húmedas (MAP/PET > 1)	Condiciones secas (MAP/PET < 1)	Condiciones húmedas (MAP/PET > 1)	Condiciones secas (MAP/PET < 1)
	Por defecto	Por defecto <sup>14</sup>	Por defecto	Por defecto
Madera y productos de madera	0.03	0.02	0.035	0.025
Pulpa de papel, cartones y otros	0.06	0.04	0.07	0.045
Comida, residuos de comida, tabaco y otros	0.185	0.06	0.4	0.085
Textiles	0.06	0.04	0.07	0.045
Residuos de jardines y parques	0.1	0.05	0.17	0.065
Pañales	0.185	0.06	0.4	0.085
Plástico, metales y otros	0	0	0	0
Residuos brutos	0.09	0.05	0.17	0.065

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 45. Valores para  $F$  (Fracción del metano en sitio de disposición)

Descripción	Valor
Valor por defecto <sup>15</sup>	0.5
Alto contenido de grasas y aceites	0.55

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 46. Valores por defecto para  $\text{DOC}_{\text{fy}}$  (Fracción de carbono orgánico degradable)

Tipo de residuo	Valor
Total	0.5

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

<sup>14</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el valor por defecto para  $k_j$  (Tasa de descomposición por el tipo de residuo  $j$ ). Condiciones secas (MAP/PET < 1), Boreal y templado ( $^{\circ}\text{t} \leq 20^{\circ}\text{C}$ ).

<sup>15</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el Valor para  $F$  (Fracción del metano en sitio de disposición), por defecto.

*Tabla 47. Valor del GWP CH4 (Potencial de calentamiento global para el metano biogénico)*

Potencial de calentamiento global para el metano biogénico	Valor
GWP <sub>CH4</sub>	28

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Según la Huella de Carbono Perú (MINAM, 2021), recomendó tener en cuenta lo siguiente:

- El año de inicio por defecto es Año huella de carbono – 9. De tal manera que se calculan, emisiones de metano, de por lo menos 10 años de residuos dispuestos.
- Asimismo, se toman por defecto los siguientes parámetros:
  - Condiciones del SEDS: Gestionado – anaeróbico
  - Precipitación promedio anual: Clima seco
  - Temperatura: Templado (menos de 20°C)
  - % Crecimiento anual: 2%/año (SIGERSOL, 2016)

A continuación, se muestran los valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos asociados con el mantenimiento de los calzados de seguridad (vendidos) durante su vida útil.

*Tabla 48. Valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos*

Variables	Valor
OX	0
F	0.5
MCF <sub>y</sub>	1.00
x	2011
y	2020
GWP <sub>CH4</sub>	28

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 fueron 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de uso del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

*Tabla 49. Total de emisiones GEI del proceso de uso del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	3	141 150.67	2.99	266 444.63	3.43

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

A continuación, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de uso del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

*Tabla 50. Total de emisiones GEI del proceso de uso del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	3	1.26	2.99	1.00	3.43

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

#### 4.3.3.6 Cuantificación de emisiones del proceso de disposición final del producto

- c) **Fuente de emisión:** Generación de residuos sólidos al final de la vida útil de los calzados de seguridad vendidos.
- **Gases de Efecto Invernadero:** CH<sub>4</sub> – emisiones indirectas

Para el caso del presente estudio, se indicó que, respecto al escenario de disposición final del producto, se consideró lo siguiente:

##### **Escenario de la disposición final producto (calzado de seguridad):**

Respecto a la disposición final de los calzados de seguridad, se consideró variable debido a que depende del tipo de tratamiento que los consumidores le dan al producto después del uso. Por esta razón, para fines de este estudio se realizó las consultas a una empresa que adquirió calzados de seguridad para sus trabajadores, que afirmó que la empresa vende los calzados de seguridad a un chatarrero al final de su vida útil. Por tal motivo, para el cálculo de las emisiones GEI del proceso de disposición final del calzado de seguridad, solo se tomó en cuenta los residuos sólidos, al final de la vida útil, de los componentes de los calzados de seguridad vendidos sin considerar las suelas de los calzados (componente reciclado por el chatarrero) y tampoco el envase de cartón. Los componentes al ser reciclados pasan a un proceso productivo diferente y por ende vuelven a ser tomados como materia prima.

A continuación, se presenta la metodología aplicada para el cálculo de las emisiones por la generación de residuos sólidos al final de la vida útil de los calzados de seguridad vendidos.

- Emisiones por la generación de residuos sólidos (Alcance 3)

Según el Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI (MINAM, 2021), la estimación para las emisiones de metano, por la generación de residuos sólidos (por condiciones anaeróbicas de disposición del material orgánico), se realizó los siguientes pasos:

**Paso 1: Cálculo de residuos degradables:** Se calculó la cantidad de residuos degradables, según su tipo, con la siguiente ecuación:

$$RRSS\_deg = \sum_i Residuos_i * DOC_i$$

Donde:

- Residuos<sub>i</sub> = Cantidad residuos, por tipo *i* en t/año.
- DOC<sub>i</sub> = Cantidad de carbono orgánico degradable por tipo de residuo *i*.

**Paso 2: Cálculo de emisiones indirectas de GEI:** se calcularon las emisiones indirectas de GEI, mediante la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ GEI = RRSS\_deg * (1 - OX) * 16/12 * F * DOC_{fy} * MCF_y * e^{-kj(y-x)} * (1 - e^{-kj}) * GWP_{CH4}$$

Donde:

- Emisiones GEI = Se refiere a las emisiones GEI en Gg CO<sub>2</sub>eq<sup>16</sup>, por año.
- OX = Fracción de oxidación
- F = Fracción del metano en sitio de disposición.
- DOC<sub>fy</sub> = Fracción de carbono degradable, que se descompone bajo condiciones específicas en el año “y”.

<sup>16</sup> Para fines del presente estudio, se realizó la conversión a Kg CO<sub>2</sub>eq.

- $MCF_y$  = Factor de corrección del metano, para el año “y”. Valor por defecto.
- $k_j$  = Tasa de descomposición por el tipo de residuo j.
- $x$  = Año en el que los residuos empezaron a disponerse en el mismo sitio.
- $y$  = Año de cálculo de las emisiones.
- $GWP_{CH_4}$  = Potencial de calentamiento global para el metano biogénico.

A continuación, se presentan las siguientes tablas correspondientes a los valores por defecto de cada parámetro:

*Tabla 51. Valores por defecto del DOC (Carbono Orgánico Degradable) en los residuos industriales*

Tipo de industria	Contenido DOC en % de residuos húmedos	Contenido DOC en % de residuos secos
	Por defecto	Por defecto <sup>17</sup>
Alimentos, bebidas y tabaco	15	38
Textil	24	30
Madera y productos de madera	43	50
Pulpa de papel, cartones y otros	40	44
Productos derivados del petróleo, disolventes, plásticos	-	-
Caucho y cuero	39	47
Construcción y demolición	4	-
Metal, vidrio, otros	-	-

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

*Tabla 52. Valores por defecto para el MCF (Factor de corrección del metano)*

Tipo de sitio	MCF
Gestionado – Anaeróbico	1.00
Gestionado – semi – aeróbico	0.50
No gestionado (h > 5m)	0.80
No gestionado (h < 5m)	0.40
SEDS no categorizado	0.60

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

<sup>17</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el Contenido DOC (Carbono Orgánico Degradable) en % de residuos secos, por defecto.



Tabla 53. Valores por defecto para el OX (Factor de oxidación)

Condiciones del Sitio de Eliminación de Residuos Sólidos (SEDS)	Factor de Oxidación (OX)
	Por defecto
SEDS gestionados, no gestionados y no categorizados	0
Gestionado cubierto con material oxidante del CH <sub>4</sub>	0.1

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 54. Valores por defecto para *k<sub>j</sub>* (Tasa de descomposición por el tipo de residuo *j*)

Tipo de residuo ( <i>j</i> )	Boreal y templado ( $t \leq 20^{\circ}\text{C}$ )		Tropical ( $t > 20^{\circ}\text{C}$ )	
	Condiciones húmedas (MAP/PET > 1)	Condiciones secas (MAP/PET < 1)	Condiciones húmedas (MAP/PET > 1)	Condiciones secas (MAP/PET < 1)
	Por defecto	Por defecto <sup>18</sup>	Por defecto	Por defecto
Madera y productos de madera	0.03	0.02	0.035	0.025
Pulpa de papel, cartones y otros	0.06	0.04	0.07	0.045
Comida, residuos de comida, tabaco y otros	0.185	0.06	0.4	0.085
Textiles	0.06	0.04	0.07	0.045
Residuos de jardines y parques	0.1	0.05	0.17	0.065
Pañales	0.185	0.06	0.4	0.085
Plástico, metales y otros	0	0	0	0
Residuos brutos	0.09	0.05	0.17	0.065

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

Tabla 55. Valores para *F* (Fracción del metano en sitio de disposición)

Descripción	Valor
Valor por defecto <sup>19</sup>	0.5
Alto contenido de grasas y aceites	0.55

Fuente: (IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006).

<sup>18</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el valor por defecto para *k<sub>j</sub>* (Tasa de descomposición por el tipo de residuo *j*). Condiciones secas (MAP/PET < 1), Boreal y templado ( $t \leq 20^{\circ}\text{C}$ ).

<sup>19</sup> Para fines del presente estudio, se utilizó el Valor para *F* (Fracción del metano en sitio de disposición), por defecto.

Tabla 56. Valores por defecto para DOCfy (Fracción de carbono orgánico degradable)

Tipo de residuo	Valor
Total	0.5

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Tabla 57. Valor del GWP CH4 (Potencial de calentamiento global para el metano biogénico)

Potencial de calentamiento global para el metano biogénico	Valor
GWP <sub>CH4</sub>	28

Fuente: (MINAM, Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación, 2021).

Según la Huella de Carbono Perú (MINAM, 2021), recomendó tener en cuenta lo siguiente:

- El año de inicio por defecto es Año huella de carbono – 9. De tal manera que se calculan, emisiones de metano, de por lo menos 10 años de residuos dispuestos.
- Asimismo, se toman por defecto los siguientes parámetros:
  - Condiciones del SEDS: Gestionado – anaeróbico
  - Precipitación promedio anual: Clima seco
  - Temperatura: Templado (menos de 20°C)
  - % Crecimiento anual: 2%/año (SIGERSOL, 2016)

A continuación, se muestran los valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos al final de la vida útil de los calzados de seguridad vendidos.

Tabla 58. Valores utilizados para el cálculo de emisiones GEI de la generación de residuos sólidos

Variables	Valor
OX	0
F	0.5
MCF <sub>y</sub>	1.00
x	2011
y	2020
GWP <sub>CH4</sub>	28

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 fueron 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de disposición final del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

Tabla 59. Total de emisiones GEI del proceso de disposición final del producto (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	3	2 608 988.39	55.27	6 345 857.27	81.69

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

A continuación, se presenta el total de emisiones GEI del proceso de disposición final del producto, en Kg CO<sub>2</sub>eq, de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

*Tabla 60. Total de emisiones GEI del proceso de disposición final del producto de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	3	23.31	55.27	23.81	81.69

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

## 5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 5.1 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

#### 5.1.1 Resultados totales de emisiones GEI

En el siguiente cuadro, se presenta el total de emisiones GEI, en Kg CO<sub>2</sub>eq, para el periodo de Marzo 2019 – Febrero 2020, del calzado de seguridad para la línea GYW y PU.

Tabla 61. Total de emisiones GEI (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	3	395 659.83	8.38	818 316.98	10.53
Transporte de Materiales e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1	1 436.05	0.03	3 165.10	0.04
	Transporte de Insumos (Locales e Importación)	3	5 603.97	0.12	7 907.13	0.10
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	2	75 756.77	1.60	95 446.62	1.23
	Generación de residuos sólidos	3	1 480 654.82	31.37	207 244.23	2.67
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	1	10 834.66	0.23	23 879.78	0.31
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	3	141 150.67	2.99	266 444.63	3.43
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	3	2 608 988.39	55.27	6 345 857.27	81.69
<b>Total Emisiones GEI (Kg CO<sub>2</sub>eq) Marzo 2019 - Febrero 2020</b>			<b>4 720 085.17</b>	<b>100.00</b>	<b>7 768 261.73</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

## 5.1.2 Emisiones GEI por alcance, por proceso y por fuente de emisión del calzado de seguridad para la línea GYW y línea PU

### 5.1.2.1 Resultados por alcance

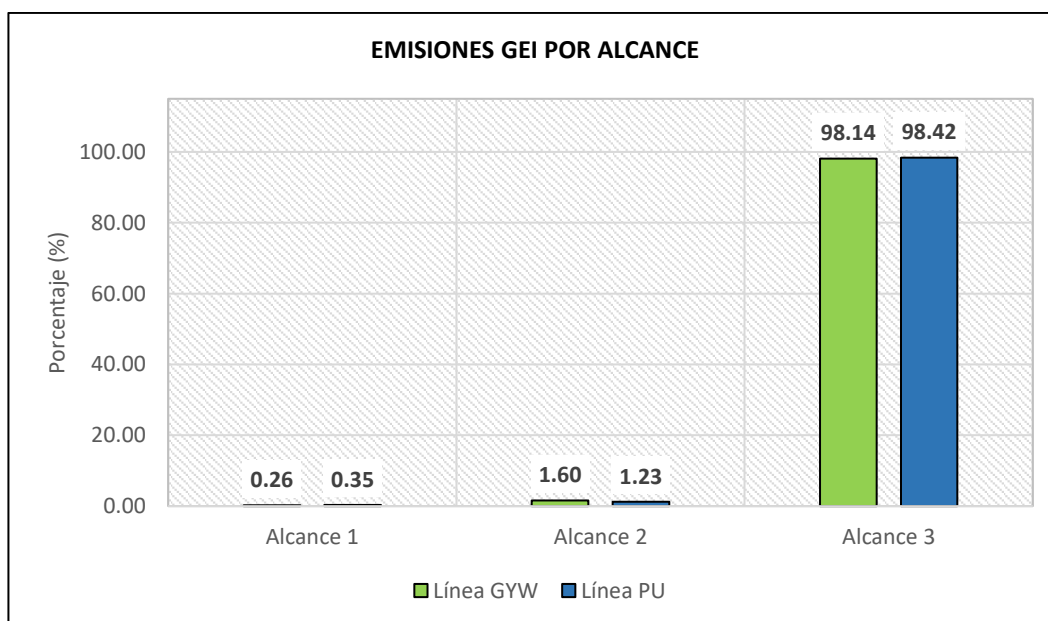
En la siguiente tabla, se presentan los resultados totales por cada alcance, con la finalidad de identificar el alcance que presenta mayor cantidad de emisiones GEI.

Tabla 62. Emisiones GEI por Alcance (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU)

Alcance	Línea GYW		Línea PU	
	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
1	12 270.71	0.26	27 044.88	0.35
2	75 756.77	1.60	95 446.62	1.23
3	4 632 057.69	98.14	7 645 770.23	98.42
<b>Total Emisiones GEI (Kg CO<sub>2</sub>eq) Marzo 2019 - Febrero 2020</b>	<b>4 720 085.17</b>	<b>100.00</b>	<b>7 768 261.73</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura 28. Emisiones GEI por Alcance (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que las emisiones GEI de Alcance 3 (otras emisiones indirectas) abarcan la mayor cantidad del total de emisiones GEI de la línea GYW (98.14%) y línea PU (98.42%), debido a que la mayor cantidad de emisiones GEI de Alcance 3 son producidas principalmente por la generación de residuos sólidos en el proceso de disposición final del producto, para ambas líneas de producción. Dentro del Alcance 3, también se incluye las emisiones GEI producidos por la generación de residuos sólidos en el proceso de fabricación del producto y durante el uso del producto, los materiales empleados para la fabricación del producto y el transporte de insumo (locales e importación).

También, se observa que las emisiones GEI de Alcance 2 (emisiones indirectas de energía) abarcan una cantidad mínima del total de emisiones GEI de la línea GYW (1.60%) y línea PU (1.23%), debido a que las emisiones GEI de Alcance 2 son producidas por el consumo de energía eléctrica por el uso de equipos y/o máquinas y uso de luminarias en el proceso de fabricación del producto, para ambas líneas de producción. Cabe resaltar que, respecto al uso de luminarias, estas permanecen encendidas, y respecto al uso de los equipos y/o máquinas, no son utilizados por periodos largos durante la fabricación del producto, en este proceso también se realizan trabajos manuales; por lo tanto, no dependen mucho de los equipos y/o máquinas.

Asimismo, se observa que las emisiones GEI de Alcance 1 (emisiones directas) también abarcan una cantidad mínima del total de emisiones GEI de la línea GYW (0.26%) y línea PU (0.35%), debido a que las emisiones GEI de Alcance 1 son producidas por el uso de transporte propio (diésel B5 S50) en el proceso de transporte de materiales e insumos, y transporte propio (gasolina 95 octanos, gasolina 90 octanos y diésel B5 S50) en el proceso de distribución del producto, para ambas líneas de producción. Cabe resaltar que, en el caso del transporte de materiales e insumos, el consumo de combustible diésel B5 S50 es mínimo debido a que la empresa solo utiliza su transporte propio para compras de materiales e insumos puntuales, generalmente sus proveedores son los que traen estos insumos hasta la empresa; para el caso de la distribución del producto, los combustibles utilizados son gasolina 95 octanos, gasolina 90 octanos y diésel B5 S50, la empresa utiliza su transporte propio para llevar los calzados de seguridad

producidos hasta el punto de venta. Cabe resaltar que, la distribución del producto se realiza de manera periódica, dependiendo de la orden de servicio de los clientes; por lo tanto, el consumo de los combustibles es en cantidades menores, para ambas líneas de producción.

### 5.1.2.2 Resultados por proceso

En la siguiente tabla, se presentan los resultados totales por cada proceso, con la finalidad de identificar el proceso que presenta mayor cantidad de emisiones GEI.

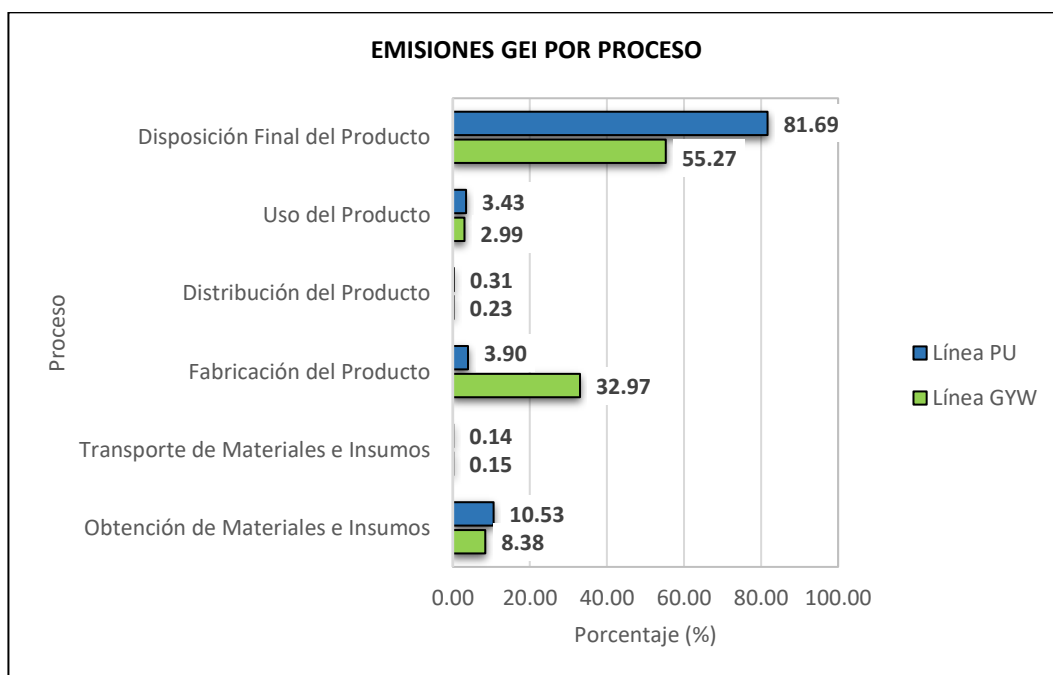
*Tabla 63. Emisiones GEI por Proceso (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU*

Proceso	Línea GYW		Línea PU	
	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	395 659.83	8.38	818 316.98	10.53
Transporte de Materiales e Insumos	7 040.03	0.15	11 072.22	0.14
Fabricación del Producto	1 556 411.59	32.97	302 690.85	3.90
Distribución del Producto	10 834.66	0.23	23 879.78	0.31
Uso del Producto	141 150.67	2.99	266 444.63	3.43
Disposición Final del Producto	2 608 988.39	55.27	6 345 857.27	81.69
<b>Total Emisiones GEI (Kg CO<sub>2</sub>eq) Marzo 2019 - Febrero 2020</b>	<b>4 720 085.17</b>	<b>100.00</b>	<b>7 768 261.731</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2022.



Figura 29. Emisiones GEI por Proceso (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que las emisiones GEI del proceso de disposición final del producto abarcan la mayor cantidad del total de emisiones GEI de la línea GYW (55.27%) y línea PU (81.69%). Las emisiones GEI generadas en el proceso de disposición final del producto son condicionados por las cantidades de pares de calzados de seguridad vendidos en el periodo Marzo 2019 – Febrero 2020, los cuales pasan a la disposición final luego de que estos calzados de seguridad cumplan con su vida útil.

Además, los resultados obtenidos de las emisiones GEI en el proceso de obtención de materiales e insumos para la línea GYW (8.38%) y Línea PU (10.53%) son condicionados por el tipo de material a emplearse en cada línea de producción. En este proceso de obtención de materiales e insumos se calcula las emisiones GEI asociados a los materiales de extracción, procesamiento primario, fabricación y transporte hasta el punto de venta.

Asimismo, los resultados obtenidos de las emisiones GEI en el proceso de la fabricación del producto para la línea GYW y Línea PU son 32.97% y 3.90% respectivamente. En este proceso de fabricación se calcula las emisiones GEI producidas por el consumo de energía eléctrica (equipos y/o máquinas y uso de luminarias) y por la generación de residuos sólidos durante la fabricación del producto.

También, los resultados obtenidos de las emisiones GEI en el proceso de uso del producto para la línea GYW (2.99%) y Línea PU (3.43%) son condicionados por las cantidades de pares de calzados de seguridad vendidos en el periodo Marzo 2019 – Febrero 2020. En este proceso de uso del producto se calcula las emisiones GEI producidas por la generación de residuos sólidos asociados con el mantenimiento, durante su vida útil, de los calzados de seguridad vendidos.

Por otra parte, los resultados obtenidos de las emisiones GEI en el proceso de distribución del producto para línea GYW (0.23%) y línea PU (0.31%) son menores, debido a que el consumo de los combustibles (transporte propio) es en cantidades menores, para ambas líneas de producción; asimismo, para el caso del proceso de transporte de materiales e insumos para línea GYW (0.15%) y línea PU (0.14%) también son mínimos para ambas líneas de producción. En el caso del proceso de transporte de materiales e insumos se calcula las emisiones GEI producidas por consumo de combustible (transporte propio) y las emisiones GEI asociadas a las distancias recorridas y peso de la carga (transporte de insumos locales e importación).

### **5.1.2.3 Resultados por fuente de emisión**

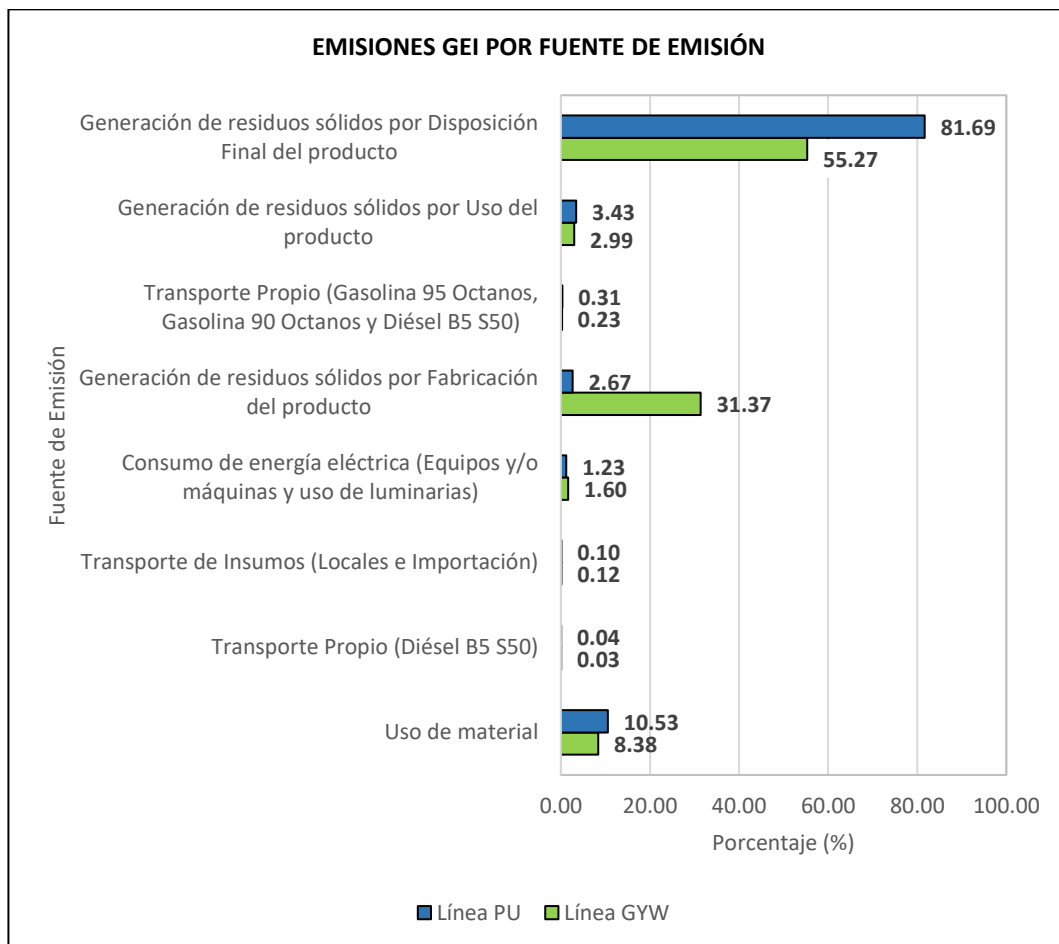
En la siguiente tabla, se presentan los resultados totales por cada fuente de emisión, con la finalidad de identificar la fuente de emisión que presenta mayor cantidad de emisiones GEI.

Tabla 64. Emisiones GEI por Fuente de emisión (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Línea GYW		Línea PU	
		Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	395 659.83	8.38	818 316.98	10.53
Transporte de Material e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1 436.05	0.03	3 165.10	0.04
	Transporte de Insumos (Locales e Importación)	5 603.97	0.12	7 907.13	0.10
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	75 756.77	1.60	95 446.62	1.23
	Generación de residuos sólidos	1 480 654.82	31.37	207 244.23	2.67
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	10 834.66	0.23	23 879.78	0.31
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	141 150.67	2.99	266 444.63	3.43
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	2 608 988.39	55.27	6 345 857.27	81.69
<b>Total Emisiones GEI (Kg CO<sub>2</sub>eq) Marzo 2019 - Febrero 2020</b>		<b>4 720 085.17</b>	<b>100.00</b>	<b>7 768 261.73</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura 30. Emisiones GEI por Fuente de emisión (Marzo 2019 - Febrero 2020) del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que las emisiones GEI de la fuente de emisión de generación de residuos sólidos (disposición final del producto) abarcan la mayor cantidad del total de emisiones GEI de la línea GYW (55.27%) y línea PU (81.69%). Cabe resaltar que, para fines de este estudio, se estima las emisiones GEI por la generación de residuos sólidos al final de la vida útil de los calzados de seguridad vendidos, durante el periodo Marzo 2019 – Febrero 2020, sin considerar las suelas de los calzados (componente reciclado por el chatarrero) y el envase de cartón del calzado de seguridad. Los componentes al ser reciclados pasan a un proceso productivo diferente y por ende vuelven a ser tomados como materia prima. Asimismo, los componentes restantes del calzado de seguridad pasan a

ser clasificados y dispuestos por tipo de residuo como cuero, plástico, cartón, textil, metal y otros, para ambas líneas de producción.

La segunda fuente de emisión que abarca la mayor cantidad del total de emisiones GEI de la línea GYW (31.37%) es el de generación de residuos sólidos por fabricación del producto, en el periodo Marzo 2019 – Febrero 2020. En el caso de la línea GYW, presenta tipos de residuos de caucho, cuero, plástico, cartón, textil, metal y otros, mientras que la línea PU, también presenta los mismos tipos de residuos mencionados anteriormente, excepto los residuos de caucho. Cabe resaltar que, en la línea GYW predominan los residuos de caucho y cuero del total de residuos generados durante la fabricación del producto, y en la línea PU predomina los residuos de cuero del total de residuos generados durante la fabricación del producto. Para el caso de la línea PU, el porcentaje (2.67%) de emisiones GEI respecto a la generación de residuos sólidos por fabricación del producto es menor.

Por otro lado, la segunda fuente de emisión que abarca la mayor cantidad del total de emisiones GEI de la línea PU (10.53%) es el de uso de material, en el periodo Marzo 2019 – Febrero 2020. Para los materiales primarios, se estima las emisiones GEI asociados a los materiales de extracción, procesamiento primario, fabricación y transporte hasta el punto de venta. Cabe resaltar que, algunos materiales e insumos empleados en la línea GYW y línea PU son diferentes. Para el caso de la línea GYW, el porcentaje de emisiones GEI respecto al uso de material es de 8.38%.

Por otra parte, respecto a los resultados obtenidos de las emisiones GEI de las fuentes de emisión de generación de residuos sólidos por uso del producto, transporte propio (gasolina 95 octanos, gasolina 90 octanos y diésel B5 S50) para distribución del producto, consumo de energía eléctrica (equipos y/o máquinas y uso de luminarias) durante la fabricación del producto, transporte propio (diésel B5 S50) y transporte de insumos (locales e importación) para el transporte de materiales e insumos, todas estas fuentes de emisión abarcan cantidades mínimas del total de emisiones GEI, en ambas líneas de producción.

### 5.1.3 Huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

El total de emisiones GEI durante el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020 de la línea GYW y línea PU son 4 720 085.17 Kg CO<sub>2</sub>eq y 7 768 261.73 Kg CO<sub>2</sub>eq respectivamente. Asimismo, las cantidades de pares de calzados de seguridad producidos (Marzo 2019 – Febrero 2020) son 111 901 pares de calzados de seguridad de la línea GYW y 266 510 pares de calzados de seguridad de la línea PU. A continuación, se presenta la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU.

Tabla 65. Estimación de la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	3	3.54	8.38	3.07	10.53
Transporte de Material e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1	0.01	0.03	0.01	0.04
	Transporte de Insumos (Locales e Importación)	3	0.05	0.12	0.03	0.10
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	2	0.68	1.60	0.36	1.23
	Generación de residuos sólidos	3	13.23	31.37	0.78	2.67
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	1	0.10	0.23	0.09	0.31
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	3	1.26	2.99	1.00	3.43
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	3	23.31	55.27	23.81	81.69
<b>Huella de Carbono de un Par de Calzado de Seguridad (Kg CO<sub>2</sub>eq)</b>			<b>42.18</b>	<b>100.00</b>	<b>29.15</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De los resultados obtenidos, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.45 veces mayor que

la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea PU (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq).

#### **5.1.3.1 Resultados obtenidos respecto a la huella de carbono del calzado categoría “Profesional” y otras categorías según INESCOP**

En el proyecto *“Huella de carbono en calzado (CO2Shoe)”* desarrollado por el Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP) y otros (2017), se analizan 36 modelos de calzado procedentes de PYMES de la Unión Europea. Estos modelos abarcan los calzados de categoría profesional, casual, moda, para niños, de vestir para hombre y de vestir para mujer, obteniendo un valor medio de 10,6 Kg CO<sub>2</sub>eq por par de calzado, en un periodo de duración de 48 meses.

A continuación, se presenta la siguiente tabla que muestra los resultados de huella de carbono por par de calzado en cada categoría según INESCOP.

Tabla 66. Huella de carbono por par de calzado en cada categoría según INESCOP

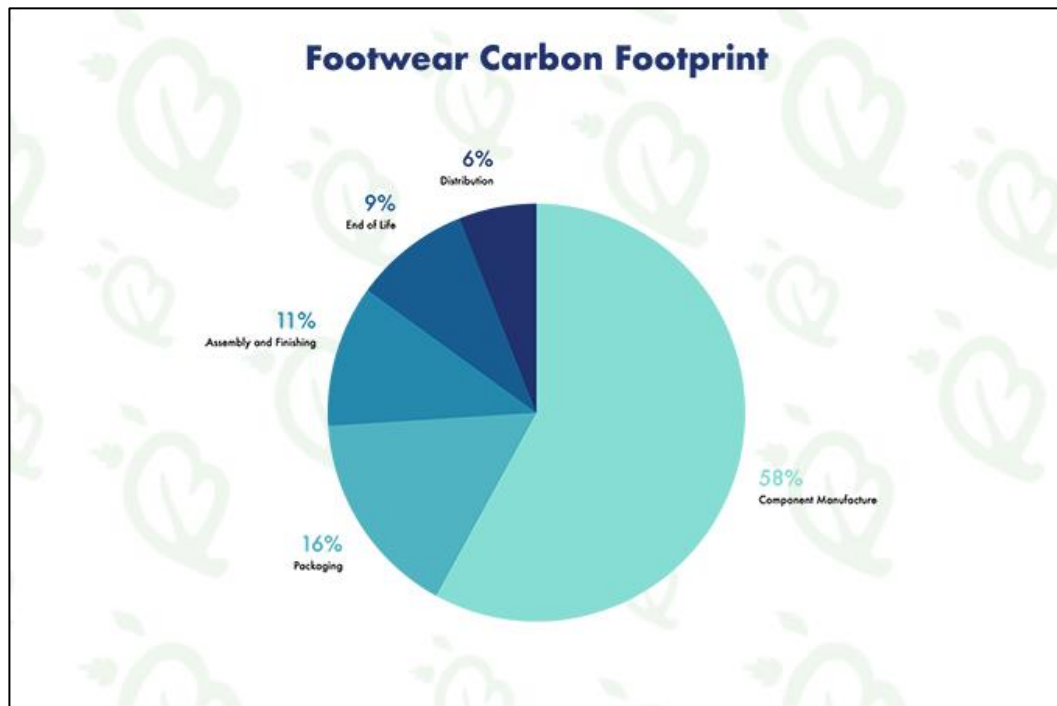
N°	Categoría	Talla	Huella de carbono (Kg CO <sub>2</sub> eq)
1	Profesional	42	11.213
2	Profesional	42	15.676
3	Casual	37	3.386
4	Para niños	32	4.024
5	Moda	37	16.667
6	Moda	42	11.045
7	Profesional	42	18.576
8	Profesional	42	1.306
9	Profesional	42	10.766
10	Moda	37	12.407
11	Moda	37	12.289
12	Moda	37	12.734
13	Moda	37	7.838
14	Moda	37	10.576
15	Moda	37	14.421
16	Moda	37	11.399
17	Moda	37	25.264
18	Moda	37	23.326
19	De vestir para hombre	42	11.539
20	De vestir para hombre	42	9.602
21	De vestir para mujer	37	7.649
22	De vestir para hombre	42	12.348
23	De vestir para hombre	42	9.233
24	De vestir para hombre	42	8.838
25	De vestir para hombre	42	8.879
26	De vestir para hombre	42	8.865
27	De vestir para hombre	42	10.271
28	Para niños	35	7.518
29	Para niños	32	8.314
30	Para niños	32	7.197
31	De vestir para mujer	37	7.036
32	Profesional	42	12.356
33	Para niños	32	4.176
34	Para niños	32	3.958
35	Moda	37	7.491
36	De vestir para hombre	42	13.456
<b>Huella de carbono (valor medio) por par de calzado</b>			<b>10,6</b>

Fuente: (INESCOP, y otros, 2017).

A continuación, se presenta la siguiente figura donde se muestran los porcentajes de emisiones GEI por proceso respecto al proyecto “Huella de carbono en calzado (CO<sub>2</sub>Shoe)”.



Figura 31. Porcentaje de emisiones GEI por proceso respecto al proyecto "Huella de carbono en calzado (CO2Shoe)"



Fuente: (Fisher, 2020).

De la figura anterior, se observa que el proyecto "Huella de carbono en calzado (CO2Shoe)" considera los procesos de fabricación de componentes del calzado (58%), embalaje (16%), montaje y acabado (11%), distribución (6%), fin de vida (9%). Asimismo, INESCOP indica que, respecto al proceso de uso del producto, asumen el escenario más sostenible, el cual está asociado al mantenimiento que se le da al producto, ya sea por lavado del calzado o el por el uso de productos de limpieza superficial; por tal motivo, al asumir el escenario más sostenible, obtienen resultados inferiores de poca significancia respecto al resultado total, razón por la cual este proceso está omitido en la figura anterior.

Cabe resaltar que, el proceso de fin de vida o disposición final del producto también depende de un escenario que se asume para el cálculo de la huella de carbono en calzado. Asimismo, INESCOP indica que, respecto al proceso de fin de vida también asumen el escenario más sostenible, donde una parte de los componentes pasan a ser reciclados (Ej. envases de cartón) y la otra parte de los

componentes pasan a ser dispuestos a un vertedero. En este proceso se estima el cálculo de emisiones GEI de los componentes que pasan a ser dispuestos a un vertedero. Una de las razones por las cuales el proceso de fin de vida presenta un porcentaje de 9% sería porque los componentes dispuestos a un vertedero podrían ser cantidades menores, ya que se asume el escenario más sostenible para este proceso. Asimismo, en este escenario se considera una vida útil de 1 año. Cabe resaltar que, a mayor duración del calzado, menor es el impacto global que tiene el producto.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de huella de carbono promedio para cada categoría de calzados que se desarrolló en el proyecto “*Huella de carbono en calzado (CO2Shoe)*” por el Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP) y otros (2017). Asimismo, se realiza una comparación de la huella de carbono del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU con la huella de carbono (promedio) del calzado categoría profesional y otras categorías.

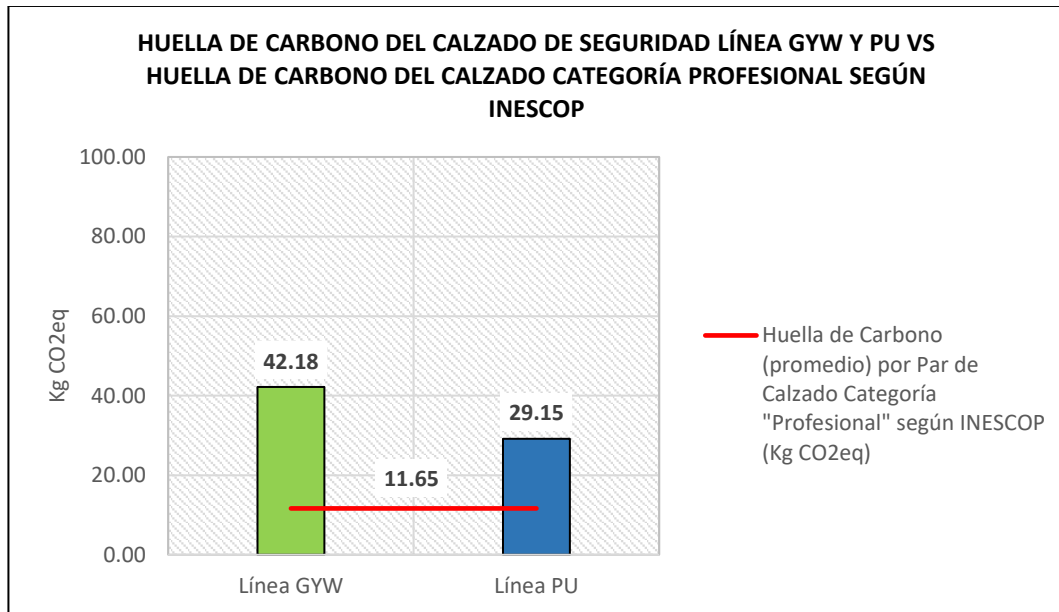
*Tabla 67. Resultados de huella de carbono (promedio) por par de calzado en cada categoría del proyecto de INESCOP*

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad de pares de calzado</b>	<b>Huella de carbono promedio (Kg CO<sub>2</sub>eq)</b>
Profesional	6	11.65
Moda	12	13.79
De vestir para hombre	9	10.34
De vestir para mujer	2	7.34
Para niños	6	5.86
Casual	1	3.39
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	-

Fuente: (INESCOP, y otros, 2017).

Cabe resaltar que, los calzados de categoría “Profesional” (INESCOP) podrían ser los que más se asemejan al calzado de seguridad. Por esta razón, se realizó la comparación de la huella de carbono de la categoría profesional con los resultados de la línea GYW y línea PU. A continuación, se presenta la siguiente figura donde se compara los resultados con esta categoría.

Figura 32. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU vs Huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría profesional según INESCOP

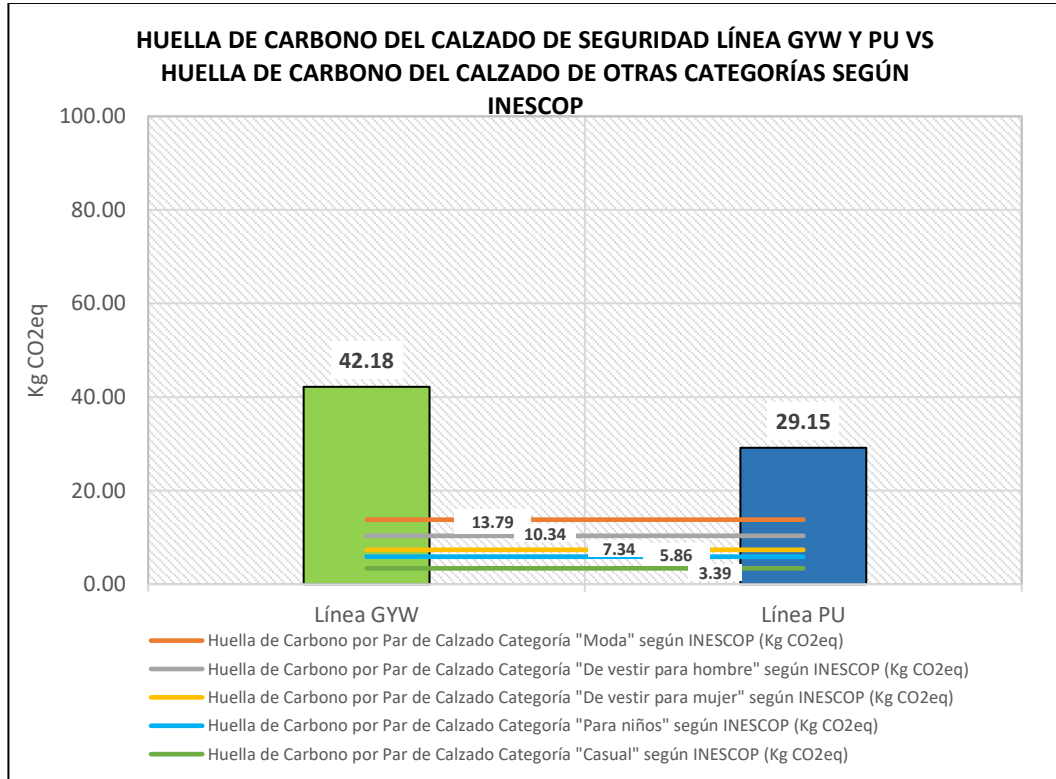


Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq) y línea PU (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq) tienen valores superiores a la huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría "Profesional" según INESCOP (11.65 Kg CO<sub>2</sub>eq). Asimismo, el resultado obtenido de la línea GYW es 3.62 veces mayor que el valor comparado, y el resultado obtenido de la línea PU es 2.50 veces mayor que el valor comparado.

Por otro lado, en la siguiente figura se realiza la comparación de los resultados de la huella de carbono de la línea GYW y línea PU con los resultados de las otras categorías según INESCOP.

Figura 33. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU vs Huella de carbono (promedio) por par de calzado de otras categorías según INESCOP



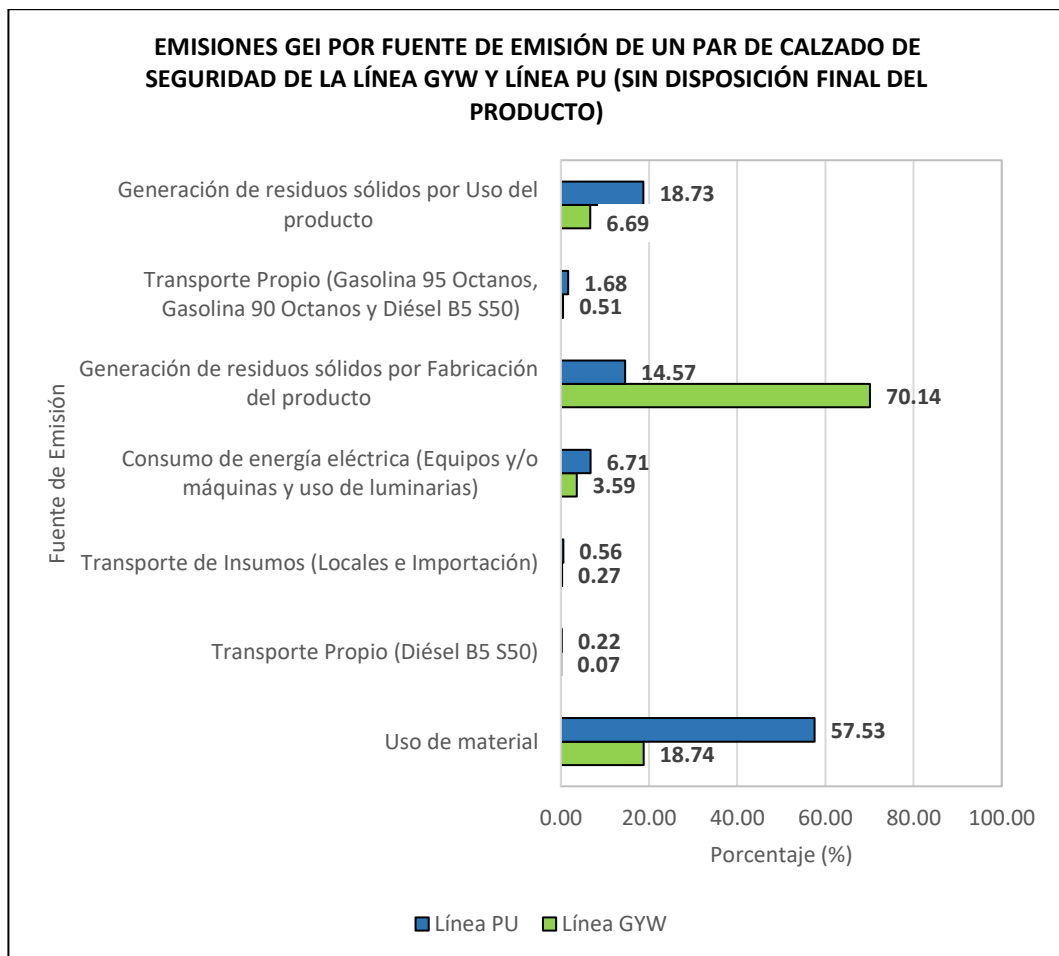
Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea GYW (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq) y línea PU (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq) tienen valores superiores a la huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría "Moda" según INESCOP (13.79 Kg CO<sub>2</sub>eq). La categoría "Moda" es la categoría que presenta la mayor huella de carbono a comparación de las otras categorías (de vestir para hombre, de vestir para mujer, para niños y casual) del proyecto de INESCOP. Asimismo, el resultado obtenido de la línea GYW es 3.06 veces mayor que el valor de la categoría "Moda", y el resultado obtenido de la línea PU es 2.11 veces mayor que el valor de la categoría "Moda".

### 5.1.3.2 Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a otras huellas de carbono del calzado a nivel internacional

Asimismo, se calcula la huella de carbono sin considerar el proceso de disposición final del producto para ambas líneas de producción (GYW y PU), y se obtiene los siguientes resultados:

Figura 34. Emisiones GEI por Fuente de emisión de un par del calzado de seguridad (sin considerar el proceso de disposición final del producto) de la línea GYW y línea PU



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 68. Estimación de la huella de carbono de un par de calzado de seguridad (sin considerar el proceso de disposición final del producto) de la línea GYW y línea PU

Proceso	Fuente de emisión	Alcance	Línea GYW		Línea PU	
			Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)	Emisiones GEI (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje (%)
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	3	3.54	18.74	3.07	57.53
Transporte de Material e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	1	0.01	0.07	0.01	0.22
	Transporte de Insumos (Locales e Importación)	3	0.05	0.27	0.03	0.56
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	2	0.68	3.59	0.36	6.71
	Generación de residuos sólidos	3	13.23	70.14	0.78	14.57
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	1	0.10	0.51	0.09	1.68
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	3	1.26	6.69	1.00	18.73
<b>Huella de Carbono de un Par de Calzado de Seguridad (sin disposición final del producto) (Kg CO<sub>2</sub>eq)</b>			<b>18.87</b>	<b>100.00</b>	<b>5.34</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

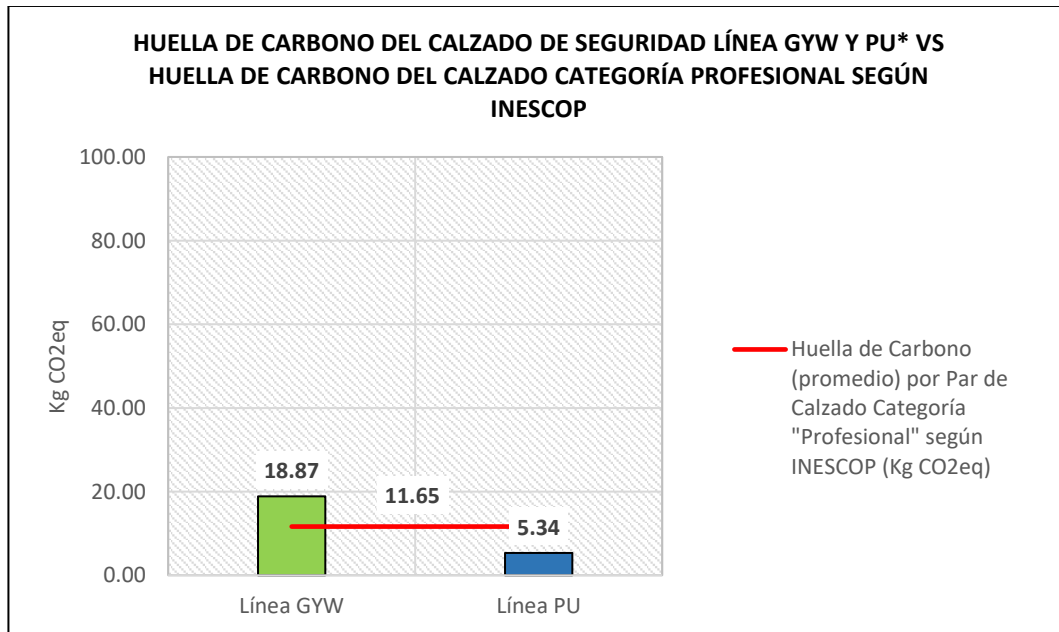
De la tabla anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, sin considerar el proceso de disposición final del producto, de la línea GYW es de 18.87 Kg CO<sub>2</sub>eq, que es 2.24 veces menor que el valor obtenido anteriormente para la línea GYW (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq), por otro lado, respecto a la línea PU es de 5.34 Kg CO<sub>2</sub>eq, que es 5.46 veces menor que el valor obtenido anteriormente para la línea PU (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq).

#### **5.1.3.2.1 Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono del calzado categoría “Profesional” según INESCOP**

Asimismo, se realiza una comparación de la huella de carbono del calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU con la huella de carbono (promedio) del calzado categoría “Profesional” del proyecto *“Huella de carbono en calzado (CO2Shoe)”* desarrollado por el Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP) y otros (2017).

Cabe resaltar que, los calzados de categoría “Profesional” (INESCOP) podrían ser los que más se asemejan al calzado de seguridad. Por esta razón, se realiza la comparación de la huella de carbono de la categoría profesional con los resultados de la línea GYW y línea PU. A continuación, se presenta la siguiente figura donde se compara los resultados con esta categoría.

Figura 35. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU\* vs Huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría profesional según INESCOP



\* Los resultados obtenidos de la línea GYW y línea PU no incluye las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

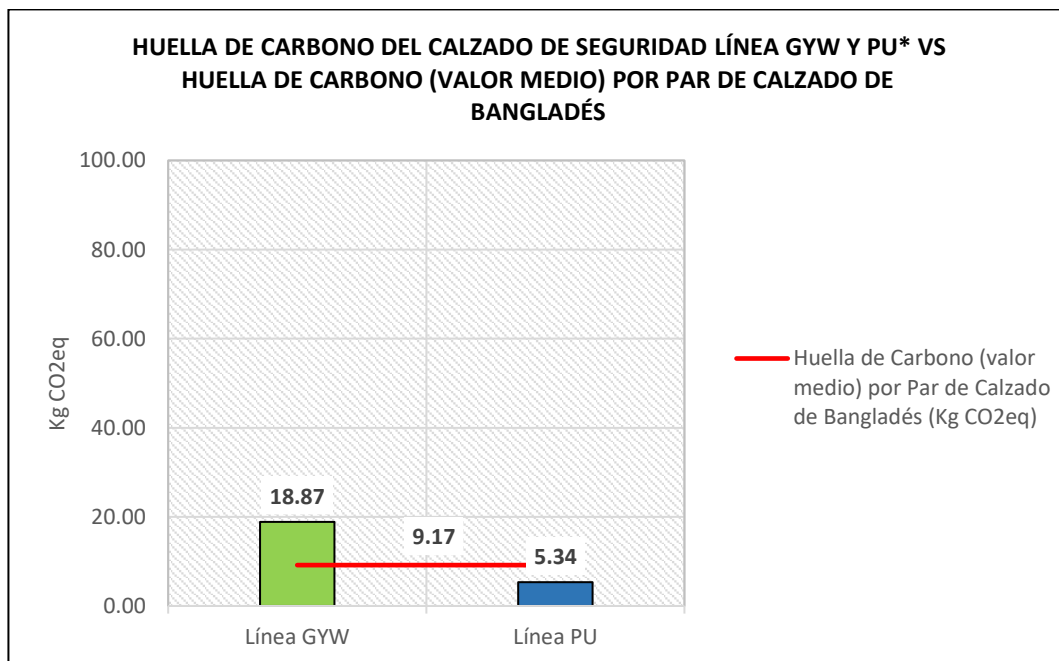
De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, sin considerar las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto, de la línea GYW (18.87 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.62 veces mayor que el valor de la huella de carbono (promedio) por par de calzado categoría "Profesional" según INESCOP (11.65 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, respecto a la línea PU es 2.18 veces menor que el valor comparado.



### 5.1.3.2.2 Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono del calzado de Bangladés

Según el trabajo de investigación “Evaluación de la huella de carbono y las emisiones de COV causadas por el proceso de fabricación de la industria del calzado en Bangladesh” (Mahmud, Rashed-UI-Islam, Islam, Moin, & Rahman, 2020), donde participan diez (10) fábricas de calzado, se obtiene que la huella de carbono de un par de zapatos es de 9.174979 Kg CO<sub>2</sub>eq.

Figura 36. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU\* vs Huella de carbono (valor medio) por par de calzado de Bangladés



\* Los resultados obtenidos de la línea GYW y línea PU no incluye las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

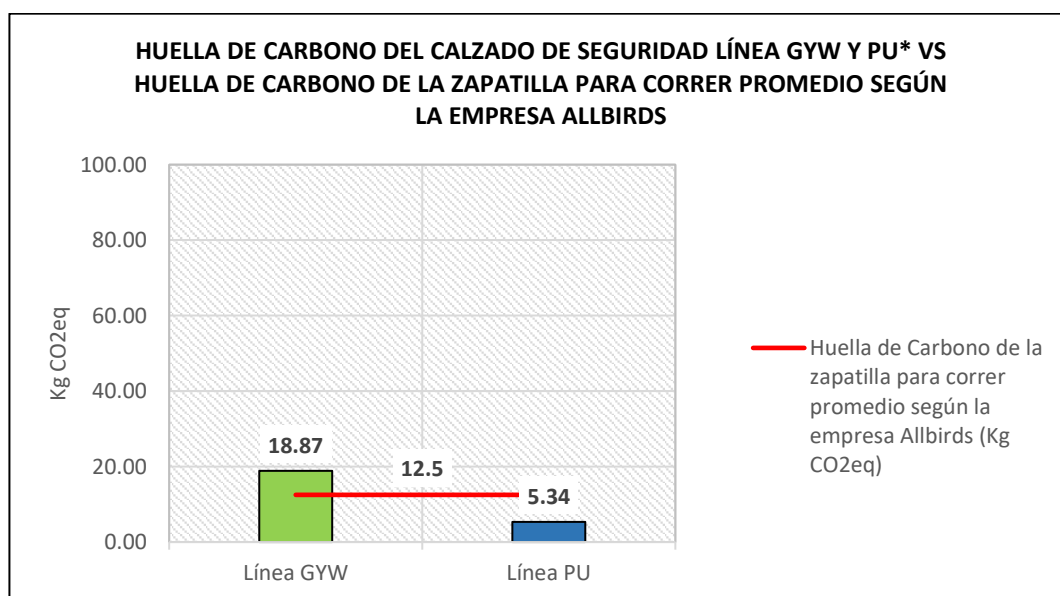
De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, sin considerar las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto, de la línea GYW (18.87 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 2.06 veces

mayor que el valor de la huella de carbono (valor medio) por par de calzado de Bangladés (9.17 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, respecto a la línea PU (5.34 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.72 veces menor que el valor comparado.

### 5.1.3.2.3 Resultados obtenidos (sin considerar el proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono de la zapatilla para correr promedio según la empresa Allbirds

Según las estimaciones de la empresa Allbirds, la zapatilla para correr promedio produce alrededor de 12.5 Kg CO<sub>2</sub>eq (Godio, 2021). Asimismo, se procede a realizar la comparación con los resultados obtenidos.

*Figura 37. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU\* vs Huella de carbono de la zapatilla para correr promedio según la empresa Allbirds*



\* Los resultados obtenidos de la línea GYW y línea PU no incluye las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, sin considerar las emisiones GEI producidas en el proceso de

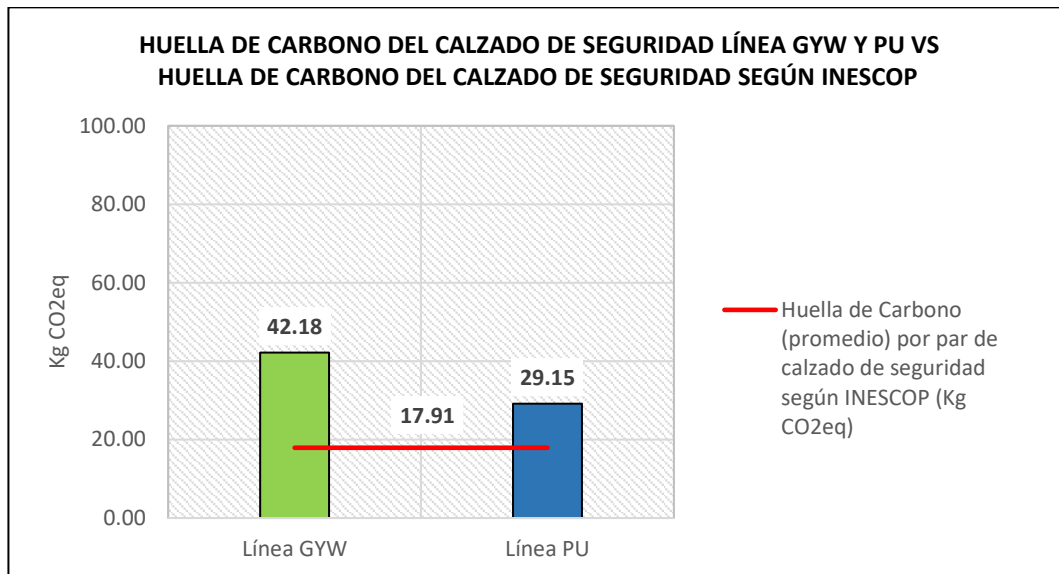
disposición final del producto, de la línea GYW (18.87 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.51 veces mayor que el valor de la huella de carbono de la zapatilla para correr promedio según la empresa Allbirds (12.5 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, respecto a la línea PU (5.34 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 2.34 veces menor que el valor comparado.

### **5.1.3.3 Resultados obtenidos (con y sin proceso de disposición final del producto) respecto a la huella de carbono de un par de calzado de seguridad según INESCOP**

Según el proyecto de investigación "*Ecodiseño y huella ambiental del calzado*" (Muñoz, y otros, 2020), el calzado de seguridad genera alrededor de 17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq. Asimismo, se procede a realizar la comparación con los resultados obtenidos.

A continuación, se presenta la comparativa con los resultados que se obtienen considerando el proceso de disposición final del producto.

Figura 38. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU vs Huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, considerando las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto, de la línea GYW (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 2.36 veces mayor que el valor de la huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP (17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, respecto a la línea PU (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.63 veces mayor que el valor comparado. Por lo tanto, se confirma la hipótesis planteada.

La diferencia entre estos resultados también podría ser condicionado por las políticas y/o normativas ambientales vinculadas a la huella de carbono que adoptan los países. En el caso de la Unión Europea, a diferencia de Perú, cuenta con más políticas ambientales vinculadas a la huella de carbono como el Pacto Ambiental Verde Europeo, Plan de Acción para la Economía Circular, Estrategia Industrial Europea, Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030: "Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible", asimismo, han

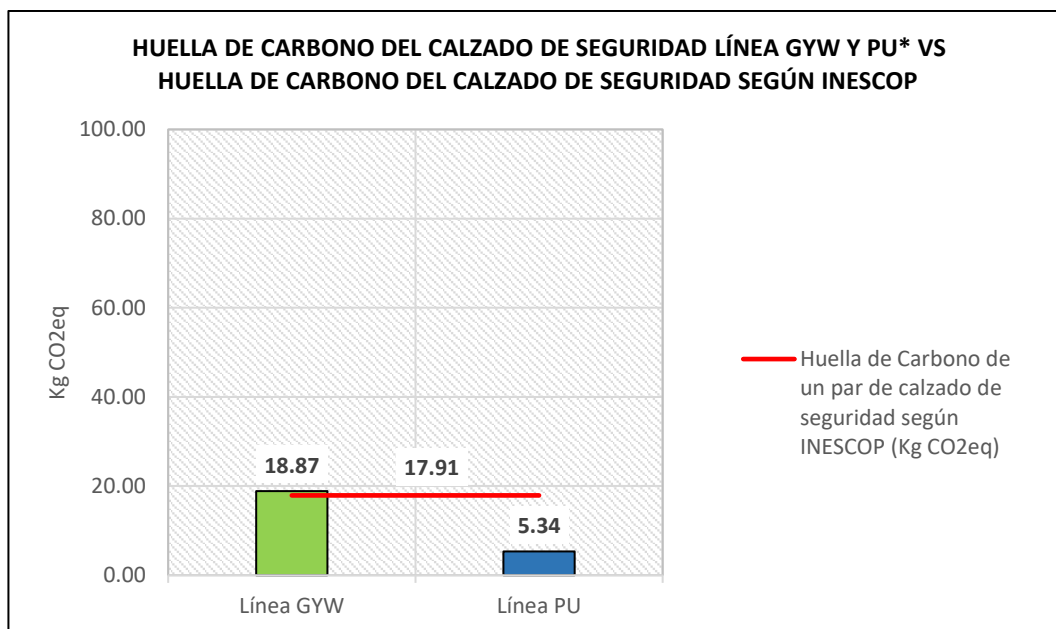
desarrollado una guía de ecodiseño para la industria del calzado (2020), donde se presentan las directrices de diseño ecológico.

A partir de los resultados obtenidos, la empresa de calzado de seguridad, plantea afrontar una serie de desafíos con el apoyo del CITEccal Lima, en beneficio del sector cuero y calzado. A continuación, se presenta lo siguiente:

- Métodos de higienización de calzado de segundo uso. Precedente: En algunas empresas donde se da alta rotación de personal, el calzado de segundo uso no es bien visto, por lo que, una buena opción podría ser plantear procesos de higienización para el calzado de seguridad de segundo uso y de sensibilización entre los usuarios, así la vida útil de los calzados de seguridad se podría ampliar. Cabe resaltar que, a mayor duración del calzado de seguridad, menor es el impacto global que tiene el producto.
- Concientización acerca de las nuevas tendencias en calzado de seguridad. Precedente: Actualmente, algunas nacionales y marcas extranjeras vienen desarrollando un calzado de seguridad mucho más ligero y confortable sin comprometer la protección que brinda el calzado de seguridad. Esto no sólo involucra un cambio en el pensamiento del consumidor (que usualmente asocia mayor peso del calzado con robustez y calidad), sino también la promoción y desarrollo de nuevos materiales.
- Calzado que facilite su renovación. Precedente: Usualmente el personal que ocupa cargos a largo plazo dentro de las empresas, como los ingenieros de campo y supervisores, mantienen el calzado por periodos de tiempo prolongados, por lo que, se podría plantear la renovación de piezas del calzado de seguridad (cambio de componentes gastados), sin exigir cambio de calzado, para extender aún más su vida útil. Esto representa un desafío en la forma en cómo se diseñan los calzados y una oportunidad para alimentar a la industria conexas de la renovación de calzado. Cabe resaltar que, a mayor duración del calzado de seguridad, menor es el impacto global que tiene el producto.

Por otro lado, a continuación, se presenta la comparativa con los resultados que se obtienen sin considerar el proceso de disposición final del producto.

*Figura 39. Huella de carbono del calzado de seguridad línea GYW y línea PU\* vs Huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP*



\* Los resultados obtenidos de la línea GYW y línea PU no incluye las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la figura anterior, se observa que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad, sin considerar las emisiones GEI producidas en el proceso de disposición final del producto, de la línea GYW (18.87 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.05 veces mayor que el valor de la huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP (17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, respecto a la línea PU (5.34 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 3.35 veces menor que el valor comparado.

#### 5.1.3.4 Comparativa de los materiales que contiene el calzado de seguridad de la línea GYW y línea PU respecto a otros calzados

Según el trabajo de investigación “*Assessment of the Carbon Footprint and VOCs Emissions Caused by the Manufacturing Process of the Footwear Industry in Bangladesh*” (Mahmud, Rashed-UI-Islam, Islam, Moin, & Rahman, 2020), donde participan diez (10) fábricas de calzado, se obtiene que la huella de carbono de un par de zapatos es de 9.174979 Kg CO<sub>2</sub>eq. Asimismo, en el desglose de materiales de un calzado de referencia se tienen los siguientes componentes:

Tabla 69. Materiales que contiene un par de calzado de referencia

N°	Material que contiene un par de calzado de referencia
1	Cuero de vaca
2	Forro de cuero (Cerdo)
3	Tejidos y entretelas (Textil)
4	Pegamento
5	EVA
6	Solvente
7	Papel
8	Cordón
9	Suela (PU)

Fuente: (Mahmud, Rashed-UI-Islam, Islam, Moin, & Rahman, 2020).

Según el proyecto “*Analyzing the Environmental Impacts of Simple Shoes*” (Albers, Canepa, & Miller, 2008), los componentes y/o materiales que contiene un par de calzado son los siguientes:

Tabla 70. Materiales que contiene un par de calzado de referencia

N°	Material que contiene un par de calzado de referencia
1	Goma Crepe
2	Cáñamo
3	Algodón Orgánico
4	Etileno Acetato de Vinilo (EVA)
5	Algodón
6	Tereftalato de polietileno (PET)
7	Espuma de poliuretano (PU)
8	Goma Silicona
9	Nylon 6
10	Cuero

Fuente: (Albers, Canepa, & Miller, 2008).

En el presente estudio, como se mencionó anteriormente, Respecto a la disposición final de los calzados de seguridad, se consideró variable debido a que depende del tipo de tratamiento que los consumidores le dan al producto después del uso. Por esta razón, para fines de este estudio se realizó las consultas a una empresa que adquirió calzados de seguridad para sus trabajadores, que afirmó que la empresa vende los calzados de seguridad a un chatarrero al final de su vida útil. Por tal motivo, para el cálculo de las emisiones GEI del proceso de disposición final del calzado de seguridad, solo se tomó en cuenta los residuos sólidos, al final de la vida útil, de los componentes de los calzados de seguridad vendidos sin considerar las suelas de los calzados (componente reciclado por el chatarrero) y tampoco el envase de cartón. Los componentes al ser reciclados pasan a un proceso productivo diferente y por ende vuelven a ser tomados como materia prima.

A continuación, se presentan aquellos componentes que se consideraron como residuos sólidos que terminan en el vertedero en el proceso de disposición final de los calzados de seguridad de la línea GYW y línea PU.

*Tabla 71. Materiales que contiene un par de calzado de seguridad de la línea GYW*

N°	Materiales que contiene un par de calzado de seguridad GYW
1	Banderita Lateral H&S L/Naranja 446931
2	Pegamento Para Pistola Arteplack
3	Poliamida 1.5 Jungla Negro Con Raya Naranja (Walker, Heraldo 2017)
4	Hilo N° 40 Nylon Bondeado Blanco
5	Espuma SP5000 1/4 Pulg Lengua / 580
6	Cuero Sintetico PU Negro 1.4 mmX54" (PU Leather/B293P19C1)
7	Cuero Box 2.00 Negro (Cuero)
8	Hilo N° 40 Nylon Bondeado Gris (1530)
9	Espuma 580 1/2 Pulg / 420
10	Malla Spacer Plomo SY149 (Tela)
11	Cuero Sintetico Pu P/Lengua 0.8MMX54" (TAP 08/K2786)
12	Cerote Solido SM
13	Pegamento Cemento Universal//Fortik 2015 FL
14	Grapas 99/13
15	Pegamento Regia CR SM//Fortik 1034
16	Hilo N° 18 Negro
17	Hilo N° 18 Blanco
18	Cambrera Doble Vena Hierro GYW
19	Cercos Pvc Negro 951 EN T
20	Falsa Texon 2.5 MM
21	Plantilla Comfortho Naranja/Negro Logo Holz Stein T.41
22	Crema Box A-330 Incoloro x 5LT
23	Pasador Plano 1.00 Negro/Plomo
24	Espagueti Blanco



25	Resbalador de Horma 4620
26	Alambre Armad GYW 0.55
27	Talonera 1.5 MM Walker PU Grande T0467
28	Halogeno Contratipo
29	Activador//Reticulador Fortik 530 DPP10
30	Puntera Acero 1459 N°8 MR

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Tabla 72. Materiales que contiene un par de calzado de seguridad de la línea PU

N°	Material que contiene un par de calzado de seguridad PU
1	Banderita Lateral Eins L/Naranja 445974
2	Hilo N° 40 Nylon Bondeado Blanco
3	Poliamida 1.5 Jungla Negro con Raya Naranja (Walker, Heraldo 2017)
4	Pegamento para Pistola Arteplack
5	Espuma SP5000 1/4 Pulg Lengua / 580
6	Cuero Box 2.00 Negro
7	Carnaza Negra Pintada 1.8 Curpisco
8	Cuero Sintético PU NEGRO 1.4 mmX54" (PU Leather/B293P19C1)
9	Hilo N° 40 Nylon Bondeado Gris (1530)
10	Espuma 580 1/2 Pulg / 420
11	Malla Spacer Plomo SY149
12	Cuero Sintético PU P/Lengua 0.8MMX54" (TAP 08/K2786)
13	Pegamento Regia CR SM//Fortik 1034
14	Espaguete Blanco
15	Desmoldante Monodensidad
16	Crema Box A-330 Incoloro x 5LT
17	Tinte P/Retoque Base Fondo Crust Negro x 5LT
18	Plantilla Comfortho Naranja/Negro Logo Eins T.41
19	Pasador Plano 1.00 Negro/Plomo
20	Resbalador de Horma 4620
21	Falsa Strobel PU 2.5 MM
22	Puntera Acero 1459 N°9 MR
23	Hilo N° 2.4 Blanco
24	Talonera Walker Nuevo 1.5 mm N°42
<b>Total</b>	

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Por lo tanto, se podría decir que, uno de los motivos por los cuales se obtiene mayores resultados de emisiones GEI producidos por el proceso de disposición final de los calzados de seguridad de la línea GYW y línea PU es porque se abarca mayores componentes y/o materiales, a comparación de los calzados de referencia de otros estudios, los cuales generan mayores cantidades de residuos sólidos que terminan en un vertedero.

## 5.2 INCERTIDUMBRE

### 5.2.1 Incertidumbre del nivel de actividad

Para este estudio, la incertidumbre del nivel de actividad se evalúa de manera cualitativa por cada fuente identificada. Se utilizan los criterios de incertidumbre descritos en la guía técnica “Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI” (MINAM, 2021). A continuación, se presenta los tres niveles para la incertidumbre del nivel de actividad:

*Tabla 73. Criterios para la incertidumbre*

Criterio de Incertidumbre	Descripción
Limitado	Los datos de nivel de actividad provienen de estimaciones, generalmente realizadas por juicio de experto o donde se tiene cierta incertidumbre sobre su valor real. En muchos casos, el valor del nivel de actividad no es fácilmente reproducible.
Aceptable	Los datos de nivel de actividad provienen de cálculos que es posible reproducir. En algunos casos se incluyen encuestas, con un intervalo de confianza mínimo de 90% y error del 10%.
Razonable	Los datos de nivel de actividad están respaldados por evidencia documentaria de un tercero: facturas, boletas de venta, etc. Los datos reportados suelen ser medidos con equipos calibrados, según la legislación nacional.

Fuente: (MINAM, Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI, 2021).

Asimismo, se considera la incertidumbre común entre las fuentes identificadas para la incertidumbre final del nivel de actividad. A continuación, se presenta la incertidumbre del nivel de actividad.

Tabla 74. Incertidumbre del nivel de actividad

Proceso	Fuente de emisión	Nivel de Actividad	Incertidumbre	
			Línea GYW	Línea PU
Obtención de Materiales e Insumos	Uso de material	Cantidad y tipo de material.	Razonable	Razonable
Transporte de Materiales e Insumos	Transporte Propio (Diésel B5 S50)	Consumo de combustible, por tipo.	Razonable	Razonable
	Transporte de Insumos (Locales e importación)	Distancia recorrida y peso de la carga.	Aceptable	Aceptable
Fabricación del Producto	Consumo de energía eléctrica (Equipos y/o máquinas y uso de luminarias)	Consumo mensual de electricidad por equipos y/o máquinas y uso de luminarias.	Limitado	Limitado
	Generación de residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos.	Razonable	Razonable
Distribución del Producto	Transporte Propio (Gasolina 95 Octanos, Gasolina 90 Octanos y Diésel B5 S50)	Consumo de combustible, por tipo.	Razonable	Razonable
Uso del Producto	Generación de residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos.	Razonable	Razonable
Disposición Final del Producto	Generación de residuos sólidos	Cantidad y tipo de residuos.	Razonable	Razonable

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

De la tabla anterior, se observa que la incertidumbre del nivel de actividad el 75% se clasifica como “Razonable”, el 12.5% se clasifica como “Aceptable” y el otro 12.5% se clasifica como “Limitado” tanto para línea GYW y Línea PU.

### 5.2.2 Incertidumbre combinada para fuentes indirectas (Alcance 3)

Se utiliza el procedimiento del cálculo de incertidumbre para datos de una muestra combinada de datos indirectos descrito en el documento “*GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty*” (Palomino, 2019). Este cálculo depende de parámetros estadísticos como media aritmética, desviación estándar e intervalos de confianza. A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas:

Media Aritmética:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

Desviación Estándar:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\text{Incertidumbre individual} = \frac{s * t}{\sqrt{N}}$$

Para la incertidumbre combinada para fuentes indirectas (Alcance 3), se tiene:

$$\text{Incertidumbre} = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^E (\text{Numero Datos}_i * \text{Incertidumbre}_i)$$

El valor de E es el número total de datos, es decir la sumatoria de los datos por cada alcance o fuente indirecta.

Los valores de t para el cálculo de las incertidumbres individuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 75. Factores t para el nivel de confianza de 95%

Número de medidas o datos	Factor t para 95%
3	4.30
5	2.78
8	2.37
10	2.28
50	2.01
100	1.98
∞	1.96

Fuente: (GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Tabla 1).

Luego de aplicadas las ecuaciones, los valores de incertidumbre de los resultados, es de  $\pm 5.53\%$  respecto al valor calculado para el total de las emisiones indirectas (Alcance 3) para la línea GYW y  $\pm 5.42\%$  respecto al valor calculado para el total de las emisiones indirectas (Alcance 3) para la línea PU. Estos valores estimados de la incertidumbre, se compara con los valores estándares presentados en la siguiente tabla, donde se establecen los niveles de incertidumbre por intervalos.

*Tabla 76. Rangos de precisión de datos e intervalos correspondientes usados en GHG Protocol uncertainty tool*

Precisión de los datos	Intervalos para el porcentaje del valor principal
Alto	$\pm 5\%$
Bueno	$\pm 15\%$
Justo	$\pm 30\%$
Pobre	$> 30\%$

Fuente: (GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Tabla 2).

Luego de la comparación de los valores estimados de la incertidumbre con los valores estándares, se establece que el cálculo de las emisiones indirectas (Alcance 3) de la Huella de Carbono del calzado de seguridad de línea GYW y línea PU presentan niveles de precisión entre bueno y alto para ambos casos, por lo tanto, se validan y se tiene el nivel de certeza estadística buena respecto a los resultados obtenidos en ambas líneas de producción de calzado de seguridad.

### 5.3 MEDIDAS DE ECOEFICIENCIA

#### 5.3.1 Medidas de ecoeficiencia respecto a la generación de residuos sólidos

- Desarrollar procesos de producción más eficientes, flexibles y resilientes a través de la implementación de los principios de la economía circular como el ecodiseño, el reciclaje y la revalorización de residuos y desarrollar productos de máxima calidad y confort que aumenten la vida útil del calzado (CCI & INESCOP, 2020). Esto puede lograrse con las alianzas estratégicas públicas y privadas como los centros de innovación (Ej. CITEccal-Lima y la academia) que promueven la innovación del sector calzado como elemento clave para mejorar la competitividad. Asimismo, establecer sinergias e invertir en investigación I+D+I a través de proyectos conjuntos, sobretodo de aquellos que fomenten la economía circular de productos y residuos. Cabe resaltar que, CITEccal-Lima viene desarrollando proyectos innovadores, como la obtención de colágeno, haciendo uso de residuos de cuero, que podrían ser utilizados para fines industriales (Ej. productos de colas). También, emplean métodos como vermicompostaje haciendo uso de residuos de cuero para la obtención de abono (vermicompost o humus de lombriz), y viene haciendo pruebas en plantas. Por otro lado, algunas empresas de zapatillas como Adidas y Allbirds, quienes se han puesto como objetivo crear las zapatillas deportivas con menos huella de carbono, han aplicado ecodiseño, obteniendo un valor de 63% menos de emisiones GEI. Adidas y Allbirds presentaron una zapatilla para correr denominada “FUTURECRAFT.FOOTPRINT”, con una huella de carbono de 2,94 Kg CO<sub>2</sub>eq por par de zapatilla. Según los cálculos de Allbirds, la zapatilla para correr promedio produce alrededor de 12.5 Kg CO<sub>2</sub>eq. El diseño de la zapatilla “FUTURECRAFT.FOOTPRINT” presenta un nuevo material fabricado, que se caracteriza por ser ligero y sostenible, con un 70% de poliéster reciclado y un 30% de Tencel natural, que está hecho de pulpa de madera (Godio, 2021).

### **5.3.2 Medidas de ecoeficiencia respecto al uso de materiales e insumos**

- Mejorar la transparencia y la trazabilidad en la cadena de suministro de los materiales y componentes utilizados para la fabricación del calzado de seguridad, lo que implicaría vincularse con proveedores cuya obtención de las materias primas y componentes lo realicen de manera responsable (CCI & INESCOP, 2020). Asimismo, crear una base de datos de materiales y proveedores clasificándolos en función a la cantidad de compromisos ambientales que han asumido.
- Invertir en innovación en la fase de creación y diseño, que permita crear un calzado confortable que se adapte a las necesidades específicas del consumidor. Se puede mejorar el confort a través de la selección de materiales sostenibles y saludables, o realizar análisis funcionales (CCI & INESCOP, 2020). Se recomienda reemplazar materiales y/o componentes como aceites minerales por aceites orgánicos para la fabricación de caucho; asimismo, este también podría ser reemplazado por el caucho TR, que es un material termoplástico con menor peso, mayor flexibilidad y buena resistencia. Por otro lado, también se podría reemplazar otros componentes como las punteras metálicas por punteras de policarbonato. Otro punto es, sustituir hidrocarburos por enzimas en la fabricación del cuero.

### **5.3.3 Medidas de ecoeficiencia respecto al consumo de energía eléctrica**

- Implementar tecnologías más eficientes con el uso de la energía, así como apostar por el uso de las energías más sostenibles o tecnologías que no dependan de sistemas de suministro de energía eléctrica exteriores, la forma más eficiente es mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos, transformando la energía solar en energía eléctrica. Estas tecnologías se pueden ir implementando de manera gradual en la fabricación del calzado de seguridad, principalmente las del área de armado o montaje, donde el consumo de energía eléctrica es mayor.

- Capacitar al personal para el uso ecoeficiente de energía eléctrica, asimismo, apagar los equipos eléctricos y electrónicos cuando no se requiera su inmediata utilización y realizar el mantenimiento periódico de estos equipos.
- Utilizar luminarias de bajo consumo y limpiar de manera periódica las luminarias utilizadas, principalmente durante la fabricación del producto. Cada luminaria podría evitar la emisión de 400 Kg de CO<sub>2</sub> a lo largo de su vida útil (OMS, 2008).

#### **5.3.4 Medidas de ecoeficiencia respecto al consumo de combustible**

- Optar por los otros tipos de combustible como Gas Natural o Gas Licuado de Petróleo (GLP), los cuales son los combustibles con menor índice de contaminación (Decreto Supremo N° 003-2018-MINAM, 2018). Si en caso sea posible, identificar vehículos aptos para la conversión a sistema dual gasolina-GNV/GLP. Cabe resaltar que, en un transporte diésel, por cada litro que se gaste a los 100 km, se producen 26,1 g de CO<sub>2</sub> aproximadamente. En un transporte de gasolina, por cada litro gastado a los 100 km, se podrían producir hasta 23 g de CO<sub>2</sub>. En un transporte a GLP, por cada litro gastado a los 100 km, puede llegar a producir hasta 16,2 g de CO<sub>2</sub>. En un transporte a gas natural, por cada metro cúbico de gas que se gaste a los 100 km, se producen aproximadamente 17,7 g de CO<sub>2</sub>; por esta razón, se sugiere la sustitución de los combustibles (Ibáñez, 2012).
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo de revisión de fugas y desperfectos de los vehículos utilizados por la empresa y llevar un control del estado de los vehículos.

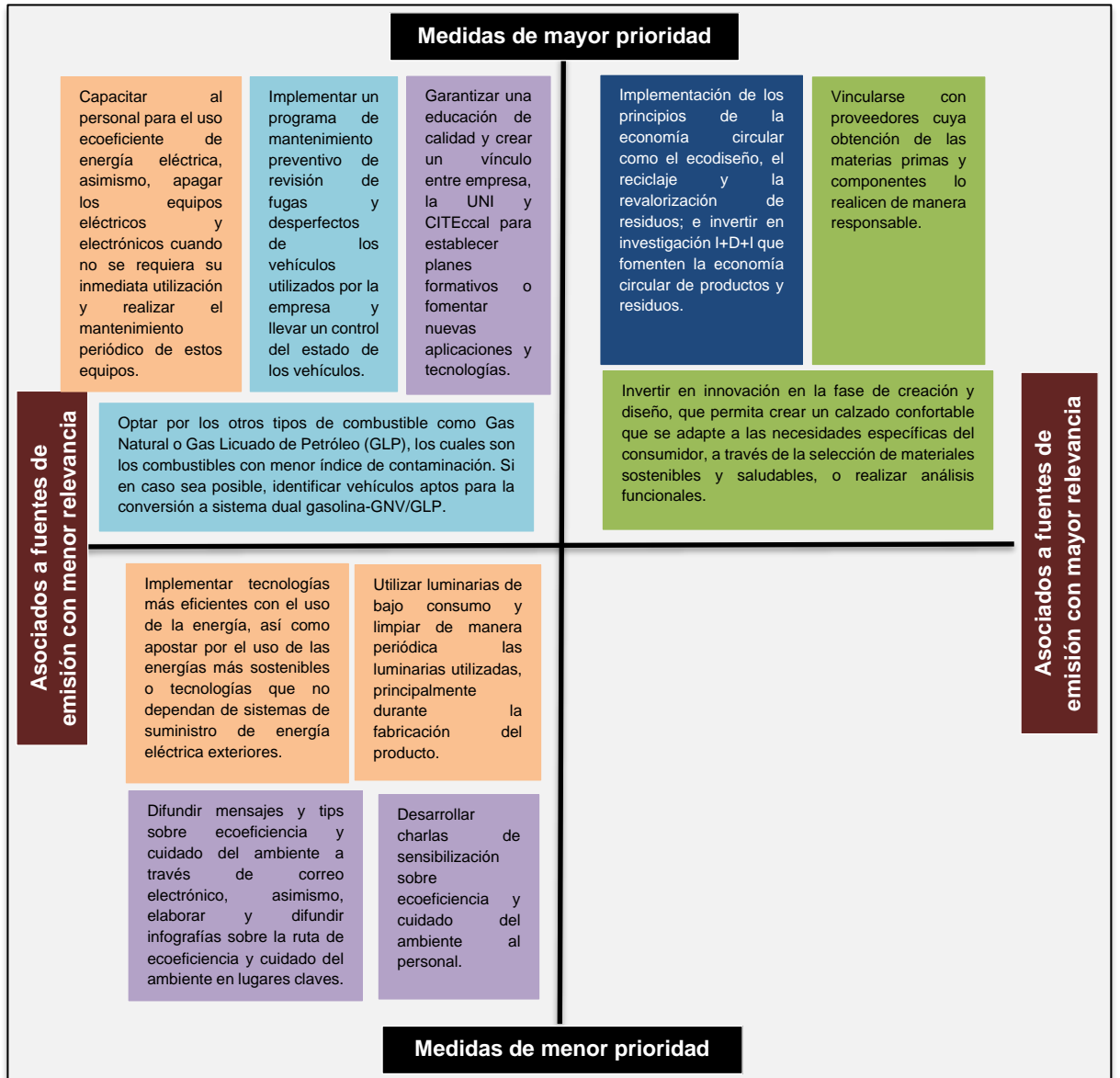


### **5.3.5 Medidas de educación, comunicación y sensibilización en ecoeficiencia**

- Garantizar una educación de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente, mediante la creación de un vínculo entre la empresa de calzado de seguridad, la Universidad Nacional de Ingeniería y el CITEccal Lima para establecer planes formativos o fomentar la formación en nuevas aplicaciones y tecnologías para el sector cuero y calzado que faciliten una producción más eficiente y sostenible.
- Difundir mensajes y tips sobre ecoeficiencia y cuidado del ambiente a través de correo electrónico, asimismo, elaborar y difundir infografías sobre la ruta de ecoeficiencia y cuidado del ambiente en lugares claves.
- Desarrollar charlas de sensibilización sobre ecoeficiencia y cuidado del ambiente al personal.

En la siguiente figura, se presentan las medidas en función a sus fuentes de emisión de mayor impacto y por su nivel de prioridad.

Figura 40. Medidas de ecoeficiencia



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se concluye que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea de producción Goodyear Welt (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 2.36 veces mayor que el valor de la huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP (17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por lo tanto, se confirma la hipótesis planteada.
- Se concluye que la huella de carbono de un par de calzado de seguridad de la línea de producción Poliuretano (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq) es 1.63 veces mayor que el valor de la huella de carbono del calzado de seguridad según INESCOP (17.91 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por lo tanto, se confirma la hipótesis planteada.
- De los resultados obtenidos, se concluye que un par de calzado de seguridad de la línea de producción Poliuretano (29.15 Kg CO<sub>2</sub>eq) es un producto más amigable con el medio ambiente que un par de calzado de seguridad de la línea de producción Goodyear Welt (42.18 Kg CO<sub>2</sub>eq). Por otro lado, en el periodo de Marzo 2019 hasta Febrero 2020, la producción anual de pares de calzados de seguridad de la línea Poliuretano fue mayor que la producción anual de pares de calzados de seguridad de la línea Goodyear Welt, obteniéndose un total de emisiones GEI de 7 768 261.73 Kg CO<sub>2</sub>eq y 4 720 085.17 Kg CO<sub>2</sub>eq respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar las medidas de ecoeficiencia planteadas en el presente estudio respecto a la generación de residuos sólidos, uso de materiales e insumos, consumo de energía eléctrica y consumo de combustible e implementar medidas adicionales respecto a educación, comunicación y sensibilización en ecoeficiencia; y que estas se apliquen de manera gradual empezando por las medidas de mayor prioridad asociados a las fuentes de emisión de mayor relevancia.
- Se recomienda apostar por la innovación estableciendo alianzas estratégicas con centros de innovación como vía para llegar a la sostenibilidad y la industrialización, buscando alternativas de fomenten la economía circular de materiales y residuos.
- Se recomienda vincularse con proveedores cuya obtención de las materias primas y componentes lo realicen de manera responsable y elegir los materiales e insumos que permitan mejorar la calidad, producir más sostenible y a la vez, ampliar la vida útil de los calzados de seguridad.
- Se recomienda ajustar los factores de emisión generales por factores de emisión más específicos empleados en los materiales y/o componentes para el cálculo de huella de carbono del producto, debido a que en el presente estudio se utilizaron factores de manera referencial.

## REFERENCIAS

- Acciona. (2019). #APRENDESOSTENIBILIDAD: *Emisiones de Alcance 1, 2 y 3*. Obtenido de [https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/aprendesostenibilidad-emisiones-de-alcance-1-2-y-3/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/aprendesostenibilidad-emisiones-de-alcance-1-2-y-3/?_adin=02021864894)
- Albers, K., Canepa, P., & Miller, J. (2008). *Analyzing the Environmental Impacts of Simple Shoes*. Degree of Master, University of Santa Barbara, California.
- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Subdirección de Meteorología. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- CCI, & INESCOPE. (Octubre de 2020). *ODS Retos y oportunidades para el sector del calzado*. Obtenido de [http://clustercalzado.es/wp-content/uploads/2020/12/GUIAODS\\_WEB\\_act.pdf](http://clustercalzado.es/wp-content/uploads/2020/12/GUIAODS_WEB_act.pdf)
- Cheah, L., Duque, N., Olivetti, E., Matsumura, S., Forterre, D., Roth, R., & Kirchain, R. (2012). Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production. *Elsevier*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.037>
- Creativa, T. (12 de Marzo de 2019). *Información de mercados: Calzados*. Obtenido de Peru Top Publications: <https://ptp.pe/informacion-de-mercados-calzados/>
- Decreto Supremo N° 003-2018-MINAM. (09 de Mayo de 2018). *Aprueban Índices de Nocividad de Combustibles (INC) para el período 2018-2019*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/DS-N%C2%B0-003-2018-MINAM.pdf>
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. (23 de Mayo de 2009). *Política Nacional del Ambiente*. Lima, Perú. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/politica-nacional-ambiente>
- Decreto Supremo N° 013-2019-MINAM. (31 de Diciembre de 2019). *Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático*. Lima, Perú.

- Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-la-ley-n-30754-decreto-supremo-n-013-2019-minam-1842032-2>
- Delgado, R. (2018). *Cálculo de la huella de carbono en la producción de concentrado de fruta: Agroindustrias Marsa SRL, Arequipa*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Diario Gestión . (15 de Julio de 2021). *Perú actualizó su compromiso climático: su meta ahora es reducir emisiones al 40% al 2030*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/peru-actualizo-su-compromiso-climatico-su-meta-ahora-es-reducir-emisiones-al-40-al-2030-noticia/>
- Fisher, B. (04 de Mayo de 2020). *How Sustainable Footwear Can Help Reduce Our Carbon Footprint*. Obtenido de Better World Apparel: <https://betterworldapparel.com/footwear/sustainable-footwear/>
- Friedlingstein, Andrew, & Peters. (2022). (Fondation BNP Paribas) Obtenido de Global Carbon Atlas: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- Gao, T., Liu, Q., & Wang, J. (2013). *A comparative study of carbon footprint and assessment standards*. Institute of Project Management, School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, China.
- (s.f.). *GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Tabla 1*. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghg-uncertainty.pdf>
- (s.f.). *GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. Tabla 2*. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghg-uncertainty.pdf>
- Godio, M. (12 de Mayo de 2021). *Adidas and Allbirds unveil low-carbon-footprint sneaker from their collaboration*. Obtenido de Select: <https://www.nbcnews.com/select/shopping/adidas-allbirds-sustainable-shoe-ncna1267111>
- Ibáñez. (25 de Noviembre de 2012). *¿Qué emite más CO<sub>2</sub>, gasolina o diésel?* Obtenido de Motorpasión: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/que-emite-mas-co-un-coche-de-gasolina-o-un-coche-diesel>

- Ihobe. (2009). *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Gobierno Vasco.
- INESCOP, APICCAPS, FICE, CEC, CTCP, INCDTP, . . . PASSO, I. (2020). *Guía de ecodiseño para la industria del calzado*. LIFE GREEN SHOES 4 ALL · LIFE17 ENV/PT/000337.
- INESCOP, CEC, FICE, CTCP, IPS, & CGS. (25 de Octubre de 2017). *CO2 Shoe Footwear carbon footprint*. Obtenido de <http://www.co2shoe.eu/es/resumen-del-proyecto/achieved-results>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Obtenido de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- IPCC. (2013). *Ficha informativa del IPCC: ¿Qué es el IPCC?* OMM & PNUMA. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/FS\\_what\\_ipcc\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/FS_what_ipcc_es.pdf)
- IPCC. (2015). *Cambio Climático 2014. Mitigación del Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico*. OMM & PNUMA. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5\\_SPM\\_TS\\_Volume\\_es-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume_es-1.pdf)
- ISO 14067. (2018). *Gases de efecto invernadero - Huella de carbono de productos - Requisitos y directrices para cuantificación*.
- Ley N° 28245. (08 de Junio de 2004). *Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/ley-SNGA-28245.pdf>
- Ley N° 28611. (15 de Octubre de 2005). *Ley General del Ambiente*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Ley N° 30754. (18 de Abril de 2018). *Ley Marco sobre Cambio Climático*. Lima, Perú. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-marco-sobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1>
- Mahmud, Y., Rashed-UI-Islam, M., Islam, M., Moin, T., & Rahman, K. (2020). *Assessment of the Carbon Footprint and VOCs Emissions Caused by the*

- Manufacturing Process of the Footwear Industry in Bangladesh.* Bangladesh: Textile & Leather Review. doi:10.31881/TLR.2020.19
- Marin, J., Bautista, Y., & Garcia, J. (2014). Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso. *Intangible Capital*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/16108/Marin%20Garcia,%20Juan%20A.%20Etapas%20en%20la%20evoluci%C3%B3n%20de%20la%20mejora%20continua,%20estudio%20multicaso.pdf>
- MINAM. (2009). *Guía de Ecoeficiencia para Empresas*. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia\\_de\\_ecoeficiencia\\_para\\_empresas.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_de_ecoeficiencia_para_empresas.pdf)
- MINAM. (2016). *El Perú y el Cambio Climático*. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Lima - Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- MINAM. (2020). Curso Virtual "Introducción a la ecoeficiencia en instituciones públicas" 2020-II. *Porcentaje de composición del combustible, valores caloríficos netos (VCN) y factores de emisión de la Dirección del Cambio Climático del MINAM*. Lima, Perú.
- MINAM. (2021). *Calculadora Pública de Huella de Carbono Organizacional y el Sistema de Reconocimiento y Compensación*. Obtenido de Huella de Carbono Perú: <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>
- MINAM. (2021). *Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI*. Huella de Carbono Perú. Obtenido de <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>
- Muñoz, A., Martínez, M., Orgilés, E., Arán, F., Mateu, B., Carbonell, L., & García, N. (2020). *Ecodiseño y huella ambiental del calzado*. INESCOP.
- OMS. (2008). La reducción de su huella de carbono puede ser buena para su salud. Anexo 1.
- Palomino, C. (2019). *Cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería*. Lima-Perú. Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.



- Quantis, Ernst, & Young. (2010). *Product Carbon Footprinting – a study on methodologies and initiatives*. European Commission (DG Environment).
- Rivera, Z. (2013). *Water, energy and carbon footprints of a pair of leather shoes*. Master in Sustainability, Stockholm, Sweden. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19862/Rivera%20Munoz-%20Zayetzi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serweta, W., Gajewski, R., Olszewski, P., Zapatero, A., & Lawinska, K. (Octubre de 2019). Carbon Footprint of Different Kinds of Footwear – a Comparative Study. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. doi:10.5604/01.3001.0013.2907
- Suni, A. (2018). *Cuantificación y determinación de la huella de carbono en la producción de queso artesanal en el pueblo de Chuquibamba*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa - Perú.
- UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting*. (2021). Obtenido de Conversion factors 2021: condensed set (for most users), Version 1.0: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021>

## ANEXOS

### ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA VISITA A LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD

#### ➤ Áreas comunes



Fotografía 1. Almacén de insumos



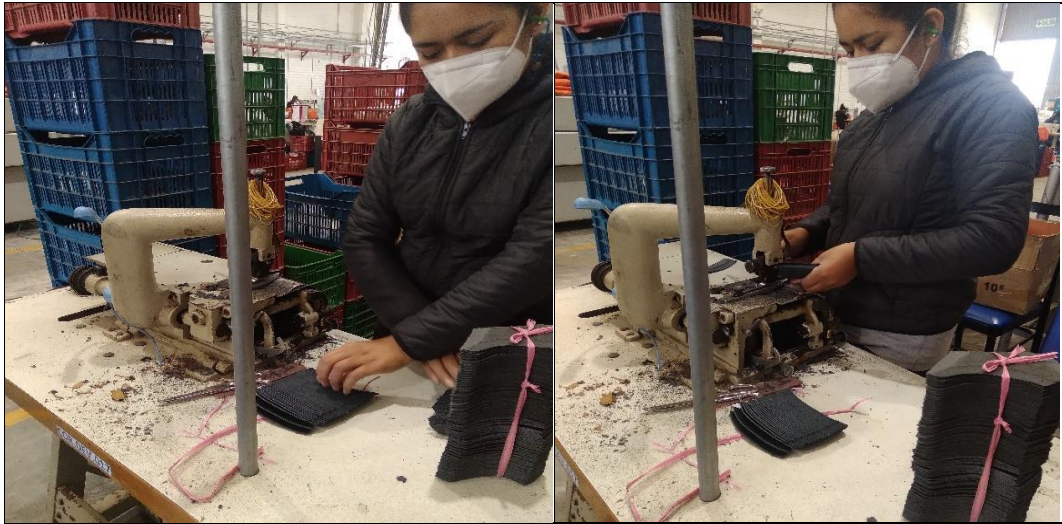
Fotografía 2. Área de corte de pieles (Cuero)



*Fotografía 3. Área de corte (Sintético)*



*Fotografía 4. Control de calidad (Capellada)*



Fotografía 5. Desbaste



Fotografía 6. Área de aparado



Fotografía 7. Preparado de falsas



Fotografía 8. Conformadora de talones



Fotografía 9. Costura de falsa y corte

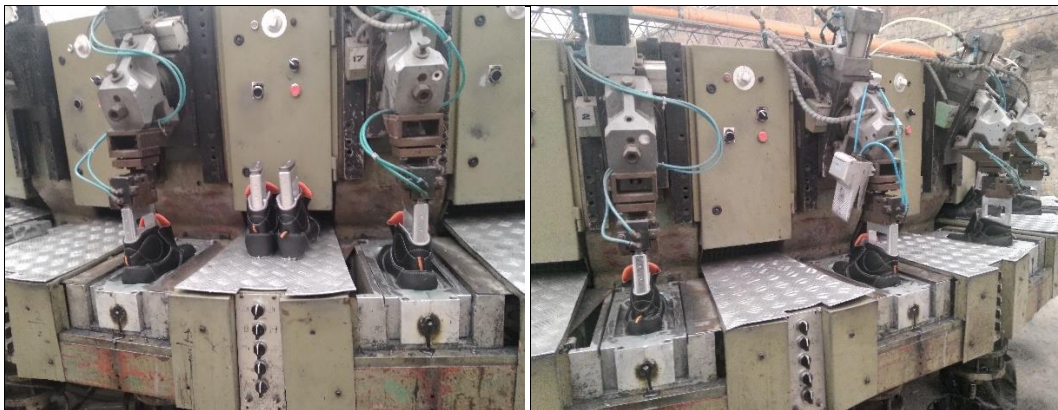


Fotografía 10. Armadora de punta

➤ Poliuretano (PU)



Fotografía 11. Armado



Fotografía 12. Máquina inyectora PU



Fotografía 13. Colada (PU)



Fotografía 14. Acabado y retoque

➤ **Goodyear Welt (GYW)**



Fotografía 15. Aplicación de termoplástico



Fotografía 16. Armadora de punta



Fotografía 17. Máquina de costura de cerco



Fotografía 18. Máquina punteadora





Fotografía 19. Aplicación de pegamento y reactivadora



Fotografía 20. Eliminación de exceso de rebaba y pulido de calzado



Fotografía 21. Acabado

**ANEXO 2. LISTA DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS EN LA LÍNEA GOODYEAR WELT (GYW) Y LÍNEA POLIURETANO (PU)**

<b>Línea GYW</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Bambury	1
Troqueladoras	2
Prensa de zuelas	4
Iluminación Producción	1
Armadora 206	1
Armadora 207	1
Hornilla Engrapadora	1
Quemador de hilo	1
Cocedora de Cerco	1
Punteadora	1
Reactivador	2
Sheller tunel de frio	1
Orisol	1
Completeros	2
Corte	3
Conformadoras	4
Compresor DVA37	1
Compresor DVA11	1
Secador DVA37	1
Secador DVA11	1

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

<b>Línea PU</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Bambury	1
Troqueladoras	2
Prensa de zuelas	4
Iluminación Producción	1
Orisol	2
Completeros	6
Corte	4
Horno de Mesa 1 y 2	2
Horno de Mesa 3 y 4	2
Horno Material	1
Horno Faja de Inyección	1
Inyectora de Colada	1
Armadora	1
Vaporizadora	1
Extractor de Cardado	1
Faja de Inyección	1
Faja de Acabado	1

Faja de Armado	1
Horno de Material	1
Tanque ISO	1
Tanque POLIOL	1
Inyectora Stemma	1
Armadora	1
Vaporizadora	1
Sheller	1
Pintura Cromax	1
Cabezal Giratorio	1
Conformadoras	4
Strobell	4
Compresor DVA37	1
Compresor DVA11	1
Secador DVA37	1
Secador DVA11	1

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

### ANEXO 3. LISTA DE TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS DURANTE LA FABRICACIÓN DEL CALZADO DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA GOODYEAR WELT (GYW) Y LÍNEA POLIURETANO (PU)

Ítem	Período	Línea	Residuos Sólidos generados (Kg) – Línea GYW												
			Polvo (Caucho)	Caucho	Termoplástico (Plástico)	Cerco - PVC (Plástico)	Escarpín (Tela)	Otros residuos	Cartones	Latas de pegamento	Botellas de vidrio	Waypes (Tela)	Cuero	Firme (Caucho)	Hilos (Tela)
1	Mar-19	GYW	364.75	298.4	47.8	40.9	0	80.85	28.4	0	23.85	5.2	15.53	132.9	0
2	Abr-19	GYW	236.57	124	19.57	29.44	0	56.9	21.2	0	14.31	1.5	16.2	33.2	0
3	May-19	GYW	352.9	358.1	52.1	46.2	0	97.7	38.5	1.6	23.2	5.6	16.88	159.5	5.2
4	Jun-19	GYW	331	335.9	48.9	43.3	0	91.6	36.1	1.5	21.8	5.3	15.84	149.7	4.9
5	Jul-19	GYW	18	63.8	6.3	10.6	0	20.1	6.1	0	7.95	4	36	38.5	0
6	Ago-19	GYW	303.17	411.7	62.5	49.3	0	100.6	50.5	0	28.62	5	23.14	198.1	5
7	Set-19	GYW	357.72	325.5	86.7	36.55	0	100.3	42.7	0	30.21	10.8	17.3	235.3	2.1
8	Oct-19	GYW	301	426.5	90.2	44.4	0	123.9	63.6	0	30.21	23.7	16.1	231.4	11.8
9	Nov-19	GYW	433	311.3	144.45	57.43	0.53	156.38	64.95	0	34.98	23.7	23.27	327.5	11
10	Dic-19	GYW	420	202.1	74	36.5	0.8	155.1	43.3	0	24.87	23.75	18.17	162.8	36
11	Ene-20	GYW	160	120.1	59.2	24.3	24.3	67.2	24.2	0	20.67	12	12.4	130.6	10
12	Feb-20	GYW	381.5	571.8	77.5	58.1	0	133.8	57.4	4.4	26.5	8.8	15.34	276.5	14.3

Otros residuos – Línea GYW					
Item	Periodo	Línea	Polvo de arena (Otros) 50%	Retazos de microporoso (Caucho expandido) 30%	Trapos industriales usados (Tela) 20%
1	Mar-19	GYW	40.425	24.255	16.17
2	Abr-19	GYW	28.45	17.07	11.38
3	May-19	GYW	48.85	29.31	19.54
4	Jun-19	GYW	45.8	27.48	18.32
5	Jul-19	GYW	10.05	6.03	4.02
6	Ago-19	GYW	50.3	30.18	20.12
7	Set-19	GYW	50.15	30.09	20.06
8	Oct-19	GYW	61.95	37.17	24.78
9	Nov-19	GYW	78.19	46.914	31.276
10	Dic-19	GYW	77.55	46.53	31.02
11	Ene-20	GYW	33.6	20.16	13.44
12	Feb-20	GYW	66.9	40.14	26.76

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

Item	Periodo	Línea	Residuos Sólidos generados (Kg) – Línea PU													
			Polu retano (Plástico)	Polvo (Cuerpo)	Rebaba PU (Plástico)	Recortes de Curo	Termoplástico (Plástico)	Contrafuertes-resinas (Plástico)	Otros residuos	Cartones	Cilindros(uni d.)	Plásticos	Wapys (Tela)	Envases de plástico	Envases metálicos	Otros
1	Mar-19	PU	174	6	161.7	0	25.71	0	0	65.05	17	0	8.72	0	0	28.15
2	Abr-19	PU	48	16.5	62.4	0	0	0	0	16.2	10	0	0	0	2.6	15.85
3	May-19	PU	321	23	129.7	0	49.2	0	1.9	66.5	61	0	15.9	1.1	1.3	26
4	Jun-19	PU	301.1	21.6	121.7	0	46.2	0	1.8	62.4	57.2	0	14.9	1	1.2	24.4
5	Jul-19	PU	13.5	22.8	61.7	0	11	0	87.7	242	10	0	0	0	2	0
6	Ago-19	PU	337.4	83.5	120.82	0	33.5	4	87.26	27	11	0	12	0	0	0
7	Set-19	PU	234.8	27.5	89.7	0	14	0	18.9	23.4	1	0	34.7	0	2	0
8	Oct-19	PU	484.85	195.65	86	0	48	0	157.55	36.5	19	0	40.1	0	0	0
9	Nov-19	PU	737.95	165.45	128	0	0	0	133	39.49	33	13.335	25	2.1	0	0
10	Dic-19	PU	354	129	42	0	0	0	13	17.12	18	8	50.3	9.3	7	0
11	Ene-20	PU	123	57	13	0	0	0	4	5	14	4	14	9.6	3	0
12	Feb-20	PU	666.6	41.3	137.3	0	110.4	0	5.2	103.4	141.6	0	35.1	3	1	28.4

Item	Periodo	Linea	Otros residuos / Otros – Línea PU				Cilindros – Línea PU
			Polvo de arena (Otros) 30%	Bolsas, retazos de rafias, cintas de embalaje retazos (Plástico) 20%	Rebaba de PU y bolas de PU (Plástico) 30%	Cajas de cartón 20%	Cilindro (Metal) (Kg)
1	Mar-19	PU	8.445	5.63	8.445	5.63	174.25
2	Abr-19	PU	4.755	3.17	4.755	3.17	102.5
3	May-19	PU	8.37	5.58	8.37	5.58	625.25
4	Jun-19	PU	7.86	5.24	7.86	5.24	586.3
5	Jul-19	PU	26.31	17.54	26.31	17.54	102.5
6	Ago-19	PU	26.178	17.452	26.178	17.452	112.75
7	Set-19	PU	5.67	3.78	5.67	3.78	10.25
8	Oct-19	PU	47.265	31.51	47.265	31.51	194.75
9	Nov-19	PU	39.9	26.6	39.9	26.6	338.25
10	Dic-19	PU	3.9	2.6	3.9	2.6	184.5
11	Ene-20	PU	1.2	0.8	1.2	0.8	143.5
12	Feb-20	PU	10.08	6.72	10.08	6.72	1451.4

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

**ANEXO 4. CONSUMO DE COMBUSTIBLE DURANTE EL TRANSPORTE DE INSUMOS Y DISTRIBUCIÓN DEL CALZADO DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA GOODYEAR WELT (GYW) Y LÍNEA POLIURETANO (PU)**

Consumo de combustible mensual – Transporte de insumos		
Mes	Línea	Diesel (galones)
Mar-19	GYW	12.79
Abr-19	GYW	11.63
May-19	GYW	12.66
Jun-19	GYW	12.44
Jul-19	GYW	11.76
Ago-19	GYW	12.07
Set-19	GYW	10.19
Oct-19	GYW	13.53
Nov-19	GYW	11.45
Dic-19	GYW	10.44
Ene-20	GYW	13.72
Feb-20	GYW	11.79
Mar-19	PU	28.19
Abr-19	PU	25.64
May-19	PU	27.90
Jun-19	PU	27.42
Jul-19	PU	25.93
Ago-19	PU	26.60
Set-19	PU	22.47
Oct-19	PU	29.83
Nov-19	PU	25.24
Dic-19	PU	23.00
Ene-20	PU	30.25
Feb-20	PU	25.99

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.

<b>Consumo de combustible mensual – Distribución del producto</b>				
<b>Mes</b>	<b>Línea</b>	<b>Gasolina 95 Octanos (galones)</b>	<b>Gasolina 90 Octanos (galones)</b>	<b>Diesel (galones)</b>
Mar-19	GYW	21.70	10.89	72.49
Abr-19	GYW	16.33	15.99	65.92
May-19	GYW	18.29	14.53	71.74
Jun-19	GYW	21.48	5.29	70.50
Jul-19	GYW	21.80	8.11	66.68
Ago-19	GYW	13.84	13.20	68.39
Set-19	GYW	17.74	12.33	57.78
Oct-19	GYW	20.66	5.44	76.70
Nov-19	GYW	15.73	9.56	64.90
Dic-19	GYW	15.29	7.77	59.16
Ene-20	GYW	20.34	5.21	77.79
Feb-20	GYW	12.90	12.59	66.84
Mar-19	PU	47.83	24.00	159.78
Abr-19	PU	36.00	35.24	145.30
May-19	PU	40.32	32.02	158.11
Jun-19	PU	47.35	11.66	155.40
Jul-19	PU	48.05	17.88	146.96
Ago-19	PU	30.51	29.09	150.75
Set-19	PU	39.11	27.17	127.36
Oct-19	PU	45.55	12.00	169.04
Nov-19	PU	34.68	21.08	143.04
Dic-19	PU	33.70	17.13	130.38
Ene-20	PU	44.82	11.48	171.46
Feb-20	PU	28.44	27.75	147.33

Fuente: Empresa de calzado de seguridad, 2022.