



PILOTO DE COMPARACION DE EMISIONES ENTRE CAMIONES DE GAS NATURAL DE LA EMPRESA HDL LOGÍSTICA Y DE DIÉSEL DE LA EMPRESA BOTERO SOTO

CASO DE ESTUDIO

Autores

Andrés Felipe Rey-Ladino¹, Luisa Spaggiari², Gordon Wilmsmeier³, Hernán Darío Bulla⁴,

¹ Universidad de Los Andes, Colombia, a.reyl@uniandes.edu.co ² Universidad de Los Andes, Colombia, l.spaggiari@uniandes.edu.co, ³ Universidad de Los Andes, Colombia, g.wilmsmeier@uniandes.edu.co, ⁴ HDL, Colombia, hdbulla@hdllogistica.com.co

Palabras clave: Descarbonización, Transporte de carga por carretera, Camión gas natural, Medición huella de carbono, Gestión de la cadena de suministro.

Introducción

El proyecto GiroZero liderado por la Universidad de los Andes y Cardiff University, financiado por UKPACT¹, tiene como objetivo promover la adopción de tecnologías de bajas emisiones y mejores prácticas ambientales mediante la propuesta de estrategias para mejorar la configuración, gestión y logística de la flota y el uso de combustibles renovables en el Transporte Automotor de Carga (TAC) (Giro Zero, 2022). Se han desarrollado pilotos con el propósito de levantar información de campo real y calcular indicadores intensivos con el fin de realizar comparaciones entre tecnologías, empresas y tipos de cadenas de suministro.

Este piloto surge del interés de la empresa HDL Logística S.A.S. (HDL) en estimar las emisiones generadas por el nuevo camión de gas natural, ya que la compañía espera adquirir más vehículos de esta tecnología.

¹ UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions) es un programa único de desarrollo de capacidades. Gobernado y financiado conjuntamente por la Oficina de Relaciones Exteriores, Bienestar Común y Desarrollo (FCDO) del Gobierno del Reino Unido y el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (BEIS) a través de International Climate Finance del Reino Unido.

Participantes en el piloto

HDL es una empresa colombiana de transporte de carga terrestre con cobertura local, regional y nacional, que inició sus operaciones de transporte de carga en el año 2009 en cabeza de su fundador: José Hernán Bulla Luque, quien previamente había realizado servicios de transporte como persona natural con BIMBO DE COLOMBIA. Su enfoque es brindar soluciones logísticas a clientes industriales, en una búsqueda constante de generación de valor para transportar mercancía de forma terrestre a nivel urbano y nacional.

Como política de servicio, HDL está comprometida con prestar un servicio de transporte de carga de forma oportuna y confiable, cumpliendo con el marco regulatorio a un precio competitivo. Desde su inicio, HDL ha sido una empresa aliada para las operaciones de transporte de Bimbo Colombia garantizando eficiencias operativas, nuevas tecnologías y valores corporativos, que fomentan la integridad de la relación entre HDL y BIMBO DE COLOMBIA.

GRUPO BIMBO cuenta con una ambiciosa estrategia a nivel global de ser una empresa cero emisiones de carbono a 2050. Frente a lo cual, HDL como empresa aliada ha sido pionera en materializar la estrategia en dos frentes: eficiencias operativas e implementación de tecnologías limpias en la operación. Como resultado de compartir estos principios de sostenibilidad, ambas organizaciones trabajan en conjunto con alto compromiso estratégico.

Como resultado de esta alianza corporativa, HDL ha liderado iniciativas como el cálculo de la huella de carbono, el cambio tecnológico de sus vehículos y formación en eco conducción a todos sus conductores, generando un impacto social positivo contribuyendo a la disminución de gases de efecto invernadero de sus actividades.

En cuanto a la implementación de tecnologías limpias, HDL inició una minuciosa comparación de marcas en Colombia para migrar a vehículos con tecnologías de combustión diferente a la tradicional Diesel, lo que le permitió tomar decisiones acerca de la migración de la flota vehicular y, adquirir un tractocamión a Gas Natural ofrecido por SCANIA COLOMBIA, lo que le permitirá reducir el impacto ambiental de las operaciones actuales, eficiencias en costos y mayor rentabilidad para la empresa.

En relación con las eficiencias operativas implementadas, HDL cuenta con la visión estratégica de optimizar la capacidad máxima de los vehículos con estudios de caso teniendo como línea base los datos que son tomados por el GPS de la flota y la dinámica histórica de pedidos, en función de una mejora continua de la planificación y enrutamiento. Alimentando la mirada holística de la gestión operativa de HDL y, el compromiso de fortalecer el capital humano ha permitido implementar una visión de mejora continua en habilidades técnicas como el manejo defensivo de todos sus conductores, con dos objetivos formativos: La seguridad vial y La eco-conducción, una estrategia innovadora e incluyente.

Diseño del piloto: Migración a nuevas tecnologías

La disponibilidad de estaciones de suministro de Gas Natural Vehicular fue uno de los principales retos en la migración a tractocamiones propulsados por este tipo de combustible. Proceso que ha sido un constante ejercicio de aprendizaje, frente a lo cual, todo el equipo de HDL ha contado con la voluntad necesaria para superar esos obstáculos. Para lograrlo, el trabajo colaborativo realizado con VANTI, SCANIA COLOMBIA y el área de logística y transporte de BIMBO DE COLOMBIA, ha sido determinante en la transición hacia una matriz energética más limpia en las operaciones de HDL.

Con el fin de realizar una comparación de las emisiones y el rendimiento del camión de Gas Natural, se propuso realizar los cálculos con un vehículo diésel de las mismas características que cubriera la misma ruta. Sin embargo, HDL no tiene camiones a diésel que realizaran la misma ruta y transporten los mismos productos, por lo que se procedió a hablar con BIMBO DE COLOMBIA, el cliente exclusivo del vehículo de Gas Natural de HDL. BIMBO DE COLOMBIA cuenta con diferentes empresas que prestan los servicios en la misma ruta, en el mismo periodo en el que se hizo el piloto la empresa Botero Soto estaba prestando los servicios en la misma ruta con camiones de Diésel, luego de una reunión de acercamiento en la que se les presentó el objetivo del piloto accedieron a compartir la información de forma detallada para los recorridos realizados en el mismo periodo de tiempo. Botero

Soto tiene diferentes vehículos cubriendo la misma ruta, por lo que compartió información de ocho vehículos con características similares.

A continuación, se detallan las características de los vehículos utilizados dentro del piloto.

Tabla 1. Especificaciones de los vehículos usado en el piloto

Especificaciones vehículo	Camión Gas Natural	Camión Diésel ²
Marca	SCANIA – G340 MINIMULA	International
Combustible (Diésel, Gas, otro)	GNV	Diésel
Modelo (año)	2021	2022
Potencia (hp)	340	336
Cantidad Ejes (cabezote; trailer)	2 ; 2	2 ; 2
Fabricación (año)	2021	2021
Tecnología Emisión	Euro VI	Euro V
Peso en vacío (kg)	15.300	14.000
Capacidad de Carga (Kg)	16.700	18.000
Peso Bruto vehicular (kg)	32.000	32.000

Fuente: Proyecto GiroZero con información de HDL y Botero Soto

Figura 1. Camiones usados en el piloto



Fuente: Proyecto GiroZero con información de HDL y Botero Soto

Operación de los vehículos de diferentes tecnologías

Tractocamión a Gas Natural: marca SCANIA modelo G340, es un vehículo 100% a Gas Natural conducido por Jesús David Guzmán, quien manifiesta comodidad y seguridad en la conducción, sobre todo porque al ser un vehículo nuevo, automatizado y computarizado, la comodidad y funcionalidad son mucho mejores que los vehículos tradicionales.

Este vehículo cubre principalmente la ruta Bogotá – Medellín, y transporta productos terminados de panadería de la marca Bimbo. En esta ruta debe hacer un desvío para abastecerse de Gas Natural, en un sitio conocido como el Koran, hasta el municipio de la Dorada, Caldas, lo que representa aproximadamente ocho (8) km y veinte (20) minutos en condiciones normales, y el tiempo de llenado del tanque es de veinte (20) minutos, por lo que en total el retraso en la ruta es de al menos una (1) hora.

Con respecto a un camión tradicional se destaca que este vehículo es automatizado, menos contaminante, cumple norma EURO VI sin necesidad de usar urea, es más silencioso, cómodo, eficiente, seguro en frenado y con un

² Camión mas representativo, de varios que participaron en el piloto.

completo y funcional sistema informático en cabina. Se destaca también que la aceleración desde 0, no responde igual que un vehículo de combustión tradicional diésel.

En cuanto al rendimiento energético del camión, en terrenos montañosos en subida y bajada el camión es eficiente, en estos terrenos el vehículo se opera en modo manual, para terreno plano se utiliza el modo automático. Tiene un eficiente y seguro sistema de frenos de disco con control ABS, evidenciándose un mayor tiempo de reacción directamente proporcional a la cantidad de carga transportada. No se evidencia variación en el desempeño del sistema de frenos. El sistema computarizado del vehículo permite identificar los cambios de temperatura y los gases de escape.

Gracias a la capacitación en conducción segura y eficiente que ha recibido el conductor, quien enfatiza en la importancia de la experiencia en la conducción y como los conductores deben estar a la vanguardia del uso de tecnologías nuevas, para que la conducción sea segura, eficiente y económica o costo efectivo. Adicionalmente, el conductor resalta que es importante tener una marcha constante para evitar usar el freno y consumir el gas de manera eficiente.

Tractocamión a Diésel: La empresa Botero Soto, utiliza diferentes camiones en la misma ruta, pues no tienen vehículos exclusivos para la distribución de Bimbo, como sucede con el camión a Gas Natural. Para la información requerida en el piloto recibimos datos de 8 camiones diferentes, todos con la misma capacidad de carga, sin embargo, difieren en los modelos y tecnologías de emisión.

Operación de la prueba piloto

HDL participa en la investigación de los casos de estudio para una movilidad sostenible en el TAC del proyecto Giro Zero, donde se recolecta información de la operación de dos camiones: uno a gas natural y otro a diésel en condiciones operativas del negocio. En el piloto se toma información de un período de tiempo preestablecido, con el fin de comparar ambas tecnologías.

Sin embargo, se deben tener en cuenta dos consideraciones al comparar los resultados: la primera es que los vehículos seleccionados no son comparables en modelo, ya que la tecnología de emisión del Gas Natural es EURO VI modelo 2021 y la tecnología del diésel son varias, entre ellas la más representativa fue EURO V modelo 2022. Luego, se debe considerar que estos resultados no comparan flota nueva de gas natural vs flota nueva de diésel, sino que comparan flota nueva de gas natural con flota antigua de diésel. La segunda consideración se debe a que en los pilotos a diferencia de las validaciones tecnológicas no se consideran situaciones exactamente iguales. En el presente piloto se presentó diferencia de producto transportado y de ruta que ocasionó un peso promedio distinto para el gas natural de 21,7 ton/viaje comparado con el de diésel de 9,5 ton/viaje. Dicha limitación se supera con la comparación de indicadores intensivos, de forma que puedan llegar a ser comparables en alguna medida y/o sean referenciales.

Tabla 2. Operación del piloto

Descripción operación del piloto	Gas Natural	Diésel
Viajes realizados	14	26
Distancia total recorrida (km)	11.563	10.973
Distancia promedio / viaje (km)	826	422
Peso promedio / viaje (kg)	21.680	9.550

Fuente: Proyecto GiroZero

Resultados del piloto

El principal indicador por comparar es la intensidad de emisiones por tonelada kilómetro, que es el recomendado para comparar distintas tecnologías, vehículos, productos, cadenas logísticas y de esta forma poder hacer un adecuado benchmarking. (Smart Freight Center, 2019). De igual forma se considera dentro de la metodología de

medición las emisiones bajo lo que se denomina del pozo a la rueda, o por su término en inglés “Well to Wheel” (WTW), el cual consideran tanto las emisiones relacionadas a la producción del energético, ya sea gas natural o diésel “Well to Tank” (WTT) y las emisiones relacionadas al consumo del energético “Tank to Wheel” TTW. Para calcular las emisiones relacionadas al gas natural, se utilizó el factor de 1,952 kg CO₂eq/m³ST tomado del Decreto 926 de 2017 (MinAmbiente, 2017).

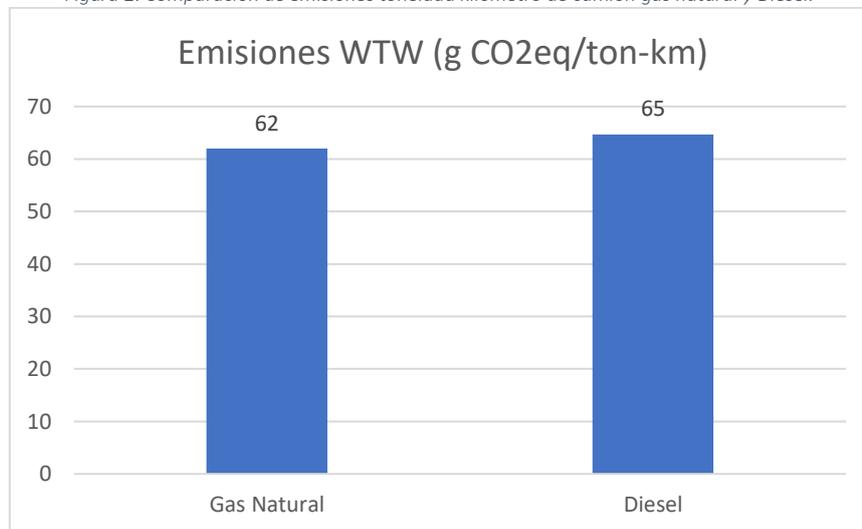
Tabla 3. Resultados del piloto

Resultados Well to Wheel (WTW) & Tank to Wheel (TTW)	Gas Natural	Diésel	Diésel vs Gas natural Diferencia (veces)	Diésel vs Gas natural Diferencia (%)
Emisiones WTW (g CO ₂ eq/ton-km)	62	65	1,0	4%
Emisiones WTW (g CO ₂ eq/km)	1343	1409	1,0	5%
Emisiones TTW (g CO ₂ eq/ton-km)	39	162	4,1	314%
Emisiones TTW (g CO ₂ eq/km)	844	1102	1,3	31%
Costo energético (\$/km)	819	971	1,2	19%
Tasa de emisión (g CO ₂ eq/\$COP) WTW - costo solo del energético-	1,64	1,46	0,9	-11%

Fuente: Proyecto Giro Zero

Al comparar ambas operaciones dentro de esta cadena de suministro (en la que varía el peso promedio de 21.680 Kg/viaje a 9.550 kg/viaje) se observa una diferencia de 4 % mayor la emisión de los vehículos diésel, con tecnología EURO V, con un valor de 65 g CO₂eq/ton-km en comparación con la operación en el vehículo a gas natural con un valor de 62 g CO₂eq/ton-km. Tal y como se observa en la Figura 2.³

Figura 2. Comparación de emisiones tonelada kilómetro de camión gas natural y Diésel.⁴



Fuente: Proyecto Giro Zero

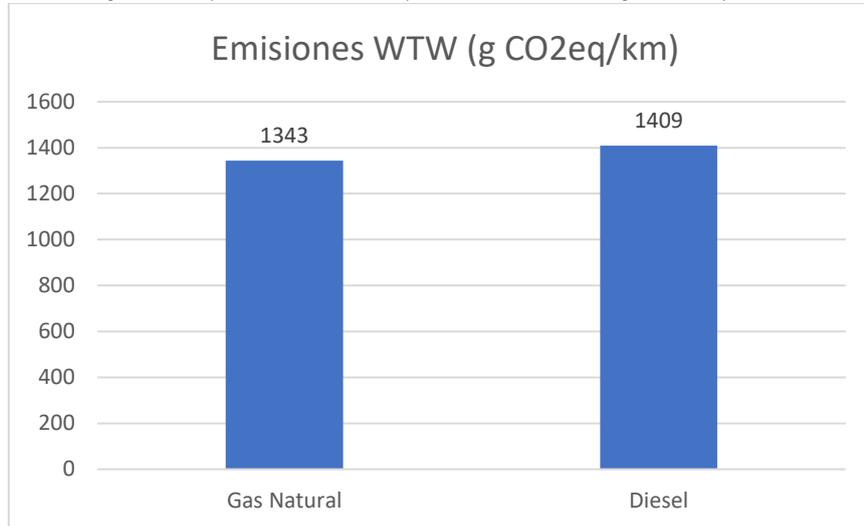
Debido a que hubo una alta diferencia en el peso transportado en promedio entre las dos tecnologías como se observa en la Tabla 2 (en la que varía el peso promedio de 21.680 Kg /viaje a 9.550 kg/viaje), para la selección del vehículo un mejor indicador serían las emisiones por kilómetro recorrido en el caso hipotético que ambos vehículos tuvieron la misma capacidad de carga. Para el piloto, se observan que las emisiones para el camión de

³ Tener en cuenta que como resultado no son comparables estos dos resultados por el diseño del piloto, pero pueden ser referenciales al segmento de peso transportado que varía según cada cadena de suministro según el tipo de producto transportado.

⁴ Debido a que en el piloto se tuvieron resultados no comparables por diferencia de peso para una misma tecnología, para el caso del indicador intensivo de emisiones por tonelada kilómetros, se asumió que ambos camiones transportaban la misma carga en toneladas

gas natural son de 1,343 g CO₂eq/km mientras que el camión Diésel son de 1,409 g CO₂eq/km, llegando a ser 5 % el diésel en comparación al gas natural como se puede observar en la Figura 3.

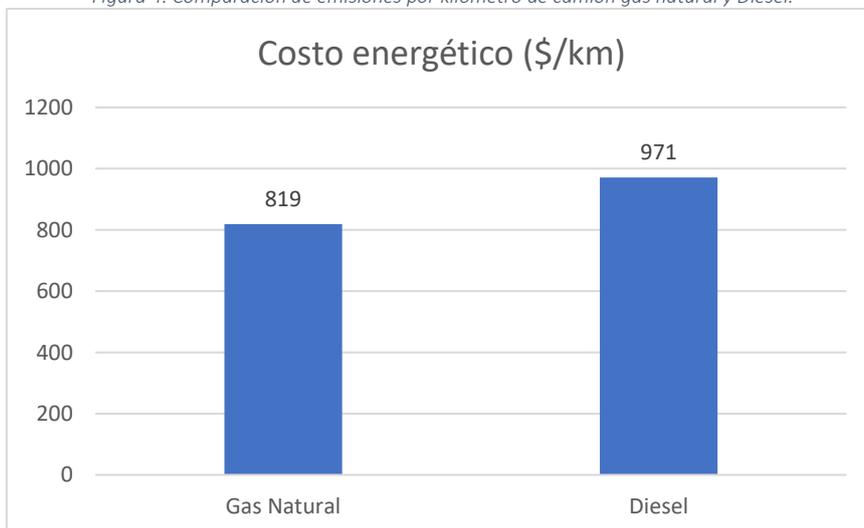
Figura 3. Comparación de emisiones por kilómetro de camión gas natural y Diésel.



Fuente: Proyecto Giro Zero

El costo del energético es de los parámetros más importantes en la administración de los costos operativos, durante la prueba piloto el costo llegó a ser 19 % superior en el camión diésel en comparación con el camión de gas natural, siendo el costo por emisión para el eléctrico de \$819 COP/km mientras que en diésel es de \$971 COP/km, como se observa en la Figura 4.

Figura 4. Comparación de emisiones por kilómetro de camión gas natural y Diésel.



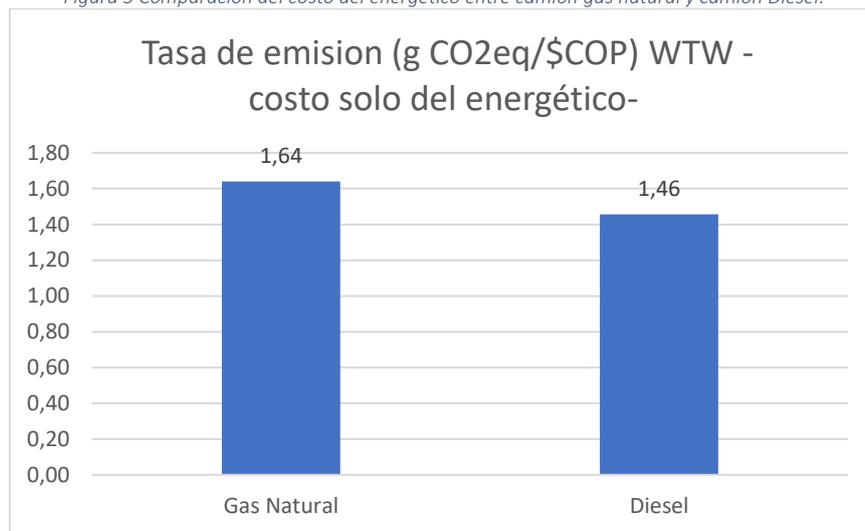
Fuente: Proyecto Giro Zero

La tasa de emisión es un indicador que relaciona las emisiones causadas con el valor pagado⁵ del energético (gas natural o diésel). El costo relacionado con las emisiones es uno de los parámetros más importantes en la selección

⁵ Este indicador es una propuesta del Proyecto Giro Zero para aquellas empresas que no tienen acceso a la información de consumo de combustible de sus proveedores terceros, pero saben el valor que pagan de fletes a terceros o de consumos de combustible de esas operaciones. Con esta tasa de emisión se puede tener un estimativo de cuantas emisiones se generan con un cálculo directamente de los registros financieros, aunque esta medida no es certificable. Valores de referencia se pueden consultar en <https://girozero.uniandes.edu.co/herramientas/dashboard> (Rey-Ladino, 2021)

de un vehículo enfocado a la sostenibilidad, durante la prueba piloto el costo del energético llegó a ser 1,75 veces superior en el camión de gas natural en comparación con el camión diésel, siendo el costo por emisión para el eléctrico de 1,64 gCO₂eq/\$ COP mientras que en diésel es de 1,46 gCO₂eq/\$ COP, una diferencia menor de 11 %. Lo anterior puede resultar paradójico, ya que, aunque se tienen resultados relativamente menores para el gas natural en emisiones por kilómetro o por tonelada-kilometro, al relacionarlo con la tasa de emisión para el usuario final o consumidor este resulta siendo más alto cuando se causan emisiones contaminantes y lo anterior causa en el largo plazo más emisiones en un 11 % por cada valor monetario pagado al transporte.

Figura 5 Comparación del costo del energético entre camión gas natural y camión Diésel.



Fuente: Proyecto Giro Zero

El futuro de HDL en la descarbonización del transporte de carga

Para descarbonizar sus operaciones, HDL comenzó por identificar los factores dentro de la compañía que estaban generando mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Lo anterior, animó a la organización a participar activamente en el proyecto GiroZero donde se realizó un dashboard que les sirvió como línea base de trabajo, adicionalmente, en colaboración con Corporación Ambiental Empresarial - CAEM y la Cámara de Comercio de Bogotá, se midió la huella de carbono en un periodo base de agosto 2021 a agosto 2022. Esto con el fin de realizar un diagnóstico buscando implementar una política ambiental.

Como resultado de este estudio, la empresa identificó que debe enfocar sus acciones en el transporte utilizado para los servicios prestados a sus clientes, analizando su flota actual. Por lo que han iniciado un proceso de renovación de la flota vehicular, con el que a la fecha cuentan con cinco vehículos SCANIA que funcionan con Gas Natural, dado que la empresa considera que esta energía es más limpia en comparación con la flota antigua lo cual contribuye a la disminución de GEI y mejora en la calidad del aire.

Es importante resaltar que, por parte los procesos propios de HDL también quieren contribuir para el objetivo de reducir emisiones en todos los frentes. Desde su infraestructura física, el parqueadero propio funciona actualmente con energía solar disminuyendo el consumo eléctrico y sus oficinas administrativas cuentan con certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Desing).

Para el año 2023, HDL planea realizar una nueva medición de la huella de carbono esperando que se evidencie la disminución de su huella de carbono como resultado de las acciones implementadas. Es importante resaltar que el programa de mantenimiento preventivo contribuye a este objetivo, evitando daños a los vehículos y optimizando costos.

Conclusiones

Durante el piloto, se observó que la comparación entre un camión a gas natural y diésel se debe realizar teniendo especialmente en cuenta la tecnología y peso transportado, para tener condiciones comparables. En este piloto no se logró dicha comparación, por lo tanto, los resultados son solamente referenciales, más no comparables. En todo caso, aunque se observa una reducción de emisiones levemente mayor usando el vehículo a gas natural. Al analizar el indicador de pago del energético vs emisiones generadas se observa que se corre el peligro de causar mayores emisiones por cada peso pagado en el largo plazo en las operaciones de HDL para BIMBO DE COLOMBIA, y lo anterior es especialmente importante en el escenario donde se paguen mayores costos por emisiones, ya sea por impuestos al carbón o por pagos de emisiones compensadas (offsets).

Adicionalmente, en cuanto a las emisiones, aunque el indicador recomendado para realizar comparaciones por el Global Logistics Emissions Council, GLEC (Smart Freight Center, 2019) es un indicador intensivo que relaciona las emisiones generadas por cada tonelada transportado por kilómetro recorrido $g\ CO_2eq/ton\text{-}km$, durante el piloto se tuvieron pesos transportados distintos, por lo tanto es más recomendable comparar las emisiones según el vehículo independiente del peso de los productos transportados. En el indicador de $g\ CO_2eq/km$ se observó una diferencia de 5 % superior para el vehículo Diésel, con un valor de $1.409\ g\ CO_2eq/km$ en comparación con la operación en el vehículo a gas natural con un valor de $1.343\ g\ CO_2eq/km$. De igual forma es importante tener en cuenta que se compararon camiones con estándar de emisiones distintos.

Finalmente, se observa un alto compromiso de la empresa HDL en cuanto a su compromiso en reducir las emisiones al 2050 debido a sus acciones tanto en la reducción de emisiones relacionadas actividad principal del transporte de carga, como otras acciones relacionadas en procesos secundarios, reduciendo de manera integral su huella de carbón.

Bibliografía

- Banco Interamericano de Desarrollo BID. (2020). *El transporte automotor de cargas en América Latina*. Nota Técnica IBD-TN-1877.
- Giro Zero. (2022). *Giro Zero Road Map: Dirigiendo el sector transporte automotor de carga en Colombia hacia las cero emisiones*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes - Cardiff University.
- MinAmbiente. (2017). Decreto 926 de 2017. *Reglamenta el impuesto nacional al carbono y el mecanismo de no causación del impuesto*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/13.-Decreto-926-de-2017.pdf>
- Rey-Ladino, G. W.-R. (2021). KPI Dashboard for Road Freight Transportation of Giro Zero Project in Colombia. Recuperado el 01 de 11 de 2022, de Giro Zero Project/tools: <https://girozero.uniandes.edu.co/en/tools/dashboard>
- Smart Freight Center. (2019). *Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting*.