

Inventario de los gases efecto invernadero, incluidas las emisiones directas e indirectas de los alcances 1 y 2, con base en la Norma Técnica Colombiana ISO 14064-1:2006, en la empresa RAMBAL S.A.S.

Diego Fernando Rojas García

Trabajo de Grado para Optar el Título de Especialista en química ambiental

Director

Johan Fernando Suarez Fajardo

Magister en Gestión Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Química

Especialización en Química ambiental

Bucaramanga

2020

**Tabla de Contenido**

|                                                       | <b>Pág.</b> |
|-------------------------------------------------------|-------------|
| Introducción .....                                    | 11          |
| 1. Objetivos .....                                    | 13          |
| 1.1 Objetivo General .....                            | 13          |
| 1.2 Objetivos Específicos.....                        | 13          |
| 2. Marco Referencial.....                             | 14          |
| 3. Metodología .....                                  | 17          |
| 3.1 Identificación de las fuentes de emisiones: ..... | 17          |
| 3.2 Recolección de información sobre consumos .....   | 18          |
| 3.3 Cuantificación de emisiones totales. ....         | 18          |
| 3.4 Presentación de informe final.....                | 18          |
| 4. Generalidades de la empresa.....                   | 19          |
| 4.1. Descripción del proceso productivo.....          | 20          |
| 4.2. Límites organizacionales y operacionales .....   | 21          |
| 4.2.1. Límite organizacional .....                    | 21          |
| 4.2.2. Límite operacional .....                       | 22          |
| 4.3. Fuentes de emisiones .....                       | 22          |
| 4.4. Recolección de datos.....                        | 23          |
| 4.5 Recolección de consumos .....                     | 24          |
| 5. Resultados .....                                   | 26          |
| 6. Discusión.....                                     | 32          |
| 7. Conclusiones .....                                 | 34          |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 8. Recomendaciones .....                            | 35 |
| 8.1. Implementación de tecnologías limpias .....    | 35 |
| 8.2 Implementar servo-motor en las inyectoras ..... | 37 |
| 8.3 Cambio progresivo a inyectoras eléctricas ..... | 38 |
| 8.5 Recomendaciones finales .....                   | 44 |
| Bibliografía .....                                  | 45 |

**Lista de Tablas**

|                                                                        | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1. Metodología .....                                             | 19          |
| Tabla 2. Generalidades de la empresa.....                              | 20          |
| Tabla 3. Diagrama de proceso .....                                     | 21          |
| Tabla 4. Fuentes de emisión.....                                       | 23          |
| Tabla 5. Identificación de fuentes de GEI (emisiones directas) .....   | 23          |
| Tabla 6. Identificación de fuentes de GEI (emisiones indirectas) ..... | 24          |
| Tabla 7. Consumo proveniente de fuentes directas .....                 | 24          |
| Tabla 8. Consumo proveniente de fuentes indirectas .....               | 25          |
| Tabla 9. Alcance 1. Fuentes móviles .....                              | 28          |
| Tabla 10. Alcance 1. Fuentes fijas .....                               | 28          |
| Tabla 11. Alcance 2 .....                                              | 28          |
| Tabla 12. Resultado final .....                                        | 28          |
| Tabla 13. Consumos asociados .....                                     | 29          |
| Tabla 14. Consumo kW/kg de producto .....                              | 29          |
| Tabla 15. Resumen de resultados.....                                   | 30          |
| Tabla 16. Tubo solar .....                                             | 36          |
| Tabla 17. Conversión tecnológica.....                                  | 38          |
| Tabla 18. Inyectora convencional vs inyectora eléctrica .....          | 39          |
| Tabla 19. Características equipo de medición .....                     | 39          |
| Tabla 20. ANSI/NETA ATS -2009 .....                                    | 40          |
| Tabla 21. Termografía 1 .....                                          | 41          |

Tabla 22. Termografía 2 .....42

Tabla 23. Termografía 3 .....42

Tabla 24. Termografía 4 .....43

Tabla 25. Recomendaciones .....44

**Lista de Figuras**

|                                              | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Identificación de fuentes GEI..... | 17          |
| Figura 2. Localización .....                 | 22          |
| Figura 3. Porcentaje de emisiones .....      | 31          |

## Glosario

**Año base:** período histórico específico identificado para propósitos de comparar emisiones de GEI o remociones de GEI y otra información relativa a los GEI en un período.

**Gas de efecto invernadero. GEI.** Componente gaseoso de la atmósfera, tanto natural como antropogénico, que absorbe y emite radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes.

**Fuente de gases efecto invernadero:** Proceso que libera un gas efecto invernadero.

**Emisión de gas de efecto invernadero:** Liberación de un gas efecto invernadero.

**Remoción de gas efecto invernadero:** Retirar un gas de efecto invernadero de la atmósfera.

**Factor de emisión de gas efecto invernadero:** Coeficiente que relaciona los datos de la actividad de gases efecto invernadero con la emisión de gas efecto invernadero.

**Emisión directa de gas efecto invernadero:** emisión de gas efecto invernadero proveniente de fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por la organización.

**Emisión indirecta de gas de efecto invernadero:** emisión de GEI resultante de las operaciones y actividades de una organización, pero proveniente de fuentes de GEI que no pertenecen ni son controladas por la organización.

**Incertidumbre:** parámetro asociado con el resultado de la cuantificación que caracteriza la dispersión de los valores que se podrían atribuir razonablemente a la cantidad cuantificada.

**Informe de gases efecto invernadero:** documento independiente destinado a comunicar información relativa a los GEI de una organización o de un proyecto de GEI a sus usuarios previstos.

**Inventario de gases efecto invernadero:** lista de fuentes de GEI y sumideros de GEI y sus emisiones de GEI y remociones de GEI cuantificadas.

**Límites de la organización:** conjunto de actividades o instalaciones en las cuales la organización realiza el control operativo o financiero o tiene una participación en el capital correspondiente.

**Límites de informe:** conjunto de emisiones de GEI o remociones de GEI informadas desde el interior de los límites de la organización, así como las emisiones indirectas significativas causadas por las operaciones y actividades de la organización.

**Potencial de calentamiento global:** índice, basado en las propiedades de radiación de los GEI, que mide la fuerza de radiación tras emisión de un pulso de una unidad de masa de un GEI dado en la atmósfera actual integrado en un período terminado, con relación a la unidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## Resumen

**Título:** Inventario de los gases efecto invernadero, incluidas las emisiones directas e indirectas de los alcances 1 y 2, con base en la Norma Técnica Colombiana ISO 14064-1:2006, en la empresa RAMBAL S.A.S.\*

**Autor:** Diego Fernando Rojas García\*\*

**Palabras Clave:** Inventario, informe, GEI, fuentes, reducción,

**Descripción:** Con el planteamiento del siguiente proyecto, se reconoce la importancia de la cuantificación de los gases efecto invernadero, a nivel corporativo, para evidenciar de esta manera la afectación al medio ambiente de las distintas organizaciones y las posibilidades de mejora o alternativas de reducción del impacto.

Actualmente, a nivel nacional, esta cuantificación e inventario de emisiones se realiza de manera voluntaria, buscando un aumento en la competitividad externa de las empresas frente a su competencia, optimización de procesos y generación de ahorros económicos.

De esta manera, se plantea la realización del inventario e informe de gases efecto invernadero en la empresa RAMBAL S.A.S., teniendo en cuenta las 2 emisiones incluidas en el Alcance 1. Emisiones directas y en el Alcance 2. Emisiones indirectas.

Para realizar la cuantificación, se seguirán los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana ISO 14064-1:2006, donde se detallan los requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios e informes de GEI.

Básicamente, el procedimiento para la cuantificación y generación del inventario de gases efecto invernadero consiste en una evaluación inicial, donde se evidencian y documentan las fuentes de emisión. Posterior a esto, se realiza la recolección de datos de consumo de cada una de las fuentes encontradas, que se utilizan para la cuantificación total de emisiones de gases efecto invernadero de la organización teniendo en cuenta los factores de emisión para cada una. Por último, y más importante, se plantean y entregan recomendaciones que conlleven a una optimización del proceso, reducción del impacto ambiental y neutralización de las emisiones generadas por la organización.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ciencias. Escuela de química. Autor Diego Fernando Rojas

### Abstract

**Title:** Inventory of greenhouse gases, including direct and indirect emissions of scopes 1 and 2, based on the Colombian Technical Standard ISO 14064-1:2006, in the company RAMBAL S.A.S. \*

**Author:** Diego Fernando Rojas García \*\*

**Key Words:** Inventory, Report, GHG, Sources, Reduction.

**Description:** With the approach of the following project, the importance of the quantification of greenhouse effect gases is recognized, at the corporate level, to show in this way the impact on the environment of the different organizations and the possibilities for improvement or alternatives to reduce the impact.

Currently, at the national level, this quantification and inventory of emissions is carried out on a voluntary basis, seeking an increase in the external competitiveness of companies against their competition, optimization of processes and generation of economic savings.

In this way, it is proposed to carry out the inventory and report of greenhouse gases in the company RAMBAL S.A.S., taking into account the 2 emissions included in Scope 1. Direct emissions and in Scope 2. Indirect emissions.

To perform the quantification, the guidelines of the Colombian Technical Standard ISO 14064-1: 2006 will be followed, where the requirements for the design, development and management of GHG inventories and reports are detailed.

Basically, the procedure for the quantification and generation of the greenhouse effect gas inventory consists of an initial evaluation, where the emission sources are evidenced and documented. After this, the consumption data is collected from each of the sources found, which are used for the total quantification of greenhouse gas emissions of the organization, taking into account the emission factors for each one. Lastly, and most importantly, recommendations are proposed and delivered that lead to an optimization of the process, reduction of environmental impact and neutralization of the emissions generated by the organization.

---

\* Degree Work

\*\* Science faculty. Chemistry school. Author Diego Fernando Rojas

## **Introducción**

Actualmente nos encontramos atravesando la mayor problemática ambiental de las últimas décadas. El crecimiento industrial, causado por la alta demanda de productos para suplir las necesidades de la población, nos ha llevado a un punto de no retorno en el cambio climático atmosférico.

Algunos países que se encuentran en vía de desarrollo, como Colombia, han iniciado la puesta en marcha de proyectos e iniciativas de medición y cuantificación de gases efecto invernadero, con el fin de acatar medidas de mitigación que permitan a estos países, implementar economías bajas en emisiones.

Teniendo en cuenta que el crecimiento industrial, es directamente proporcional al aumento de emisiones de gases efecto invernadero, es importante y necesario, que los países en vías de desarrollo como el nuestro, reglamenten medidas que conlleven a tecnologías más eficientes que produzcan mayor productividad al tiempo que reducen sus emisiones a la atmósfera.

Con la búsqueda de alternativas que reduzcan el impacto ambiental, y con el propósito de que las industrias conozcan la cantidad de GEI emiten a la atmósfera, se han implementados los lineamientos necesarios para realizar esta cuantificación y generar el reporte, en la Norma Técnica Colombiana ISO 14064-1:2006 Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases efecto invernadero.

Al cuantificar y conocer la cantidad de gases efecto invernadero, las organizaciones pueden determinar sus fuentes de emisión implementado estrategias y controles para reducirlas.

Con este informe voluntario de emisiones, las organizaciones no solo contribuyen a la reducción del impacto ambiental, sino que puede aumentar la competitividad externa frente a la competencia, optimizar procesos y generar ahorros económicos.

De esta manera, RAMBAL S.A.S., buscando un punto de equilibrio entre el ámbito social, económico y ambiental, busca conocer y realizar la cuantificación de gases efecto invernadero, con el fin de esclarecer las principales fuentes de emisión e implementar estrategias que ayuden a optimizar sus procesos.

## **1. Objetivos**

Realizar el inventario de gases efecto invernadero, incluidas las emisiones directas e indirectas de los alcances 1 y 2, con base en la Norma Técnica Colombiana ISO 14064-1:2006, en la empresa RAMBAL S.A.S.

### **1.1 Objetivo General**

Identificar las actividades y fuentes, directas e indirectas, de emisiones de GEI en RAMBAL S.A.S.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Plantear estrategias que optimicen los procesos y reduzcan el impacto ambiental generado por la emisión de los GEI en RAMBAL S.A.S.

## 2. Marco Referencial

En la actualidad, para el sector empresarial y/o industrial, los términos “huella de carbono” o “inventario de gases efecto invernadero” constituyen conceptos distantes a su actividad productiva y se desconoce la estrecha relación que existe entre las actividades de producción de cualquier empresa y la generación de gases efecto invernadero; a esto se le suma que, desde la práctica diaria en las empresas, aún no se tiene la claridad de que el cambio climático es un impacto generado por los aspectos productivos mismos de una organización. (Fundación Natura. Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero / Catacolí, Alejandra (consultora). Bogotá, D.C. Colombia, Fundación Natura; CAEM. 2014).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define este fenómeno como aquel cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial. Este fenómeno puede asociarse con el incremento y detrimento de la temperatura, y los cambios meteorológicos que ello conlleva. No obstante, el efecto más evidente a nivel global tiene que ver con el incremento de la temperatura, es decir, con el Calentamiento Global. (IDEAM, 2010).

A la entrada en vigor del acuerdo de París, con el fin de establecer límites máximos permisibles para el aumento de la temperatura en el mundo, se promulgó el objetivo global de adaptación de “mejorar la capacidad adaptativa, fortalecer la resiliencia (capacidad de recuperación) y reducir la vulnerabilidad al cambio climático, con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible y asegurar una respuesta de adaptación adecuada al contexto del objetivo de temperatura”. La implementación del acuerdo de París, junto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS de las Naciones Unidas), tal como se acordó en el 2015, ayuda a impulsar esfuerzos mundiales hacia acciones que reduzcan las

emisiones de gases efecto invernadero, así como construir resiliencia al clima. (ISO 14090, Adaptación al cambio climático. Principios, requisitos y directrices).

El cambio climático exige un gran desafío para las naciones, los gobiernos, las industrias y los ciudadanos en las próximas décadas. El cambio climático implica un impacto tanto para los humanos como para los sistemas naturales y puede originar cambios en el uso de los recursos, la producción y la actividad económica. (ISO 14064-1:2006, Gases de efecto invernadero – Parte 1).

De esta manera, se deben tomar acciones correctivas inmediatas para dar respuesta y contrarrestar este impacto ambiental. La adaptación climática se refiere a las acciones tomadas para gestionar los impactos del cambio climático al reducir la vulnerabilidad y la exposición a sus efectos nocivos y aprovechar cualquier beneficio potencial. La adaptación tiene lugar a nivel internacional, nacional y local. Las jurisdicciones y entidades subnacionales, incluidos los municipios urbanos y rurales, son clave para desarrollar y reforzar medidas para reducir los riesgos relacionados con el clima. La implementación de la adaptación enfrenta varias barreras que incluyen la falta de información actualizada y localmente relevante, la falta de financiación y tecnología, valores y actitudes sociales y limitaciones institucionales. Es más probable que la adaptación contribuya al desarrollo sostenible cuando las políticas se alinean con los objetivos de mitigación y erradicación de la pobreza. (Intergovernmental Panel on Climate Change Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories reporting Instructions, 1997).

La contribución de Colombia a las emisiones globales de GEI es baja (0,37% del total mundial), aunque estas han venido creciendo de manera considerable: entre 1990 y 2004 un 39%, llegando a un total aproximado de 180.010 Gg, con los sectores de

agricultura (38,1%) y uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (14,5%) representando el 53% de las emisiones totales nacionales. Por otro lado, los procesos industriales son responsables por el 5,1% de las emisiones totales del país y crecieron 93,7% desde 1990 a 2004. (Fundación Natura. Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero / Catacolí, Alejandra (consultora). Bogotá, D.C. Colombia, Fundación Natura; CAEM. 2014).

En respuesta, se están desarrollando e implementando iniciativas internacionales, regionales, nacionales y locales para limitar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre. Dichas iniciativas sobre GEI se basan en la cuantificación, el seguimiento, el informe y la verificación de emisiones y/o remociones de GEI. (ISO 14064-2:2006, Gases de efecto invernadero — Parte 2).

RAMBAL S.A.S. dedicada al desarrollo de soluciones innovadoras de empaque sostenibles de acuerdo a las expectativas del mercado soportadas en la mejora continua y en una cultura de responsabilidad social empresarial, cuenta con un gran mercado tanto a nivel nacional como internacional. Por su alta productividad y desarrollo, tanto en los procesos de innovación, inyección, ensamble, molino, mantenimiento de moldes y máquinas y demás, RAMBAL S.A.S., es consciente de su impacto al medio ambiente, por lo que decide realizar el inventario de gases efecto invernadero siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana ISO14064-1:2006, para poder optar por proyectos que minimicen y neutralicen sus emisiones al ambiente

### 3. Metodología

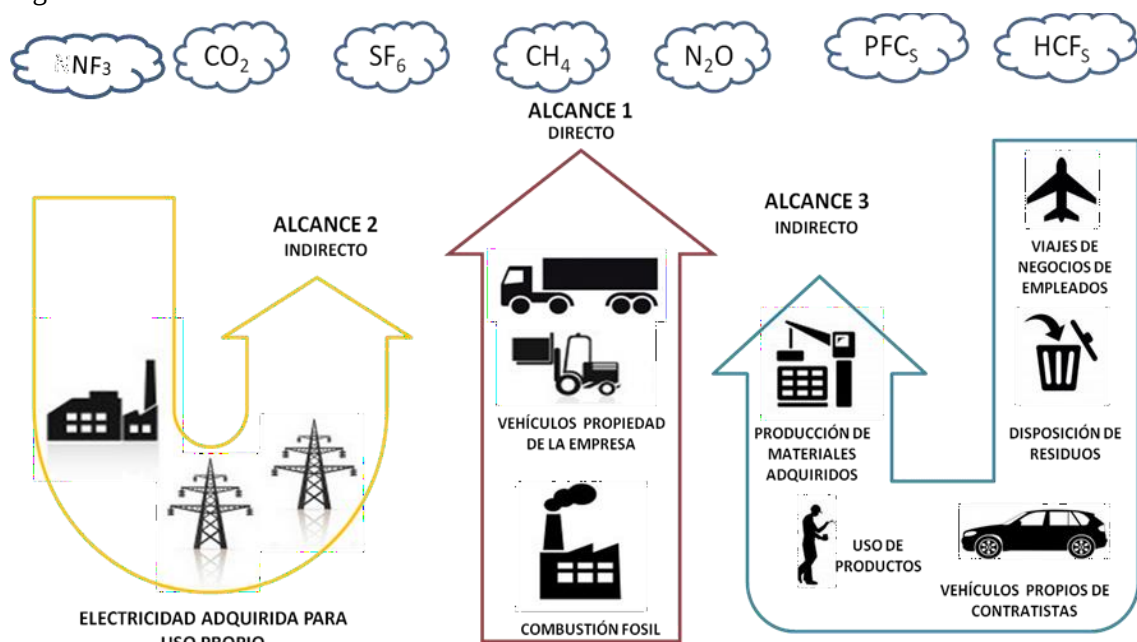
La metodología utilizada para la cuantificación e inventario de gases efecto invernadero, fue basada en la norma técnica colombiana NTC ISO14064-1:2006 y la guía para elaborar inventarios corporativos de gases efecto invernadero. Para calcular la incertidumbre, se utilizó la matriz de proyecto MVC.

Básicamente el inventario se realizó mediante las siguientes actividades:

#### 3.1 Identificación de las fuentes de emisiones:

Mediante un diagnóstico inicial, se obtienen y enumerarán las fuentes de emisiones de la organización, siguiendo los lineamientos de la normativa.

Figura 1. Identificación de fuentes GEI



Fuente: GHG Protocol

### **3.2 Recolección de información sobre consumos**

Posterior a la identificación de las fuentes, se recopilaron los datos para cada una.

### **3.3 Cuantificación de emisiones totales.**

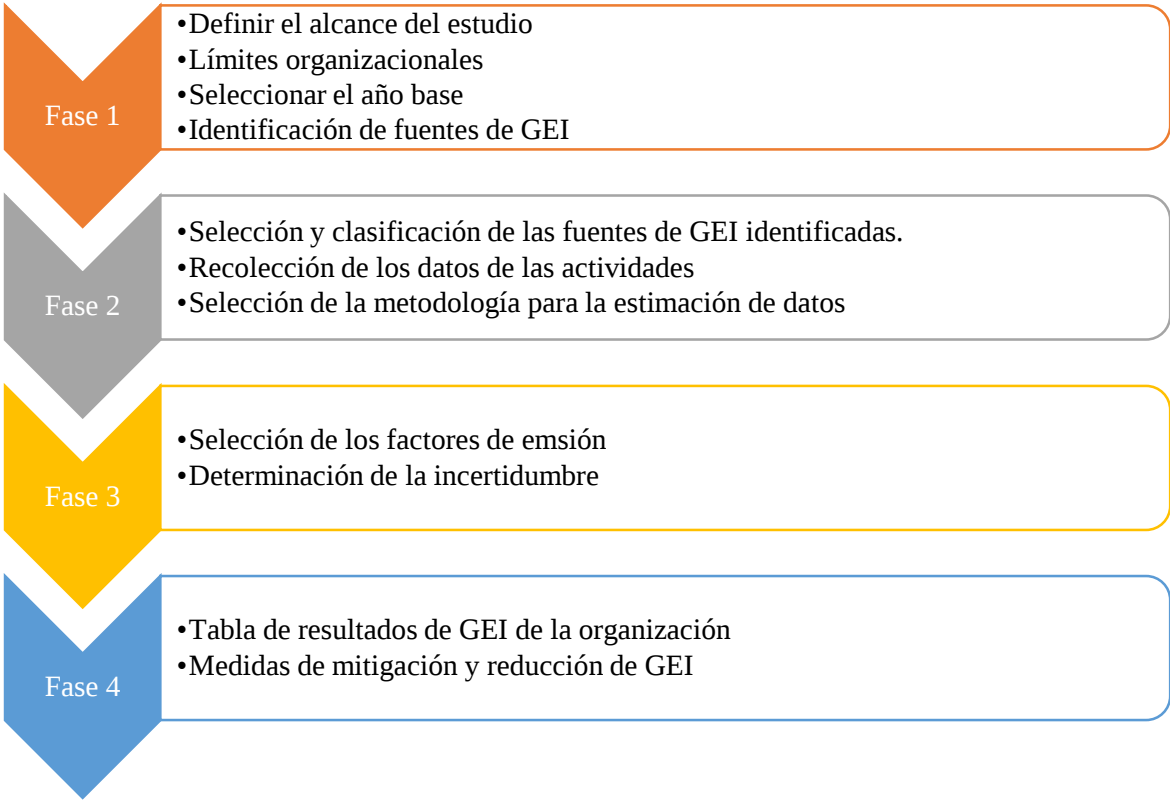
Mediante una matriz de cuantificación y teniendo en cuenta los factores de emisión utilizados, se calcularon las emisiones totales para la organización, obteniendo un resultado final y un porcentaje de consumo.

### **3.4 Presentación de informe final.**

El informe final de resultados, se comparte a las partes interesadas en el proyecto.

Además de compartir el resultado y cuantificación final obtenido, se entregan una serie de estrategias para la minimización de emisiones de la empresa.

Tabla 1. Metodología



#### 4. Generalidades de la empresa

La empresa Rambal S.A.S. identificada con NIT: 860041662-1, se encuentra ubicada en el Parque Industrial 1, Manzana F, Bodega 71, Bodega 1, de Bucaramanga, Departamento de Santander. Se encuentra a una altura aproximada de 706 msnm. Dentro de la empresa se cuenta con 260 empleados aproximadamente.

Tabla 2. Generalidades de la empresa

| Información general Empresa |                                                |
|-----------------------------|------------------------------------------------|
| Razón social de la empresa: | <b>RAMBAL S.A.S</b>                            |
| NIT:                        | <b>860041662-1</b>                             |
| Dpto/Municipio:             | <b>Bucaramanga, Santander</b>                  |
| Dirección:                  | <b>Parque Industrial, Manzana F, Bodega 71</b> |
| Georreferenciación<br>:     | <b>7°6'42.15"N, 73° 9'50.57"W</b>              |
| Altitud:                    | <b>706 m</b>                                   |
| Sector Económico:           | <b>Fabricación de Artículos Plásticos</b>      |

#### 4.1. Descripción del proceso productivo

La empresa RAMBAL S.A.S. se dedica a la fabricación de artículos plásticos. El proceso productivo inicia con la recepción de la materia prima, que se mezcla dependiendo del tipo de material a fabricar según las órdenes de producción. El material debidamente mezclado pasa a las tolvas de las inyectoras, en donde el material se calienta e ingresa a los diferentes moldes en los cuales se solidifica el plástico, las piezas plásticas se obtienen al abrirse el molde, luego pasan a un almacenamiento transitorio y posteriormente a la etapa de ensamble. La Tabla 3 muestra el diagrama de proceso general para la planta de producción.

Tabla 3. Diagrama de proceso



## 4.2. Límites organizacionales y operacionales

### 4.2.1. Límite organizacional

El límite organizacional establecido para el estudio, es la única planta de producción con la que cuenta RAMBAL S.A.S., ubicada en la calle F bodega N 71 del parque industrial 1 de Bucaramanga, la cual se puede observar delimitada en la Ilustración 2. Localización, con la línea punteada de color rojo. Aquí se cuenta con la infraestructura física en la cual se desarrollan las actividades tanto administrativas y operativas.

La consolidación de emisiones que se ha seleccionado es bajo el enfoque de control operacional, debido a que permite conocer y controlar las emisiones que genera la empresa teniendo en cuenta la única planta de RAMBAL S.A.S., con sus instalaciones y equipos. Siendo así, que todas las emisiones de GEI se encuentran bajo en control de la misma.

Figura 2. Localización



Fuente: Google maps

#### **4.2.2. Límite operacional**

Teniendo como referencia la NTC-ISO 14064-1:2006, el límite operacional abarca el alcance 1 (emisiones directas), alcance 2 (emisiones indirectas).

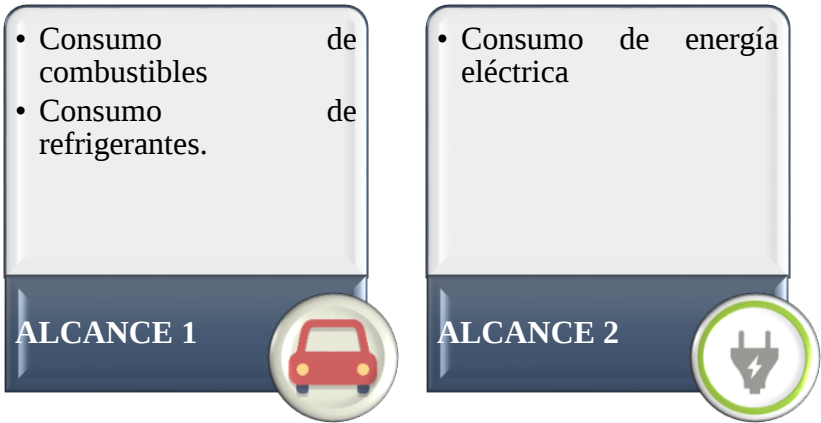
#### **4.3. Fuentes de emisiones**

Al realizar la revisión bibliográfica y posterior a esto, llevar a cabo el recorrido general por las instalaciones de RAMBAL S.A.S., se pudieron identificar las siguientes:

- Consumo de combustibles por parte de la camioneta de la empresa
- Consumo de combustible por parte del montacargas de la empresa
- Consumo de refrigerantes asociadas a los aires acondicionados y chiller's.
- Consumo de energía eléctrica.

Según las fuentes identificadas, se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 4. Fuentes de emisión



4.4. Recolección de datos

En las siguientes tablas se recopilan los datos del año 2019, donde se incluyen para el estudio, los combustibles líquidos y gaseosos, así como las fugas de refrigerantes utilizados en los chillers y aires acondicionados; todo esto incluido en el alcance 1 de la medición.

Tabla 5. Identificación de fuentes de GEI (emisiones directas)

Identificación de fuentes de GEI asociadas a emisiones directas

| Categoría           | Carga ambiental   | Fuente                              |
|---------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Combustible líquido | Gasolina genérica | 1 vehículo                          |
| Combustible gaseoso | Gas propano       | 1 montacargas                       |
| Gas                 | Gas refrigerante  | 6 chillers, 21 aires acondicionados |

En la tabla 6, encontramos el consumo energético en toda la empresa, tanto operacional como administrativa; esto se incluye dentro del alcance 2, emisiones indirectas.

Tabla 6. Identificación de fuentes de GEI (emisiones indirectas)

Identificación de fuentes de GEI asociadas a emisiones indirectas

| Categoría         | Carga ambiental             | Fuente                                       |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
| Energía eléctrica | Energía eléctrica adquirida | Consumo de energía total de la organización. |

#### 4.5 Recolección de consumos

Tabla 7. Consumo proveniente de fuentes directas

Consumo proveniente de fuentes de GEI

| Categoría           | Fuente                              | Cantidad               |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Combustible líquido | 1 vehículo                          | 604 galones            |
| Combustible gaseoso | 1 montacargas                       | 3419,4 Nm <sup>3</sup> |
| Gas                 | 6 chillers, 21 aires acondicionados | 60,34 kg               |

Para estimar el consumo energético, también se realizó la revisión mediante los recibos de todo el año 2019, generados por las empresas prestadoras del servicio. De esta manera se obtuvo el consumo energético del año, resumido en la siguiente tabla:

Tabla 8. Consumo proveniente de fuentes indirectas

Consumo proveniente de fuentes de GEI

| Categoría         | Fuente                      | Cantidad     |
|-------------------|-----------------------------|--------------|
| Energía eléctrica | Energía eléctrica adquirida | 3.720.583 kW |

Para realizar el cálculo de las emisiones de GEI, se utilizó la metodología de factores de emisión, cuya fórmula general se describe a continuación:

$$Emisiones\ CO2e = Carga\ ambiental \times Factor\ de\ emisión$$

Para realizar estos cálculos se utilizó como base la herramienta de cálculo desarrollada por la CAEM, en el marco del Proyecto Mecanismo para la Mitigación Voluntaria de Gases Efecto Invernadero (GEI) en Colombia (MVC COLOMBIA), una iniciativa de la Fundación Natura, con el apoyo del BID y el GEF.

## 5. Resultados

A continuación, se encuentran los resultados obtenidos en la cuantificación de gases efecto invernadero, de los alcances 1 (emisiones directas) y el alcance 2 (emisiones indirectas).

La cuantificación se realizó mediante la fórmula:

$$\text{Emisiones CO}_2\text{e} = \text{Carga ambiental} \times \text{Factor de emisión}$$

Donde la carga ambiental hace referencia al consumo, dependiendo de la fuente; y el factor de emisión al coeficiente que relaciona los datos de la actividad de gases efecto invernadero con la emisión. (ISO 14064-1:2006, Gases de efecto invernadero – Parte 1).

### **Factores de emisión de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles**

El GHG Protocol, incluye la tabla de factores de emisión para sectores (Emission Factors from Cross-Sector Tools es el nombre original en inglés) al cual se accede a través del enlace: <http://www.ghgprotocol.org/calculationtools/>

En Colombia, la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, desarrolló los Factores de Emisión para combustibles fósiles colombianos. (Leal, J. C. (2015). Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa. línea], Disponible: [https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella\\_carbono/informe\\_gei/6\\_anexo\\_3Factores\\_Emision\\_Herramienta\\_Inventario\\_GEI\\_EAB\\_2014.pdf](https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella_carbono/informe_gei/6_anexo_3Factores_Emision_Herramienta_Inventario_GEI_EAB_2014.pdf)).

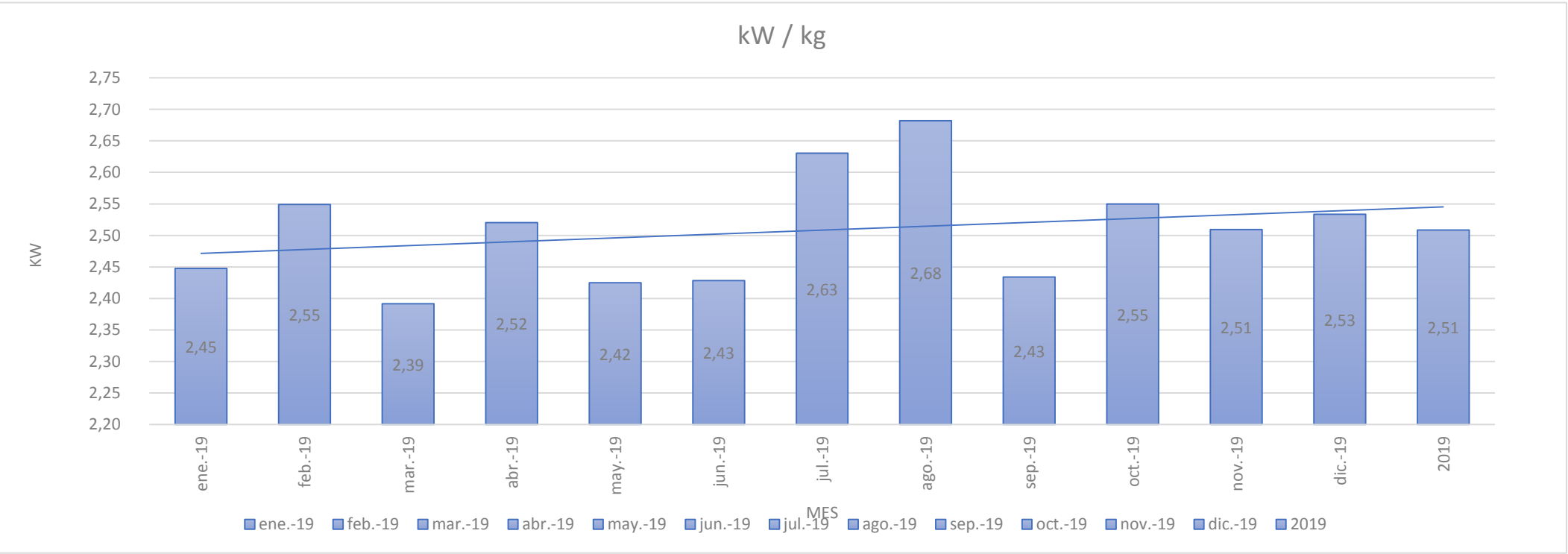




Tabla 13. Consumos asociados

| MES    | UNIDADES     | TOTAL<br>NETO (kg) | CONSUMO<br>kW/MES | kW/kg | kw/ Und |
|--------|--------------|--------------------|-------------------|-------|---------|
| ene-19 | 68.886,5000  | 96.361             | 235.845           | 2,45  | 0,0034  |
| feb-19 | 85.227,7000  | 118.512            | 302.104           | 2,55  | 0,0035  |
| mar-19 | 102.188,0000 | 138.928            | 332.240           | 2,39  | 0,0033  |
| abr-19 | 83.098,0000  | 116.574            | 293.799           | 2,52  | 0,0035  |
| may-19 | 98.930,0000  | 137.245            | 332.803           | 2,42  | 0,0034  |
| jun-19 | 88.079,5000  | 128.636            | 312.362           | 2,43  | 0,0035  |
| jul-19 | 75.006,1500  | 104.026            | 273.648           | 2,63  | 0,0036  |
| ago-19 | 81.746,5500  | 106.991            | 286.944           | 2,68  | 0,0035  |
| sep-19 | 96.382,9500  | 131.859            | 320.956           | 2,43  | 0,0033  |
| oct-19 | 103.310,5500 | 135.994            | 346.755           | 2,55  | 0,0034  |
| nov-19 | 102.502,2000 | 137.367            | 344.703           | 2,51  | 0,0034  |
| dic-19 | 100.083,8000 | 133.569            | 338.421           | 2,53  | 0,0034  |
| 2019   | 90.453,4917  | 123.839            | 310.048           | 2,51  | 0,0034  |

Tabla 14. Consumo kW/kg de producto

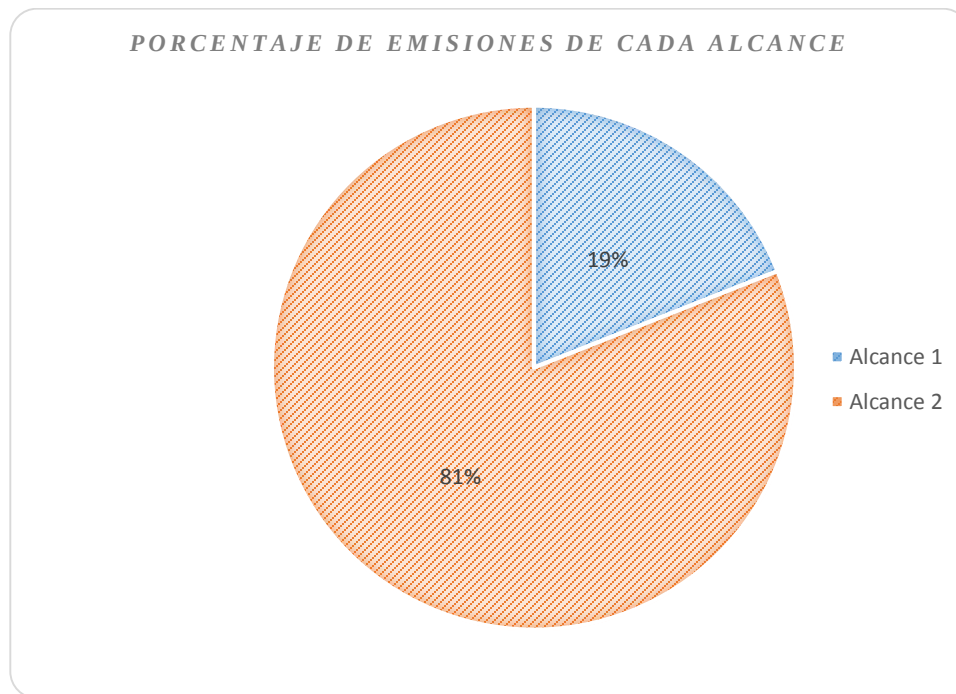


Como se puede observar en la tabla de cuantificación de gases efecto invernadero, en total se obtuvieron 914,01 toneladas de CO<sub>2</sub>e, incluidos los alcances 1 (emisiones directas) y el alcance 2 (emisiones indirectas).

Tabla 15. Resumen de resultados

| <b>Huella de Carbono año 2019</b> |                   |                                            |                    |                        |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| <b>ALCANCE</b>                    | <b>FUENTES</b>    | <b>CANTIDAD<br/>(Ton CO<sub>2</sub> e)</b> | <b>% DEL TOTAL</b> | <b>INCERTIDUMBRE %</b> |
| 1                                 | Fuentes Móviles   | 33,43                                      | 3,66%              | 22,4%                  |
|                                   | Fuentes Fijas     | 140,18                                     | 15,34%             | 98,6%                  |
|                                   | <b>SUBTOTAL</b>   | <b>173,62</b>                              | <b>19,00%</b>      | <b>4,3%</b>            |
| 2                                 | Energía Adquirida | 740,40                                     | 81,00%             | 12,1%                  |
|                                   | <b>SUBTOTAL</b>   | <b>740,40</b>                              | <b>81,00%</b>      | <b>12,1%</b>           |
|                                   |                   |                                            |                    |                        |
| <b>TOTAL HCC</b>                  |                   | <b>914,01</b>                              | <b>100,00%</b>     | <b>9,8%</b>            |

Figura 3. Porcentaje de emisiones



Como se puede observar en la gráfica anterior, y en la cuantificación total de gases efecto invernadero, el consumo energético es quién realiza el mayor aporte al inventario de emisiones, con un 81% equivalente 740,4 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

## **6. Discusión.**

La medición de huella de carbono se realizó con el fin de diseñar estrategias de mitigación para reducir, por parte de RAMBAL S.A.S., la producción de gases de efecto invernadero que produce toda su área productiva y administrativa.

Como se puede observar en la tabla de resultados, el alcance 2, que reúne todo el consumo energético de la empresa contribuye el 81 % de la producción de gases de efecto invernadero de RAMBAL S.A.S. Esto se debe, particularmente a que RAMBAL S.A.S., debido a su crecimiento exponencial trabaja las 24 horas del día, esto quiere decir que la empresa cuenta con 3 turnos de producción lo que lleva a que las máquinas, nunca se apaguen; por lo que el consumo de energía es constante y elevado.

Siguiente a esto, la empresa cuenta con 21 aires acondicionados y 6 chiller's (etapa de enfriamiento) que contribuyen el 15,34 % de los gases de efecto invernadero producidos.

Esto se debe en mayor caso a que, en la zona de área blanca (donde se producen dosificadores para línea alimenticia) deben garantizar la mayor inocuidad posible en los productos; por lo tanto, los aires acondicionados allí duran encendidos 24/7 para evitar la sudoración de los operarios y así evitar la contaminación del producto

A esto le sumamos, que, de lunes a viernes, toda la parte administrativa mantiene encendidos los aires acondicionados con un promedio de 10 horas diarias, contribuyendo de esta manera a la producción de GEI.

Del total de GEI producidos, podemos ver que el 3,66 % proviene del combustible fósil utilizado por los vehículos que están a nombre de la empresa (1 vehículos), más el gas propano que utiliza el único montacargas con el que se cuenta en las instalaciones.

## **7. Conclusiones**

El mayor generador de GEI de RAMBAL S.A.S. es el alcance 2, donde se encuentra todo el consumo energético, tanto operacional como administrativo.

El alcance 2, asociado al consumo energético de la empresa, es en el que se deben enfocar mayormente las estrategias de mitigación y reducción, ya que equivalen al 81% del inventario total.

Para reducir la incertidumbre en los resultados, es necesario realizar una investigación exhaustiva y aplicar factores de emisión documentados y veraces.

Con el fin de realizar un inventario de gases efector invernadero eficaz, se debe realizar un proceso de verificación de datos, donde se compartan objetiva e imparcialmente los resultados.

Para realizar un correcto inventario de gases efecto invernadero, es necesario que los diferentes departamentos de las organizaciones realicen un trabajo en conjunto, puesto que áreas como las de contabilidad (almacenamiento de facturas de consumo), mantenimiento (mejoras locativas que mejoren la eficiencia), compras y logística (adquisición de máquinas más eficientes), son imprescindibles al momento de realizar el inventario y de implementar las mejoras necesarias, para la reducción de la producción de gases efecto invernadero de la empresa.

Para la reducción de la generación de gases efecto invernadero, es necesario realizar campañas y capacitaciones con todos los colaboradores de la organización, brindando buenas prácticas operacionales que conlleven a una minimización en la generación de emisiones por consumo.

## **8. Recomendaciones**

Luego de los resultados obtenidos, se pudo observar que el consumo energético es el mayor generados de gases efecto invernadero de la organización, por lo que de esta manera es en el que se enfocarán algunas de las recomendaciones, que, a la fecha, ya se han implementado o se han realizado pruebas piloto.

### **8.1. Implementación de tecnologías limpias**

El tubo solar, es un sistema de captación y de transmisión de luz natural hasta al interior de los edificios donde terminan con los difusores solares.

Él es colocado en el exterior y maximiza la captación de la luz solar natural que va a entrar en el Tubo Solar y que encamina hasta el difusor solar, colocado en el interior de la instalación. La gran ventaja es el poder llevar la luz natural al espacio que de otra forma era prácticamente imposible de iluminar.

Durante todo el estudio que se ha podido realizar en cuanto a la generación de gases efecto invernadero, y como reducirlas, se estudió la implementación del tubo solar, pudiendo adquirir un equipo para realizar pruebas piloto al interior de la organización, como se puede observar en las siguientes imágenes.

Tabla 16. Tubo solar





## 8.2 Implementar servo-motor en las inyectoras

Se realizó investigación de eficiencias de dos inyectoras. La principal diferencia entre las inyectoras es el tiempo de duración de los ciclos y la tecnología del motor principal. Se midió la inyectora 52 que usa servo motor y la inyectora 38 que es del tipo convencional. El tiempo de medición para realizar la comparación fue de 1 hora en cada inyectora.

De acuerdo con los registros que indica cada máquina, la potencia activa promedio de la inyectora con servo motor fue de **3 kW** y la de la inyectora convencional fue de **6.5 kW**.

De acuerdo con la información recopilada en las mediciones de consumo y producción para las inyectoras 52 y 38, se realizó un cálculo de cantidad de piezas producidas por cada kWh.

Tabla 17. Conversión tecnológica

| Tecnología<br>Inyectora | Duración<br>Ciclo | Piezas/<br>Ciclo | Duración<br>Medición | Energía<br>Consumida | Piezas<br>Fabricadas | Piezas/kWh   |
|-------------------------|-------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| <b>Servo Motor</b>      | 10.2 seg          | 8                | 1.03 hr              | 3.13 kWh             | 2914                 | <b>931.7</b> |
| <b>Convencional</b>     | 7.2 seg           | 8                | 1.03 hr              | 6.71 kWh             | 4128                 | <b>614.9</b> |

Aunque la velocidad de producción de la inyectora convencional es mayor, es evidente la mejora en el índice de consumo de “*cantidad de piezas fabricadas por unidad de energía*” cuando se hace uso del servo motor, se tiene un aumento en la productividad de un 52%.

Por esta razón, se recomienda que se implemente el servo motor en las inyectoras convencionales.

### 8.3 Cambio progresivo a inyectoras eléctricas

Debido al crecimiento exponencial que ha tenido la empresa en cuanto a sus ventas, ha sido necesario la implementación de un plan de cambio progresivo de máquinas convencionales a máquinas más eficientes, por lo que, en el límite de tiempo del 2019 a la fecha, se han realizado la compra de 3 nuevas inyectoras eléctricas, más eficientes esto debido a su mayor producción con menor consumo energético.

Tabla 18. Inyectora convencional vs inyectora eléctrica

| Inyectora convencional                                                            | Inyectora eléctrica                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

#### 8.4. Realizar estudio termográfico

Con el fin de identificar oportunidades de mejora energética en los procesos productivos, se desarrollaron mediciones de termografía en equipos eléctricos y térmicos.

Tabla 19. Características equipo de medición

| Equipo de medición   |                            | Especificaciones                                      |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Cámara termo gráfica | ITEM                       | Descripción                                           |
|                      | Marca                      | SEEK THERMAL                                          |
|                      | Modelo                     | Compact XR                                            |
|                      | Rango de temperatura       | -40°C a +330°C (-40°F a +626°F)                       |
|                      | Campo de visión            | 20°                                                   |
|                      | Frecuencia de imagen       | 9 Hz                                                  |
|                      | Tipo de detector           | Microbolómetro de Óxido de Vanadio, 206 x 156 píxeles |
|                      | Banda espectral infrarroja | 7,5 µm a 14 µm                                        |

Tabla 20. ANSI/NETA ATS -2009

| Nivel | Diferencia de Temperatura         | Clasificación        | Acción                                                               |
|-------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1     | 1°C - 10°C O/A, o 1°C a 3°C O/S   | Possible Deficiencia | Se requiere más información                                          |
| 2     | 11°C - 20°C O/A, o 4°C a 15°C O/S | Probable Deficiencia | Reparar tan pronto como sea posible                                  |
| 3     | 21°C - 40°C O/A, ----             | Deficiencia          | Monitorear hasta que las acciones correctivas puedan ser completadas |
| 4     | > 40°C O/A, o >15°C O/S           | Deficiencia Mayor    | Reparar inmediatamente                                               |

O/A: Sobre Temperatura Ambiente

O/S: Basado en comparaciones entre componentes similares bajo cargas similares

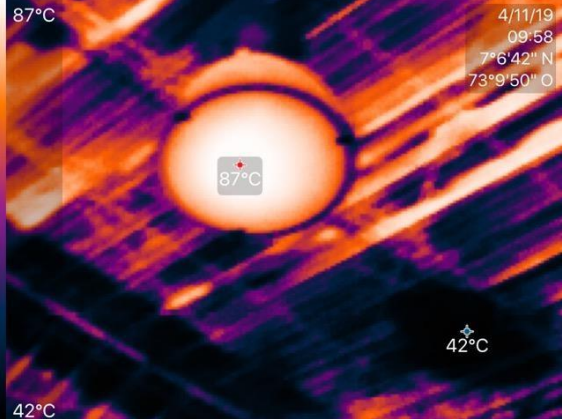
**Fuente:** Vásquez Paredes, D. J. (2015).

De esta manera se pudieron obtener los siguientes resultados primarios:

En la Termografía No 1, se observó una deficiencia en la iluminación del área de inyección industrial debido al calentamiento en la parte exterior de las luminarias.

De esta manera, en lo corrido del año se pudo realizar el cambio del 100% en el área de inyección industrial de las luminarias convencionales, a luminarias LED.

Tabla 21. Termografía 1

| Termografía No 1 |                                                                                                                                                    |                                                                                     |                            |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Proceso          | Iluminación                                                                                                                                        | Equipo                                                                              | Iluminación “Metal Halide” |
|                  |                                                                  |  |                            |
|                  | <b>Observaciones</b>                                                                                                                               | <b>Adecuación recomendada</b>                                                       |                            |
|                  | Se aprecia un calentamiento en la parte exterior de la luminaria, evidenciando pérdidas por baja eficiencia de Luminaria en el área de producción. | Se realizó cambio de luminarias convencionales a luminarias tipo LED.               |                            |

Por otro lado, en las Termografía 2, 3 y 4, se evidencias ineficiencias asociadas a altas temperaturas, por lo que se generan ciertas recomendaciones para su reducción y mejoramiento en sus eficiencias.

Tabla 22. Termografía 2

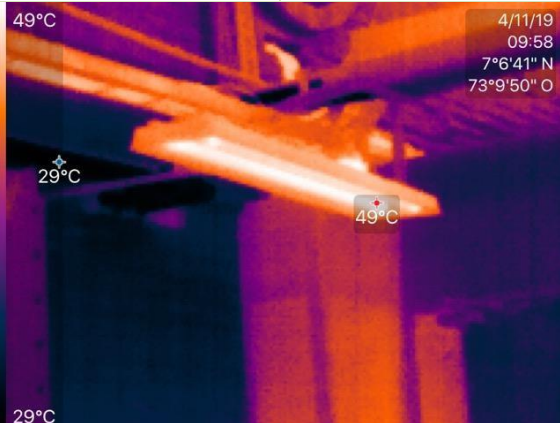
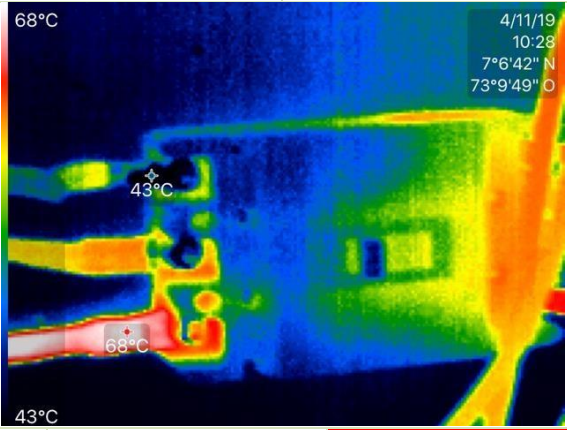
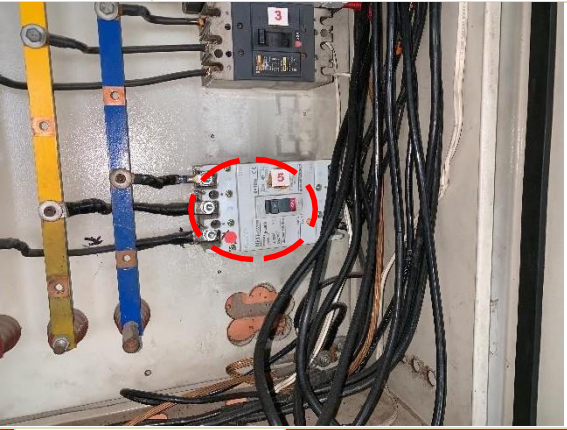
| Termografía No 2 |                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Proceso          | Iluminación                                                                                         | Equipo                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Iluminación "Fluorescente" |
|                  |                    |                                                                                                                                                                                                                             |                            |
|                  | <b>Observaciones</b><br><br>Se tiene iluminación encendida en áreas de baja ocupación o uso regular | <b>Recomendaciones</b><br><br>Instalar interruptores individuales acompañados de señalización de apagado y uso eficiente, capacitar personal para realizar apagado de equipos e iluminación en periodos de no producción o uso. De forma alternativa se recomienda instalar sensor de movimiento u ocupación. |                            |

Tabla 23. Termografía 3

| Termografía No 3 |                                                                                                                                  |                                                                                             |                          |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Proceso          | Torres Enfriamiento                                                                                                              | Equipo                                                                                      | Motor Ventilador Torre 1 |
|                  |                                               |         |                          |
| Diagnóstico      | Nivel                                                                                                                            | N/A                                                                                         |                          |
|                  | Acción                                                                                                                           | N/A                                                                                         |                          |
|                  | <b>Observaciones</b><br><br>Temperatura de carcasa de motor elevada en comparación con motor similar de torre de Enfriamiento #2 | <b>Recomendaciones</b><br><br>Se recomienda revisar estado de motor, realizar mantenimiento |                          |
|                  |                                                                                                                                  |                                                                                             |                          |

Tabla 24. Termografía 4

| Termografía No 4 |                                                                                                                                                                  |        |                                                                                               |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proceso          | Distribución Eléctrica                                                                                                                                           | Equipo | Tablero Eléctrico #12, Breaker #5                                                             |
| Diagnóstico      |                                                                                 |        |             |
|                  | Nivel                                                                                                                                                            | 4      | Clasificación                                                                                 |
|                  | Acción                                                                                                                                                           |        | Deficiencia Mayor                                                                             |
|                  | Observaciones                                                                                                                                                    |        | Reparar Inmediatamente                                                                        |
|                  | Se presenta una diferencia considerable en las temperaturas del breaker, en la planta se presenta desorden en colores y órdenes de fases en diferentes tableros. |        | Recomendaciones                                                                               |
|                  |                                                                                                                                                                  |        | Revisar terminales y medir amperajes para verificar balanceo de cargas en equipos conectados. |

De esta manera, se recomienda realizar un estudio termográfico total de las instalaciones, para poder seguir evidenciando ineficiencias en el proceso y poder corregirlas contribuyendo a la disminución en el consumo energético, y, por ende, a la reducción en la generación de gases efecto invernadero asociados.

Anteriormente se pudieron observar recomendaciones que se realizaron y que se han plasmado y ejecutado a la fecha. A continuación, se comparten una serie de recomendaciones para implementar luego de la cuantificación final de gases efecto invernadero.

## 8.5 Recomendaciones finales

Tabla 25. Recomendaciones

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eficiencia energética                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Controlar el consumo de energía eléctrica mediante monitoreo de equipos. Fomentar la cultura energética y realizar una transición tecnológica a equipos eficientes, incluyendo iluminación, refrigeración y producción</li></ul>                                                                                                                         |
| Buenas prácticas operacionales y mantenimiento de equipos | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vincular el cumplimiento de las buenas prácticas y óptimo uso de sistemas, equipos, programación de procesos.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                  |
| Sensibilización del personal                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar plan de comunicación para los colaboradores de la empresa, en el cual se encuentren estrategias, campañas y capacitaciones para fomentar la cultura ambiental, teniendo en cuenta el consumo energía, cambio climático, movilidad sostenible.</li></ul>                                                                                         |
| Revisión técnico mecánica                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Cumplir con la revisión anual, ya que se evita la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                               |
| Plan de reforestación y compra de bonos de carbono        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Con el fin de compensar los GEI se ve la necesidad de implementar actividades que reduzcan la contaminación, por lo tanto se encuentra la opción de elegir y realizar la siembra de plantas que mitiguen dichas emisiones. O realizar la compra de bonos de carbono en el mercado, con el fin de neutralizar las emisiones de la organización.</li></ul> |

### **Bibliografía**

- Aristizábal Alzate, C. E., González Manosalva, J. L., & Gutiérrez Cano, J. C. (2020). Análisis del Ciclo de Vida y Cálculo de la Huella de Carbono para un Proceso de Reciclaje de Botellas PET en Medellín (Ant). *Producción Más Limpia*, 15(1), 7–24.
- Agrawala, S. y S. Fankhauser (2008), *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments - Climate Change Policy & Practice*, París, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE).
- BSI. (2008). *Guide to PAS 2050: How to assess the carbon footprint of goods and services*.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) (2007), “Vulnerability and adaptation to climate change in small island developing States. [http://unfccc.int/files/adaptation/adverse\\_effects\\_and\\_response\\_measures\\_art\\_48/application/pdf/200702\\_sids\\_adaptation\\_bg.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/adverse_effects_and_response_measures_art_48/application/pdf/200702_sids_adaptation_bg.pdf)
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*.
- Confalonieri, U. y otros (2007), “Human health”, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- COLOMBIA. URRUTIA, C. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*.
- COSTA, C. *La adaptación al cambio climático en Colombia*.

Fernandes, Erick C. M. y otros (2013), *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*, Washington, D.C., Banco Mundial, febrero.

Fundación Natura. *Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero* / Catacolí, Alejandra (consultora). Bogotá, D.C. Colombia, Fundación Natura; CAEM. 2014. 56 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2010 *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, 2010. Colombia.

Intergovernmental Panel on Climate Change Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories reporting Instructions, 1997.

IPCC. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hopppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., and Tanabe K. (Eds). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan, 2000. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>.

ISO 14064-1:2006, *Gases de efecto invernadero — Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*

ISO 14064-2:2006, *Gases de efecto invernadero — Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero*

- ISO 14064-3:2006, Gases de efecto invernadero — Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero
- ISO 14065, Gases de efecto invernadero — Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento
- ISO 14066, Gases de efecto invernadero — Requisitos de competencia para los equipos de validación y de verificación de gases de efecto invernadero
- ISO 14067, Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación.
- ISO/TR 14069, Gases de efecto invernadero — Cuantificación e informe de las emisiones de gases de efecto invernadero para las organizaciones — Orientación para la aplicación de la Norma ISO 14064-1.
- ISO 14090, Adaptación al cambio climático. Principios, requisitos y directrices.
- Knights, M. (2002). Arbug Moves into Mid-Sized Presses And Electric/Hydraulic Hybrids. *Plastics Technology*, 48(11), 43.
- Leal, J. C. (2015). Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa, Disponible: [https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella\\_carbono/informe\\_gei/6\\_anexo\\_3Factores\\_Emision\\_Herramienta\\_Inventario\\_GEI\\_EAB\\_2014.pdf](https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella_carbono/informe_gei/6_anexo_3Factores_Emision_Herramienta_Inventario_GEI_EAB_2014.pdf).
- OMS/OMM/PNUMA (Organización Mundial de la Salud/ Organización Meteorológica Mundial/ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2008), Cambio climático y

- salud humana. Riesgos y respuestas: resumen actualizado 2008, Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Páez, I. C., Vargas, A. C. P., Cortázar, L. O., & Berrio, S. P. R. (2016). Alcance y gestión de la huella de carbono como elemento dinamizador del branding por parte de empresas que implementan estas prácticas ambientales en Colombia. *Estudios gerenciales*, 32(140), 278-289.
- Samaniego, J., & Galindo, M. (2014). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos. Naciones Unidas.
- Vargas-Isaza, C. A., Posada-Correa, J. C., Jaramillo-Zapata, L. Y., & García, L. A. (2015). Consumos de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados (Energy Consumption in Plastic Industry-Review of Studies Developed). *Revista CEA*, 1(1).
- Vásquez Garavito, N. C., & Martínez Díaz, G. Diseño e implementación de servicios de medición de consumo energético en máquinas de inyección de plásticos.
- Vásquez Paredes, D. J. (2015). Estudio termográfico aplicado como técnica de mantenimiento predictivo en las instalaciones eléctricas de media y baja tensión de los sistemas de bombeo del sector urbano de la EMAPA-I
- WRI/WBCSD GHG Protocol. Protocolo de gases efecto invernadero. Estándar Corporativo de contabilidad y reporte.  
[https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo\\_spanish.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf)
- WRI/WBCSD GHG Protocol. “Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant: Guide to calculation worksheets (September 2006) v1.0.” 2006.  
[http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/CHP\\_guidance\\_v1.0.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/CHP_guidance_v1.0.pdf).

WRI/WBCSD GHG Protocol. The Greenhouse Gas Protocol Mitigation Goal Standard. 2014.

<http://www.ghgprotocol.org/mitigation-goal-standard>

WRI/WBCSD GHG Protocol. The Greenhouse Gas Protocol Scope 2 Guidance. 2014.

[http://www.ghgprotocol.org/scope\\_2\\_guidance](http://www.ghgprotocol.org/scope_2_guidance).