

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA
UNIDAD MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO”**

Presentada por:

JOSÉ CARLOS ANTONIO BENITES COLÁN

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS
“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA
UNIDAD MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO”**

Presentada por:

JOSÉ CARLOS ANTONIO BENITES COLÁN

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Elvito Villegas Silva
PRESIDENTE

Mg. Sc. Wilfredo Baldeón Quispe
MIEMBRO

Lic. Juan Pesantes Rojas
MIEMBRO

Ph. D. Sergio Pacsi Valdivia
ASESOR

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	4
1.1.1. Objetivo general.....	4
1.1.2. Objetivos específicos.....	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1. ASPECTOS GENERALES.....	5
2.1.1. Ambiente.....	5
2.1.2. Contaminación ambiental.....	5
2.1.3. Cambio climático.....	6
2.1.4. Efecto invernadero.....	10
2.2. GENERALIDADES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI).....	14
2.2.1. Clasificación.....	17
2.2.2. Dióxido de Carbono (CO ₂).....	17
2.2.3. Óxido Nitroso (N ₂ O).....	22
2.2.4. Vapor de Agua.....	24
2.2.5. Clorofluorocarbonos (CFC).....	25
2.2.6. Hidrofluorocarbonos (HFC).....	25
2.2.7. Perfluorocarbonos (PFC).....	26
2.2.8. Hexafluoruro de Azufre (SF ₆).....	26
2.2.9. Dióxido de Carbono Equivalente y Potencial de Calentamiento Global (PCG).....	27
2.3. INDICADORES AMBIENTALES DE SOSTENIBILIDAD REFERENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	28
2.4. GENERALIDADES DE LA HUELLA DE CARBONO.....	29
2.4.1. Huella de Carbono (HC).....	29
2.4.2. Principales ventajas y desventajas de la Huella de Carbono.....	31
2.4.3. Principios del cálculo de la Huella de Carbono.....	32
2.4.4. Determinación de los Alcances.....	33
2.4.5. Carbono neutro.....	34
2.4.6. Compensación de carbono.....	35

2.4.7. Factores de Emisión.....	36
2.5. ECOEFICIENCIA.....	37
2.6. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	38
2.6.1. Guías para el inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2006)	38
2.6.2. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG PROTOCOL)	38
2.7. MINERÍA.....	39
2.7.1. Clasificación de la minería peruana.....	40
2.8. MARCO JURÍDICO AMBIENTAL.....	46
2.8.1. Marco jurídico ambiental internacional.....	46
2.8.2. Marco jurídico ambiental nacional	49
2.9. EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y NACIONAL	54
2.9.1. Análisis de la Huella de Carbono en una empresa minera de Cobre en Chile.....	54
2.9.2. Reporte de Huella de Carbono de minera Doña Inés de Collahuasi SCM periodo 2015	55
2.9.3. Experiencias diversas de Huella de Carbono en el Perú.....	55
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.....	57
3.2. METODOLOGÍA	58
3.2.1. Establecimiento del año base.....	58
3.2.2. Recopilación y conformidad de la información.....	58
3.2.3. Metodología para realizar el cálculo de la Huella de Carbono de la Unidad Minera	59
3.2.4. Metodología para determinar qué área de la Unidad Minera contribuye más a la Huella de Carbono total.....	72
3.2.5. Metodología para determinar cuál es el Alcance que representa el mayor valor en el cálculo de la Huella de Carbono	74
3.2.6. Metodología para la propuesta de mejora.....	75
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
4.1. DELIMITACIÓN ORGANIZACIONAL Y OPERACIONAL.....	76
4.2. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIDAD MINERA	78

4.2.1. Descripción de la operación de la Unidad Minera.....	78
4.2.2. Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones directas (Alcance 1).....	80
4.2.3. Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones indirectas (Alcance 2).....	82
4.2.4. Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones indirectas (Alcance 3).....	85
4.3. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN RELACIÓN A CADA ÁREA DE LA UNIDAD MINERA.....	94
4.4. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN RELACIÓN A CADA ALCANCE (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3).....	99
4.5. PROPUESTA DE MEJORA.....	100
4.5.1. Cambio de sistema a Gas Natural Vehicular para todos los volquetes de la unidad.....	101
4.5.8. Buenas prácticas para reducir el consumo de combustibles en equipos pesados.....	106
4.5.9. Ecoeficiencia en energía eléctrica	119
4.5.10. Análisis económico de la propuesta de mejora.....	120
4.5.11. Resumen y comentario final	127
4.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	129
4.6.1. Prueba no Paramétrica de Independencia Con Chi-Cuadrado.....	130
4.6.2. Grafico de cajas y bigotes	133
V. CONCLUSIONES.....	134
VI. RECOMENDACIONES.....	135
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
VIII. ANEXOS	150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gases de Efecto Invernadero producidos por las actividades humanas	14
Tabla 2: Potencial de Calentamiento Global de los principales gases de efecto invernadero	16
Tabla 3: Geometría molecular y propiedades químicas del Dióxido de Carbono.....	19
Tabla 4: Geometría molecular y propiedades químicas del Metano	22
Tabla 5: Geometría molecular y propiedades químicas del Óxido Nitroso	24
Tabla 6: Indicadores ambientales de sostenibilidad	28
Tabla 7: Criterios de clasificación de la minería peruana	40
Tabla 8: Clasificación de concesiones según la naturaleza de las sustancias.....	42
Tabla 9: Clasificación de la minería por su tamaño	44
Tabla 10: Materiales y equipos.....	57
Tabla 11: Densidades, Valores Calóricos Neto y Factores de Emisión de los combustibles	60
Tabla 12: Consumo mensual de energía eléctrica en la unidad minera	62
Tabla 13: Resumen del consumo de papel en la unidad minera.....	63
Tabla 14: Factores de emisión para consumo de insumos	66
Tabla 15: Resumen de generación de residuos sólidos en la unidad minera.....	68
Tabla 16: Resumen de los embarques de la Unidad Minera	70
Tabla 17: Definición de los Alcances respectivos de cada área de la Unidad Minera.....	72
Tabla 18: Porcentaje de tCO ₂ eq respecto a cada Alcance definido.....	74
Tabla 19: Delimitación organizacional y operacional de la Unidad Minera a tajo abierto de Oro	76
Tabla 20: Resumen de la Huella de Carbono de las emisiones directas según área	80
Tabla 21: Consumo de energía eléctrica / Huella de Carbono del Alcance 2	83
Tabla 22: Huella de Carbono generada por consumo de energía eléctrica por área	83
Tabla 23: Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel	86
Tabla 24: Huella de Carbono generada por consumo de papel por área	87
Tabla 25: Huella de Carbono generada por consumo de insumos por área - detallado	88
Tabla 26: Huella de Carbono por consumo de insumos según el área.....	89
Tabla 27: Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos sólidos.....	90

Tabla 28: Huella de Carbono generada a partir del transporte de insumos	92
Tabla 29: Resumen de la Huella de Carbono por criterio para el Alcance 3	94
Tabla 30: Determinación de la Huella de Carbono por cada área	95
Tabla 31: Resumen de la determinación de la Huella de Carbono de toda la Unidad Minera.....	98
Tabla 32: Huella de Carbono por Alcance	100
Tabla 33: Reducción de la Huella de Carbono a partir del cambio de combustibles..	101
Tabla 34: Reducción de la Huella de Carbono por cambio de grupo electrógeno	102
Tabla 35: Reducción de la Huella de Carbono por cambio de grupo electrógeno - detallado.....	102
Tabla 36: Reducción de la Huella de Carbono por eficiencia en proceso de fundición.....	103
Tabla 37: Reducción de la Huella de Carbono por reutilización de aceites lubricantes en el proceso de voladura.....	104
Tabla 38: Reducción de la Huella de Carbono por generación de Biogás	105
Tabla 39: Reducción de la Huella de Carbono por aplicación de compuestos orgánicos.....	105
Tabla 40: Reducción de la Huella de Carbono por cultivos o plantaciones.....	106
Tabla 41: Recomendaciones de operación de excavadora	108
Tabla 42: Recomendaciones de operación de cargador frontal.....	111
Tabla 43: Recomendaciones de operación de volquete.....	114
Tabla 44: Reducción de la Huella de Carbono por la implementación de buenas practicas.....	117
Tabla 45: Reducción de la Huella de Carbono por eficiencia energética.....	119
Tabla 46: Resumen final de viabilidad y reducción de la Huella de Carbono de la Unidad Minera.....	128
Tabla 47: Externalidades positivas a partir de la reducción de la Huella de Carbono	129
Tabla 48: Frecuencias de influencia de cada área en el cálculo de la Huella de Carbono	130
Tabla 49: Valores esperados calculados del cuadro 48 de frecuencias de influencia de cada área	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero antropogénico totales anuales por gases entre 1970 – 2010.	7
Figura 2: Calentamiento del sistema climático.	9
Figura 3: Emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero antropógenos.	10
Figura 4: Cambio en el forzamiento radiativo entre 1750 y 2005.	12
Figura 5: Forzamiento radiativo, relativo a 1750, debido solo al dióxido de carbono desde 1979.	13
Figura 6: Forzamiento radiativo, relativo a 1750, de todos los Gases de Efecto Invernadero de larga vida.	14
Figura 7: Record total de la concentración media mensual de Dióxido de Carbono	18
Figura 8: Record total de la concentración media mensual de Metano.	21
Figura 9: Record total de la concentración media mensual de Óxido Nitroso y su crecimiento promedio anual.	23
Figura 10: Potencial de mitigación del impacto de Dióxido de Carbono equivalente. .	35
Figura 11: Flujograma de la metodología propuesta.	75
Figura 12: Flujograma de producción de Oro.	79
Figura 13: Huella de Carbono de las emisiones directas por tipo de combustible.	81
Figura 14: Huella de Carbono del Alcance 1 en función del área involucrada.	82
Figura 15: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de MWh a través del tiempo.	84
Figura 16: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de energía eléctrica de cada área de la Unidad Minera.	84
Figura 17: Huella de Carbono por consumo de papel por área.	88
Figura 18: Huella de Carbono generada por consumo de insumos por área.	90
Figura 19: Huella de Carbono respecto a la colección y disposición final de residuos sólidos.	91
Figura 20: Huella de Carbono generada por transporte de materiales.	93
Figura 21: Huella de Carbono por criterio para el Alcance 3.	94
Figura 22: Huella de Carbono por área, por Alcance y balance total.	98
Figura 23: Huella de Carbono total en función a todas las áreas de la Unidad Minera en el año 2017.	99

Figura 24: Huella de Carbono por Alcance.....	100
Figura 25: Gráfico de cajas y bigotes (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3).....	133

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuestas utilizadas para la recopilación de información relevante para el cálculo de la huella de carbono.....	150
Anexo 2: Valores Calóricos Netos (VCN) y Factores de Emisión (FE).....	153
Anexo 3: Cálculo del Factor de Emisión para energía eléctrica a partir de los datos del COES-SINAC.....	160
Anexo 4: Factores de emisión para gestión y disposición final de residuos sólidos....	163
Anexo 5: Formato de generación de Residuos Sólidos en la Unidad Minera.....	164
Anexo 6: Factores de emisión de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O por peso y distancia.....	166
Anexo 7: Cálculos de la Huella de Carbono para el Alcance 1	168
Anexo 8: Consumo de combustibles y alternativa de combustible para los equipos de la Unidad Minera	170
Anexo 9: Medidas propuestas para ecoeficiencia energética.....	186
Anexo 10: Datos adicionales de la prueba no-paramétrica.....	189
Anexo 11:	196

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	60
Ecuación 2	62
Ecuación 3	64
Ecuación 4	66
Ecuación 5	67
Ecuación 6	69
Ecuación 7	71

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACV	: Análisis de Ciclo de Vida
AD	: Datos de la Actividad
AEA	: Asociación Económica Americana
ANGR	: Asamblea Nacional de Gobiernos Regionales
BCPR	: Bureau for Crisis Prevention and Recovery
C	: Carbono
CEPAL	: Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CMNUCC	: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNCC	: Comisión Nacional de Cambio Climático
CNDC	: Consejo Nacional de Decanos de los Colegios
CFC	: Clorofluorocarbonos
CH ₄	: Metano
CO	: Monóxido de Carbono
CODELCO	: Consejo Nacional del Cobre
CONAM	: Consejo Nacional del Medio Ambiente
CONAMA	: Comisión Nacional del Medio Ambiente
CO ₂	: Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	: Dióxido de carbono equivalente
DGCCDRH	: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos
Diésel B5	: Diésel 95% más Biodiesel 5%
ECODES	: Ecología y Desarrollo
ENCC	: Estrategia Nacional ante el Cambio Climático
EPS-RS	: Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos
FE	: Factor de Emisión
FONAM	: Fondo Nacional del Ambiente
FR	: Forzamiento Radiativo
Gal	: Galones
GCCICC	: Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático

GEI	: Gases de efecto invernadero
GHG Protocol	: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero
gl	: Grados de libertad
GLP	: Gas Licuado de Petróleo
GWP	: Global Warming Potential (Potencial de Calentamiento Global)
H	: Hidrógeno
Haud Road	: Camino Minero
HC	: Huella de Carbono
HE	: Huella Ecológica
HFC	: Hidrofluorocarbonos
ICONTEC	: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
IDEAM	: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Internacional sobre Cambio Climático)
Km	: Kilometro
KPI	: Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators)
L	: Litros
MDL	: Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
MWh	: Megavatio Hora
NOAA	: National Oceanic & Atmospheric Administration
NO ₂	: Óxido Nitroso
N ₂	: Nitrógeno Molecular
NO ³⁻	: Nitrato
Oz	: Onzas
O ₂	: Oxígeno
ONG's	: Organizaciones No Gubernamentales
OSINERGMIN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PAAMCC	: Plan de Acción de Adaptación y Mitigación Frente al Cambio Climático
PCG	: Potencial de Calentamiento Global
PFC	: Perfluorocarbonos
PE	: Par enlazante
PL	: Par libre

pm	: Picómetro
ppb	: Partes por billón
ppmm	: Partes por mil millones
PLANAA	: Plan Nacional de Acción Ambiental
RPECV	: Repulsión de los Pares de Electrones de la Capa de Valencia
RRSS	: Residuos Sólidos
SF ₆	: Hexafluoruro de Azufre
tCO ₂ eq	: Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
TIR	: Tasa Interna de Retorno
TJ	: Terajoules
Ton	: Tonelada
UNALM	: Universidad Nacional Agraria La Molina
UNDP	: United Nations Development Programme
UNEP	: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
VAN	: Valor Actual Neto
VCN	: Valor Calórico Neto
VDERN	: Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
WBCSD	: Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible
WMO	: Organización Meteorológica Mundial
WRI	: Instituto Mundial de Recursos
WWF	: Fondo Mundial para la Naturaleza
ρ	: Densidad

RESUMEN

Se realizó la determinación de límites operacionales de la Unidad Minera de Oro a Tajo Abierto, en seguida se definió los Alcances correspondientes; Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3. A continuación se realizó la determinación de la Huella de Carbono (HC) de cada uno de estos Alcances usando las siguientes metodologías; *Guías para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2006)*, *el Protocolo de GEI (GHG Protocol)*, el factor de emisión elaborado a partir de los datos del COES-SINAC y otros factores tomados en cuenta para Alcance 3, además se realizó un análisis porcentual respecto a la HC generada por cada área de la Unidad Minera, así también se hizo el mismo análisis para cada Alcance y por último se realizó una propuesta de mejora respecto a los resultados obtenidos. De esta manera, se obtuvo que la HC total de la unidad minera para el año base 2017 fue de 26411,93 tCO₂eq, además se concluyó que las áreas que más contribuyeron al cálculo de la HC total del año base fueron; Operaciones Mina y Planta con 11214,83 tCO₂eq (42,46 por ciento), y 10908,46 tCO₂eq (41,30 por ciento) respectivamente, así también se pudo ver que el Alcance 1 y el Alcance 2 contribuyeron más a la HC total respecto al año base con 11934,05 tCO₂eq (45 por ciento), y 8186,16 tCO₂eq (31 por ciento) respectivamente, dejando al Alcance 3 en el tercer lugar con 6291,73 tCO₂eq (24 por ciento), por último de la propuesta de mejora, se estimó una reducción de 1138,36 tCO₂eq que es equivalente al 4,31 por ciento de la HC total de la Unidad Minera.

Palabras clave: Alcance, gases de efecto invernadero, huella de carbono, propuesta de mejora, unidad minera.

ABSTRACT

It was made the determination of the operational limits of the Mining Unit of Gold to Open Pit, then the corresponding Scopes were defined; Scope 1, Scope 2 and Scope 3. Then it was carried out the determination of the Carbon Footprint (CF) of each of these Scopes using the following methodologies; Guidelines for the National Inventory of Greenhouse Gases of the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 2006), the GHG Protocol (GHG Protocol), the emission factor prepared from the COES-SINAC data and other factors taken in account for Scope 3, a percentage analysis was also carried out regarding the CF generated by each area of the Mining Unit, as well as the same analysis was made for each Scope and finally a proposal for improvement was made regarding the results obtained. In this way, it was obtained that the total CF of the mining unit for the base year 2017 was 26411.93 tCO₂eq, furthermore it was concluded that the areas that contributed most to the calculation of the total CF of the base year were; Mine Operations and Plant with 11243.83 tCO₂eq (42.46 percent), and 10908.46 tCO₂eq (41.30 percent) respectively, so it was also possible to see that Scope 1 and Scope 2 contributed more to the Total CF with respect to the base year with 11934.05 tCO₂eq (45 percent), and 8186.16 tCO₂eq (31 percent) respectively, leaving Scope 3 in third place with 6291.73 tCO₂eq (24 percent), finally from the improvement proposal, it was estimated a reduction of 1138.36 tCO₂eq that is equivalent to 4.31 percent of the total CF of the Mining Unit.

Key words: Carbon footprint, green house gases, improvement proposal, mining unit, scope

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha venido dando una serie de cambios a nivel mundial, esto debido al aumento del consumo de combustibles fósiles como parte de la industrialización, el crecimiento del parque automotor y el aumento de la explotación de recursos naturales, dando como resultado a un cambio climático que cada vez se acrecienta más con el tiempo. Ferraro *et al.* (2013), apuntan que, si bien es cierto que el fenómeno del aumento de la temperatura es un proceso natural de largo plazo, la contribución de la actividad antrópica es sin duda un acelerador de este. Adicionalmente, Molina y Ortiz (2012); señalan que, el modelo de desarrollo económico actual se basa en el uso de recursos energéticos de origen fósil, provocando impactos ambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que obligan a definir un nuevo modelo de desarrollo.

Durante la última década, las emisiones de GEI antropogénico han llegado a ser aceptadas como la causa principal del cambio climático (Steinfeld *et al.*, citados por Vergé *et al.* 2013).

El cambio climático comprende relaciones complejas entre procesos (climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos). La respuesta del cambio climático se caracteriza por la adopción de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo, lo que abarca cambios no lineales y/o irreversibles (IPCC, citado por Guerra 2007). El cambio climático es la amenaza tangible a largo y mediano plazo que el hombre ha creado a partir de sus propias acciones. Complementando lo mencionado líneas arriba el cambio climático afecta la resiliencia y resistencia de los ecosistemas involucrados.

Un inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) o HC es el cálculo detallado de las emisiones directas e indirectas de GEI. El resultado de un inventario de

emisiones de GEI es el total de emisiones de CO₂eq emitidas por una institución, empresa, compañía o país para un período determinado (MINAM, citado por Ponce y Rodríguez 2016).

La HC es un parámetro que permite medir el impacto que provocan las actividades del hombre sobre el ambiente. La medición de este parámetro tiene relevancia tanto en el cumplimiento con los crecientes y exigentes estándares internacionales así como en la mejora de los procesos productivos (Calle y Guzmán 2001). Cabe resaltar que el estándar internacional al cual se rige la medición de la HC es el ISO 14064-1:2012, por ende las empresas hoy en día pueden asimilarse y estandarizarse con ayuda de esta guía internacional. Complementariamente, la acción de identificar procesos y subprocesos relacionados a nuestro foco de interés para calcular las emisiones directas e indirectas en cuestión, nos permiten tener un panorama más amplio de nuestro caso de estudio, así pues este cálculo es de suma importancia para implementar mejoras que nos lleven a mitigar o reducir la generación de GEI y por ende a combatir la amenaza del cambio climático.

Existen tres niveles de Alcance (denominados *scope* en inglés), para desagregar la HC de un ente según el grado de control que se tiene en la emisión. El Alcance 1 se refiere a las emisiones directas o controlables. En el caso de una organización corresponden a todas las emisiones producidas en procesos internos al sistema y por lo tanto manejables. Por otro lado el Alcance 2 y el Alcance 3 corresponden a emisiones indirectas o no controlables. El Alcance 2 se refiere a las emisiones de la generación de la energía eléctrica y calorífica consumida por el sistema. El Alcance 3 se refiere a las emisiones propias de fabricación y transporte de los insumos para el funcionamiento del sistema, siempre que los insumos sean elaborados por terceros, pueden ser productos o servicios (Bustos, 2011). En su mayoría los sistemas evaluados por otros autores presentan emisiones de Alcance 1 y 2, sin embargo en el caso de estudio propuesto veremos que hay una cantidad de emisiones considerable pertenecientes al Alcance 3, debido a que el rubro minero implica el consumo de una considerable cantidad de insumos para la producción mineral, así como el transporte de estos.

Sin bien es cierto, en el ámbito minero se priorizan los costos y la producción de los minerales, por otro lado, se sabe que el cálculo de la HC y la implementación de mejoras en función a los resultados obtenidos, no solo significa una mejora del medio ambiente si no también una mejora en los costos de producción de minerales y una posibilidad de ventaja diferencial para las empresas mineras frente a la competencia. Algunos autores han hecho hincapié en el cálculo de la HC en el rubro. Por ejemplo; Rojas *et al.* (2012), mencionan luego de su investigación que, disminuir el costo por consumo de combustible es de prioridad para la industria minera en general, además, no es solo un tema de costo sino también de futuras ventas ya que, en algún momento se comenzará a exigir la información sobre la HC que genera la elaboración de los distintos minerales y evidentemente un menor valor favorecerá la opción de colocación de los productos en el mercado internacional. Por otro lado Gaete y Luarte *et al.* (2012), resaltan que, la actividad minera es intensiva en el uso de la energía, por lo cual produce una gran cantidad de GEI. Asimismo apuntan que, la principal fuente de energía primaria utilizada en la minería es la electricidad, seguida por la energía proveniente de los combustibles, en diversos usos, tales como motores y generadores propios. Adicionalmente los autores señalan que, en los próximos años, el uso de combustibles en los procesos mineros se incrementará en mayor porcentaje al compararse con la intensidad de uso de electricidad en el proceso, 71 por ciento versus un 41 por ciento, respectivamente. Esto se debe principalmente al envejecimiento de las minas y las menores leyes del mineral. Así también, los autores mencionan que, el no controlar la HC en una industria, puede traer la pérdida paulatina de la credibilidad ambiental ante la comunidad, como una mayor presión social para transparentar emisiones y un aumento de restricciones ambientales por parte de las autoridades, así también hacen hincapié en que, el interés de la industria minera por la HC, es el compromiso por la sustentabilidad ambiental y del negocio, como también una mayor competitividad frente a sus pares nacionales e internacionales. Por último, los autores apuntan que, países como Alemania, EEUU, Francia, Japón, Nueva Zelanda y el Reino Unido, están discutiendo distintas iniciativas asociadas a la HC, lo que podría generar futuros impuestos a productos con una HC “alta”.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Determinar la Huella de Carbono de una Unidad Minera de Oro a Tajo Abierto que procesa mineral por el método Merrill Crowe, según las Guías para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2006), el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), y otros factores tomados en cuenta para emisiones de Gases de Efecto Invernadero indirectas, en el periodo de Enero a Diciembre del año 2017.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar qué área es la que contribuye más a la Huella de Carbono total de la unidad minera.

- Determinar que Alcance (Alcance 1, Alcance 2 o Alcance 3), representa mayor valor respecto a la determinación de la Huella de Carbono total de la unidad minera.

- Plantear una propuesta de mejora para la reducción de la Huella de Carbono calculada en la unidad minera.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GENERALES

2.1.1. Ambiente

Ambiente se refiere a todo aquello que encontramos a nuestro alrededor, en donde interactúan organismos bióticos y abióticos. Usualmente, al ambiente se le suele llamar medio ambiente, entorno o hábitat. Es un sistema formado por un conjunto de elementos que puede ser modificado por la acción humana, pues se trata de un entorno que condiciona la forma de vida de la sociedad (Cárdenas, 2017).

Así también, cabe resaltar que para que el ambiente sea llamado como tal, los elementos bióticos y abióticos deben interactuar entre sí y lograr el equilibrio, con el fin de lograr el su buen funcionamiento.

2.1.2. Contaminación ambiental

Se denomina contaminación ambiental a la alteración del estado natural de un medio, debido a la introducción de agentes físico, químicos o biológicos o bien la combinación de estos tres, siendo el principal responsable el ser humano que, a través del desarrollo de la industria, avances tecnológicos y el crecimiento demográfico, ha ido impactando el medio ambiente produciendo alteraciones en los ecosistemas que inciden en la vida de los animales, plantas y en la salud de las personas (Cárdenas, 2017).

La contaminación, a través de la introducción de los agentes contaminantes, no solo afecta el medio ambiente sino también a todos los elementos que la conforman, incluyendo también a la salud humana como parte de esta.

Existen tipos de contaminación, entre ellas tenemos: contaminación al agua, al suelo, al aire, química, radiactiva, térmica, lumínica, visual, atmosférica, acústica y electromagnética. Todas estas son perjudiciales para el hombre y el entorno que lo rodea provocando grandes desastres naturales con consecuencias fatales (Cárdenas, 2017).

2.1.3. Cambio climático

El cambio climático es cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo por variabilidad natural o como resultado de una actividad humana (IPCC citado por Ponce y Rodríguez 2016). El término cambio climático se refiere al efecto de la actividad humana sobre el sistema climático global, que siendo consecuencia del cambio global afecta otros procesos fundamentales del funcionamiento del sistema Tierra, éste comprende relaciones complejas entre procesos (climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos), constituyendo no solamente un problema ambiental sino también de desarrollo, con impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas (Alonso *et al.*, citados por Rodas, 2014).

El calentamiento global hace referencia al aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del Forzamiento Radiativo provocado por las emisiones antropógenas (IPCC, citado por Oviedo, 2018).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), en su cuarto informe de evaluación sobre el cambio climático, presentado oficialmente en el año 2007, establece que de continuarse con el nivel de incremento de emisiones de GEI, el aumento de la temperatura sería entre 1 y 3,5 °C sobre el promedio mundial para fines del siglo XXI, lo cual podría generar una variabilidad climática permanente. Los efectos del cambio climático serán distintos de acuerdo a las zonas geográficas, sin embargo, la mayor parte de la población afectada se encontrará en los países en vías de desarrollo, altamente vulnerables y con menor capacidad de adaptación a las nuevas condiciones ambientales (MINAM, 2011).

El aumento sustancial de las concentraciones de GEI en la atmósfera es una preocupación

global ya que se intensifica el efecto invernadero natural y provoca el calentamiento adicional de la superficie y la atmosfera pudiendo afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad (Naciones Unidas, citado por Oviedo, 2018). Es importante acotar que, las altas emisiones de GEI durante un proceso de manufactura, implican un impacto negativo sobre el medio ambiente, lo cual repercute directamente en el cambio climático (Wackernagel y Rees, citados por Rodríguez *et al.*, 2014). Según el IPCC, citado por Saavedra (2017), las emisiones antropogénicas de GEI totales han continuado en aumento de 1970 a 2010 y los mayores aumentos decenales absolutos se han producido al final de este periodo, según cifras del IPCC, en el año 2010 las emisiones de GEI antropogénicas han alcanzado las 49 +/- 4,5 Gt CO₂eq / año, como se puede apreciar en la Figura 1.

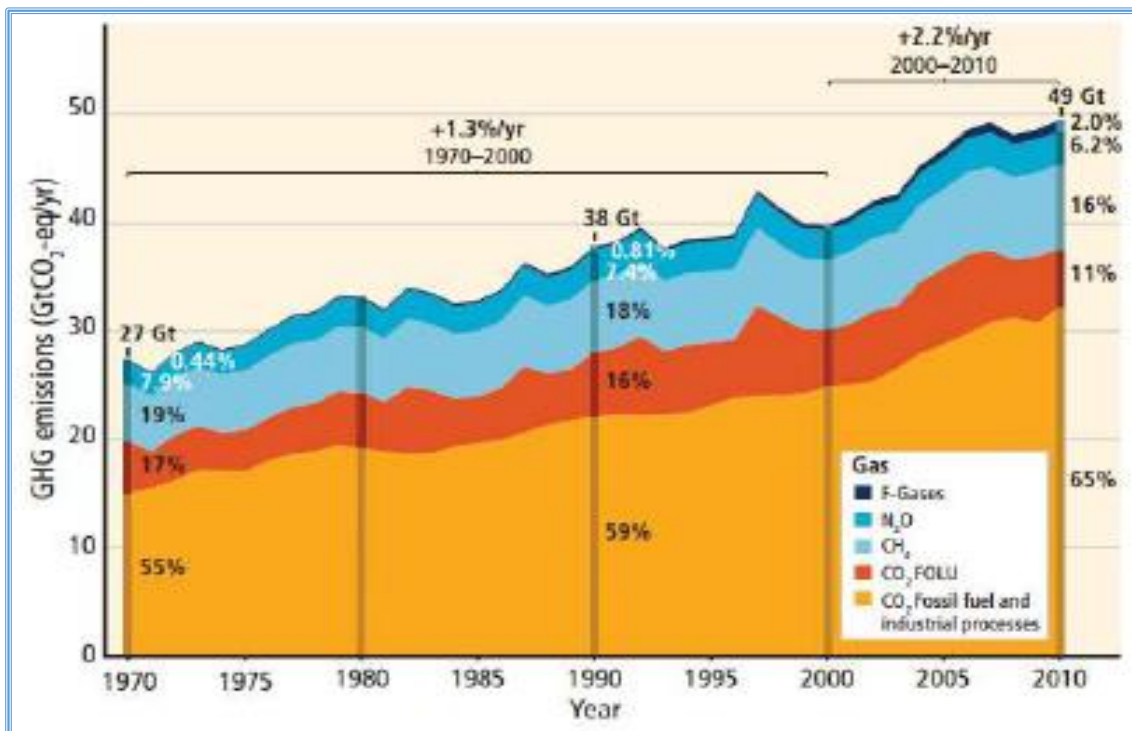


Figura 1: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero antropogénico totales anuales por gases entre 1970 – 2010.

FUENTE: IPCC, citado por Saavedra (2017).

Por otro lado, los efectos adversos son aquellos efectos nocivos significativos en los ecosistemas naturales en los sistemas socioeconómicos que provoca el cambio en el medio ambiente (Naciones Unidas, citado por Oviedo, 2018). En las últimas décadas, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos

los continentes y océanos (IPCC, citado por Fernández-Reyes, 2015).

Los impactos globales más importantes que se producirían por el calentamiento global durante el siglo XXI son la reducción de la biodiversidad, el desplazamiento de los límites territoriales de los ecosistemas, cambios en la composición del 30 por ciento de los bosques, aumento de la temperatura en los desiertos y zonas semiáridas, desaparición del 30 - 50 por ciento de la masa glaciar, cambios en la circulación oceánica, alteración de la productividad biológica con impacto en los ecosistemas marinos, mayor erosión costera e inundaciones, mayor presencia de enfermedades como la malaria, dengue, fiebre amarilla, y otras derivadas de las olas de calor. (CONAM, citado por Valcárcel, 2017).

En esta dirección y centrándonos en nuestro país, el Perú presenta siete de las nueve características reconocidas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), para calificar a un país como “particularmente vulnerable” frente al cambio climático (República del Perú, citado por Oviedo 2018). El Perú está considerado entre los 10 más vulnerables al cambio climático. Desde 1970, se han registrado pérdidas de 7000 millones de metros cúbicos de agua a causa de la desglaciación por efecto del calentamiento global, lo que ha causado la formación de lagunas colgantes, propensas al rebalse (Anderson *et al.*, citados por Torres, 2016). Dicha vulnerabilidad está configurada por diversos factores como la pobreza, la baja articulación institucional, debilidades de la gobernanza del desarrollo, una base productiva afectada por factores climáticos, entre otros (MINAM, citado por Oviedo, 2018). Muchas de las enfermedades prevalentes en Perú pueden ser afectadas por fluctuaciones climáticas, desde la mortalidad cardiovascular y enfermedades respiratorias debido a las ondas de calor o una alterada transmisión de enfermedades infecciosas y a la malnutrición debido a escasez de alimentos por falta de agua. (Gonzales *et al.*, citados por Valcárcel, 2017). Los principales efectos del cambio climático están asociados con el retroceso glaciar (Vargas, citado por Torres, 2016). En los últimos 25 años se ha perdido el 22 por ciento de la superficie de los glaciares, equivalente al consumo de agua de 10 años de la ciudad de Lima, y se proyecta que para el 2025 desaparecerán todos los glaciares peruanos que se encuentren a menos de 5400 msnm (MINAM, citado por Torres, 2016). Además, desde 1988, el mar del Callao aumenta 0,55 cm/año y 0,24 cm/año si hablamos del mar de Paita, a causa del deshielo de los glaciares (UNDP y

BCPR, citados por Torres, 2016). Conjuntamente, el aumento de la temperatura en la capa superior del océano, provoca que el fenómeno del niño se dé con mayor frecuencia e intensidad (Clements *et al.*, citados por Torres, 2016).

El calentamiento del sistema climático es inequívoco como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar (ver Figura 2), (IPCC, citado por Galarza, 2016).

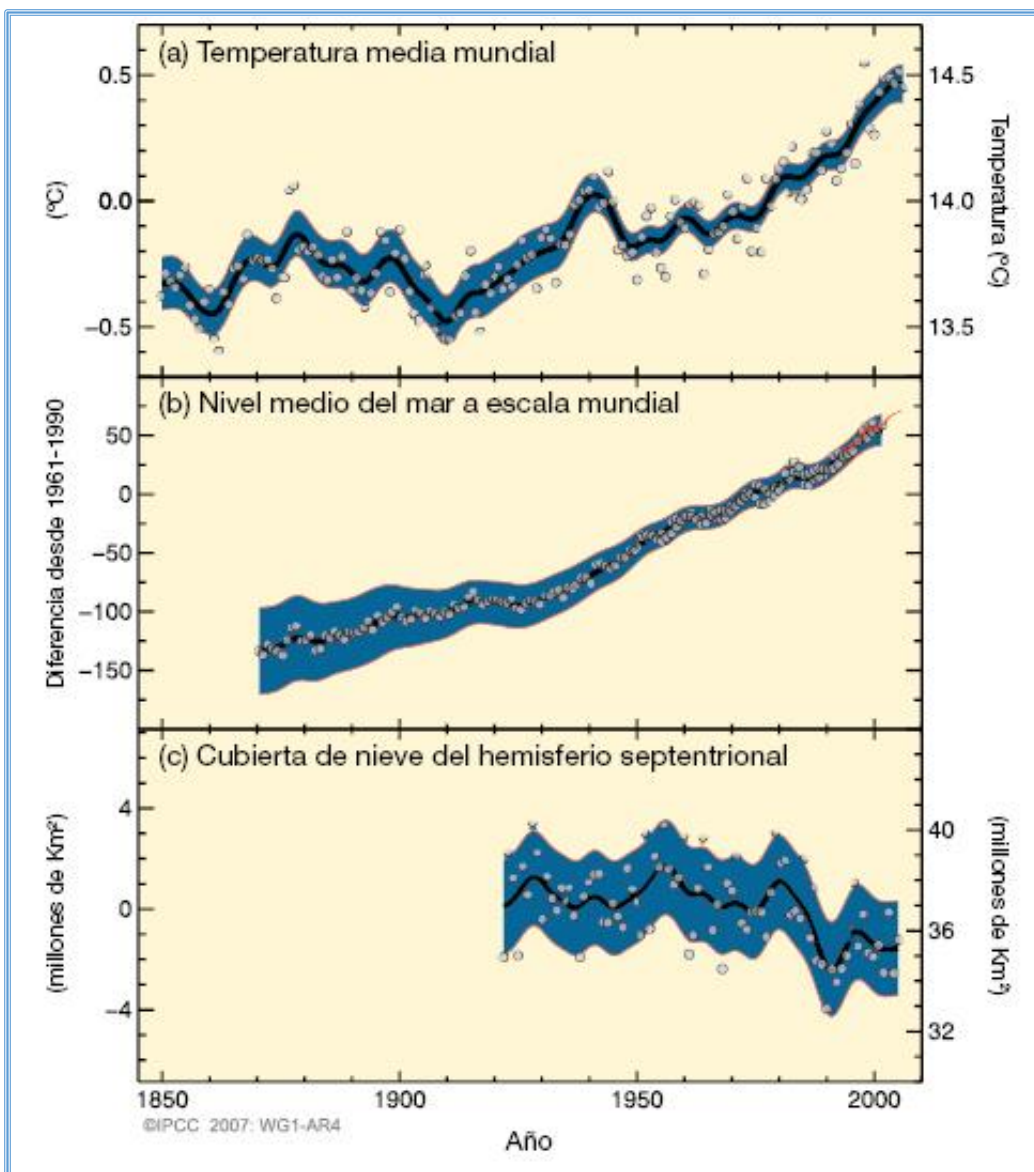


Figura 2: Calentamiento del sistema climático.

FUENTE: IPCC, citado por Galarza (2016)

El IPCC, citado por Galarza (2016), en su informe de síntesis, da a conocer las principales causas de la variación climática, considerando a la emisión de GEI antropogénica que ha incrementado en un 70 por ciento desde la era preindustrial (ver Figura 3):

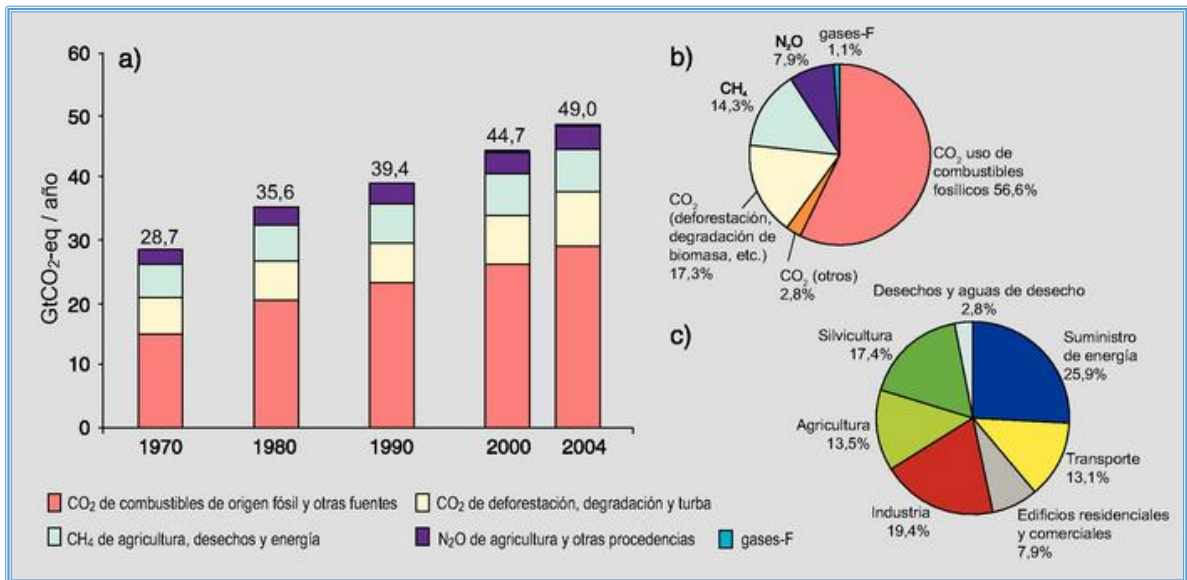


Figura 3: Emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero antropogénicos.

FUENTE: IPCC (2007); Galarza (2016).

2.1.4. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un proceso que ocurre de forma natural, en este proceso la emisión de radiación infrarroja por la atmósfera calienta la superficie del planeta. La atmósfera actúa naturalmente como una manta de aislamiento, atrapando la energía solar suficiente para mantener la temperatura media global en una gama confortable para mantener la vida (Rodas, 2014).

Esta manta aislante es en realidad una colección de varios gases atmosféricos (conocidos como Gases de Efecto Invernadero), algunos de ellos se encuentran en pequeñas cantidades, por lo que se conocen como gases traza (Casper, citado por Rodas 2014). Sin el efecto invernadero, la Tierra sería al menos 33 °C más fría que en la actualidad, toda el agua de la superficie estaría congelada y pocas formas de vida, o ninguna, existiría (Keller y Blodgett, citados por Ponce y Rodríguez, 2016).

En el mundo preindustrial, los gases invernadero de la atmósfera absorbían la cantidad justa de energía del sol. Era un sistema maravillosamente equilibrado y ello explica porque, a veces, se dice que la Tierra es un “Planeta ricitos de oro”. Pero cuando una proporción demasiado elevada de la atmósfera está constituida por gases invernadero, sobreviene el calentamiento global. Esto hace que una gran cantidad de radiación infrarroja, que de otro modo escaparía al espacio, quede atrapada en la atmósfera. Como consecuencia, la temperatura de la atmósfera y de los océanos de la Tierra se está elevando peligrosamente (Gore, citado por Valcárcel, 2017).

El problema radica en la contaminación ya que, en una situación de equilibrio, la cantidad de energía que llega al planeta por la radiación solar se compensa con la cantidad de energía radiada al espacio; por lo tanto la temperatura terrestre se mantiene constante (Nahle, citado por Torres, 2015).

2.1.5. Forzamiento radiativo (FR)

Se define como el balance neto de energía en el sistema de la tierra debido a algunas perturbaciones impuestas. Usualmente es expresado en Watts por metro cuadrado promediado a través de un periodo de tiempo en particular y cuantifica el desbalance de energía que ocurre cuando toma lugar el cambio impuesto. Aunque es usualmente difícil de examinar, el FR calculado provee una simple base cuantitativa para comparar algunos aspectos de la potencial respuesta climática a diferentes agentes impuestos, especialmente la temperatura media global, y por lo tanto es ampliamente usado en la comunidad científica. El forzamiento se presenta a menudo como el valor debido a cambios entre dos tiempos particulares, como son el preindustrial y el de hoy en día, mientras que su evolución temporal proporciona una imagen más completa (Myhre, 2013).

Definiciones alternativas del FR han sido desarrolladas, cada una con sus ventajas y limitaciones. El FR instantáneo se refiere a un cambio instantáneo en el flujo radiativo (onda corta más onda larga; en $W m^{-2}$) neto (abajo menos arriba), debido a un cambio impuesto. Este forzamiento es usualmente definido en términos de cambios de flujo en la cima de la atmósfera o en la tropopausa climatológica, siendo este último un mejor

indicador de la respuesta media global de la temperatura en los casos que ellos difieren (Myhre, 2013).

El cambio climático se produce cuando el sistema responde para contrarrestar los cambios de flujo, y todas esas respuestas son explícitamente excluidas de esta definición del forzamiento. La relación asumida entre un FR sostenido y el equilibrio de la respuesta media global de la temperatura (ΔT) es $\Delta T = \lambda \times FR$ donde λ es el parámetro de sensibilidad climática. La relación entre el FR y la ΔT es una expresión de balance de energía del sistema climático y un simple recordatorio del estado estable de la respuesta climática media global a un forzamiento dado es determinado tanto por el forzamiento como por las respuestas inherentes en λ (Myhre 2013).

A continuación se presentan los FR calculados al 2005, con las concentraciones de GEI calculadas a la fecha. Entre los GEI considerados tenemos al CO_2 , CH_4 , N_2O , los Halocarburos, entre otros (ver Figura 4).

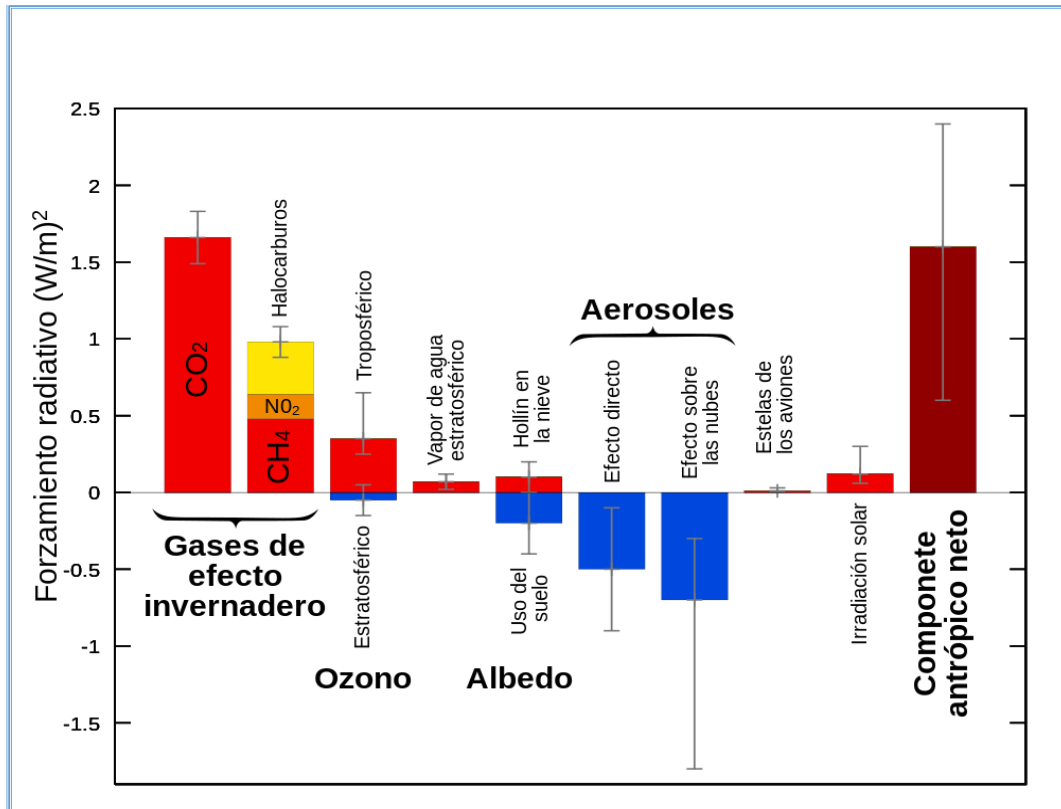


Figura 4: Cambio en el forzamiento radiativo entre 1750 y 2005.

FUENTE: IPCC (2007).

Cabe resaltar que el FR de los GEI ha ido en aumento desde la época preindustrial, evidenciando la clara influencia de estos en el calentamiento global y el aporte antropogénico que actualmente se está dando. En las Figuras 5 y 6 se puede observar los valores de FR para el CO₂, el cual es el GEI más importante y de interés en todos los estudios representativos de HC, y los valores del FR para los demás GEI que también participan del Cambio Climático Global.

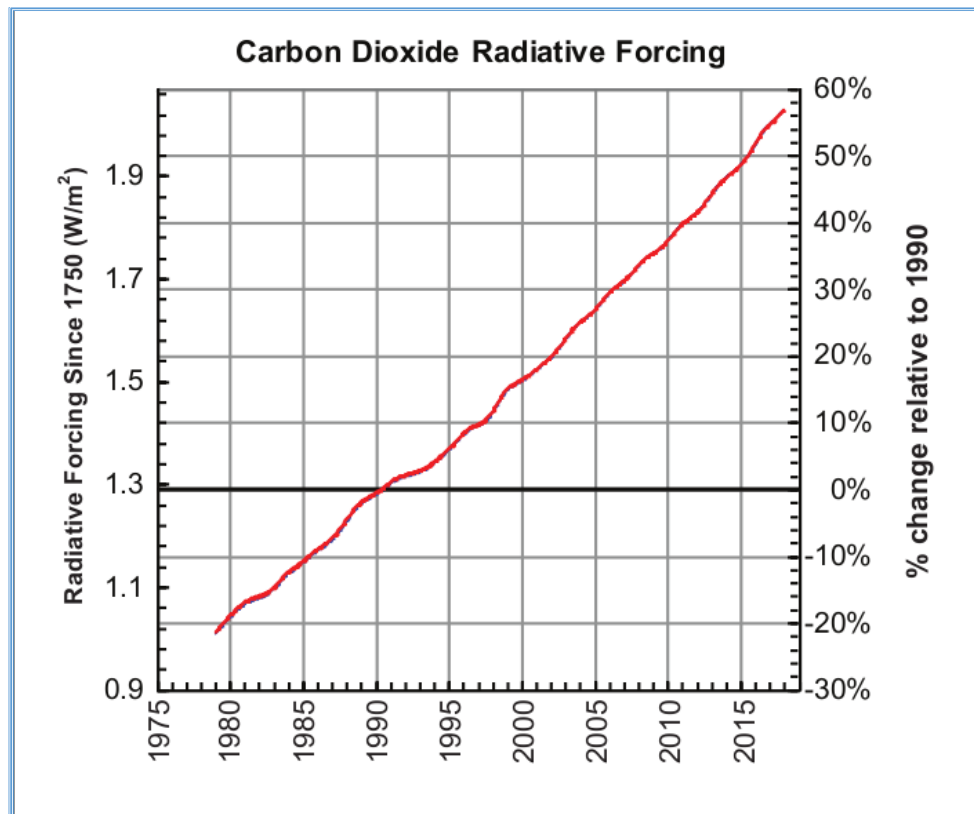


Figura 5: Forzamiento radiativo, relativo a 1750, debido solo al dióxido de carbono desde 1979

FUENTE: Butler y Montzka (2018)

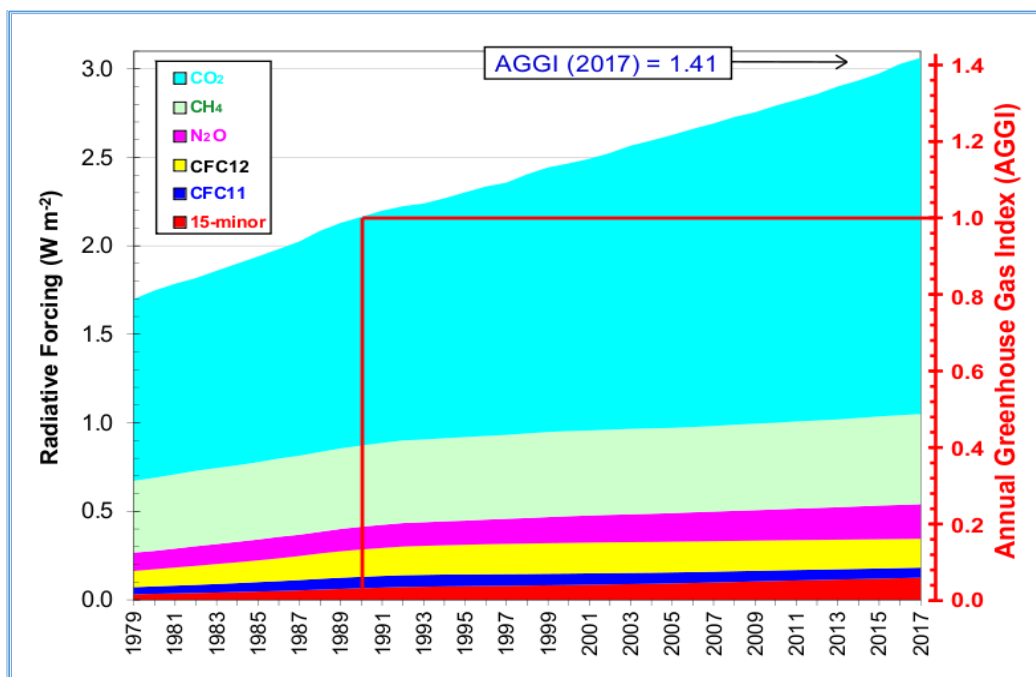


Figura 6: Forzamiento radiativo, relativo a 1750, de todos los Gases de Efecto Invernadero de larga vida

FUENTE: Butler y Montzka (2018)

2.2. GENERALIDADES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El IPCC define a los GEI como componentes gaseosos de la atmósfera que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas emitida por la superficie de la tierra, por la propia atmósfera y por las nubes, ocasionando el efecto invernadero (IPCC, citado por Oviedo, 2018).

Tabla 1: Gases de Efecto Invernadero producidos por las actividades humanas

Gas de Efecto Invernadero	Actividad que lo genera	Fuente
Dióxido de Carbono (CO₂)	Emitido principalmente por la quema de combustible fósil (petróleo, gas natural y carbón), residuos sólidos, árboles y productos madereros, cambios en el uso de la tierra, deforestación y degradación del suelo.	Rodas (2014)
Metano (CH₄)	Emitido durante la producción y transporte del carbón, gas natural y petróleo. Las emisiones de metano también resultan por prácticas de ganadería y agricultura, así como por la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos en vertederos de residuos sólidos urbanos.	Rodas (2014)

...continuación

Óxido Nitroso (N₂O)	Emitido durante actividades industriales y agrícolas, así como también por la combustión de combustibles fósiles y residuos sólidos.	Rodas (2014)
Los Hidrofluorocarbonados (HFC)	Este gas se emite en algunos procesos industriales y se le usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado.	Saavedra (2017)
Los Perfluorocarbonados (PFC)	Gases desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar a algunos gases que destruían la capa de ozono, estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales. Son usados en equipos de refrigeración y composición de extintores.	Saavedra (2017)
El Hexafluoruro de azufre (SF₆)	Es un gas incoloro, inodoro, no tóxico, no inflamable, no corrosivo y muy estable. Aunque este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales, es el más potente de los GEI. Es emitido durante la producción de magnesio y es utilizado habitualmente como aislante en los sistemas de electricidad de alta tensión, como equipos de transformación, subestaciones y torres eléctricas.	Saavedra (2017)

FUENTE: Elaboración propia.

Las actividades humanas han ido incrementando la cantidad y proporción de estos gases en la atmósfera. La gran mayoría de ellos procede de la quema de combustibles fósiles (Rodas, 2014), (ver Tabla 1).

El efecto de cada gas depende de la capacidad para absorber y remitir la radiación infrarroja del suelo y de la vida media en la que permanece en la atmósfera. Es así habitual hablar del Potencial de Calentamiento Global (PCG), de cada sustancia (ver Cuadro 2), el cual se define como “el número de kilogramos de una sustancia dada que tienen el mismo efecto que 1 kg de CO₂”. Estos equivalentes dependen del horizonte temporal empleado para diversos tiempos de residencia en la atmósfera (Barquín y Gil, citados por Rodas, 2014).

Los GEI considerados por el protocolo de Kyoto son los seis gases a los que se les atribuye la mayor responsabilidad por el incremento de la temperatura global y de los disturbios en los patrones del clima. No obstante, se hace hincapié en los gases más frecuentes en la

naturaleza los cuales son el dióxido de carbono, el metano, óxido nitroso, clorofluorocarbonos, el óxido de azufre y el vapor de agua (Ponce y Rodríguez, 2016).

Tabla 2: Potencial de Calentamiento Global de los principales gases de efecto invernadero

Nombre común o Designación Industrial	Formula Química	Tiempo de vida (años)	Potencial de calentamiento Mundial (PCM) para un tiempo dado de horizonte		
			20 años	100 años	500 años
Dióxido de Carbono	CO ₂	50-200	1	1 ⁽¹⁾	1
Metano	CH ₄	12	72	28 ⁽¹⁾	7.6
Óxido Nitroso	N ₂ O	114	289	265 ⁽¹⁾	153
<i>Hidrofluorocarbonados</i>					
HFC-23	CHF ₃	270	12000	14800	12200
HFC-32	CH ₂ F ₂	4.9	2330	675	205
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	6350	3500	1100
HFC-134 a	CH ₂ FCF ₃	14	3830	1430	435
HFC-143 a	CH ₃ CF ₃	52	5890	4470	1590
HFC-152 a	CH ₃ CHF ₂	1.4	437	124	38
HFC-227ea	CF ₃ CHF ₂ CF ₃	34.2	5310	3220	1040
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	240	8100	9810	7660
HFC-245fa	HF ₂ CH ₂ CF ₃	7.6	3380	1030	314
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	8.6	2520	794	241
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCH ₂ CF ₂ CF ₃	15.9	4140	1640	500
<i>Compuestos totalmente fluoruros</i>					
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	3 200	16300	22800	32600
Trifluoruro de nitrógeno	NF ₃	740	12300	17200	20700
PFC-14	CF ₄	50 000	5210	7390	11200
PFC-116	C ₂ F ₆	10 000	8630	12200	18200

(1) IPCC citado por Saavedra, 2017

FUENTE: IPCC, citado por Ponce y Rodríguez (2016).

2.2.1. Clasificación

- **Gases de Efecto Invernadero directos;** Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados (Benavides y León, citados por Vela, 2017).
- **Gases de Efecto Invernadero indirectos;** Son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes de aire, en la atmósfera se transforman a gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono (Benavides y León, citados por Vela, 2017).

2.2.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es el GEI más relevante asociado a actividades antropogénicas y a su participación en el calentamiento global después del vapor de agua (IDEAM, citado por Ponce y Rodríguez 2016). Es el gas más importante debido a que es el más abundante, estimándose que es el responsable de alrededor del 60 por ciento de la contribución antropogénica al efecto invernadero (Barquín y Gil, citados por Rodas 2014). Este gas no es un contaminante en sentido convencional, es un componente natural de la atmósfera (0,033 por ciento), y es esencial para el crecimiento de las plantas (Kiely, citado por Ponce y Rodríguez 2016). Dicho gas se libera de forma natural por erupciones volcánicas y respiración animal y vegetal, sin embargo, al ser el gas de efecto invernadero más importante emitido por actividades humanas ha incrementado su concentración en un 30 por ciento. Complementariamente a lo mencionado cabe resaltar que, este gas se origina por procesos como combustión u oxidación de materiales que contienen carbono (carbón, madera, aceites, algunos alimentos); por la fermentación de azúcares, y por la descomposición de los carbonatos bajo la acción del calor o los ácidos a través del ciclo de carbono (Kramer, citado por Rodas, 2014).

Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80 por ciento entre 1970 y 2004 (Ponce y Rodríguez 2016), pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt), y en el 2004 representaban un 77 por ciento de las emisiones totales de GEI antropógenos (IPCC, citado por Barrientos y Molina 2014). Por otro lado, la concentración de CO₂ incrementó de 280 (siglo diecinueve), a 380 ppm en el 2011 y probablemente se incrementará a 550 ppm para el 2050, debido a la combustión de carbón de los combustibles y otras actividades. Este aumento se discute en relación al calentamiento global y el cambio climático (IPCC, citado por Flachowsky 2011). Los aumentos de la concentración mundial de CO₂ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra (Ponce y Rodríguez 2016). Según la NOAA 2018; a la fecha (08/2018), la concentración del CO₂ se sitúa en los 405,06 ppm representando un aumento de 127,6 ppm en relación a la era preindustrial (280 ppm), con una tendencia de subir a 407 ppm para el 2019 (ver Figura 7).

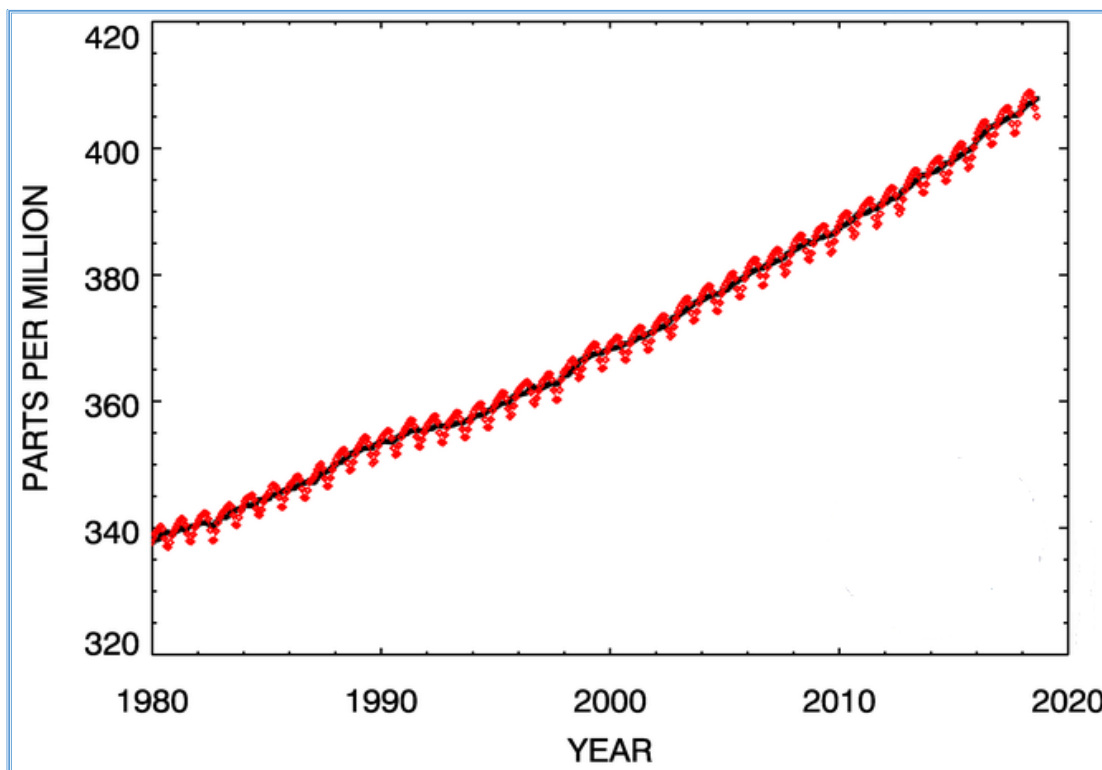


Figura 7: Record total de la concentración media mensual de Dióxido de Carbono

FUENTE: National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) (2018)

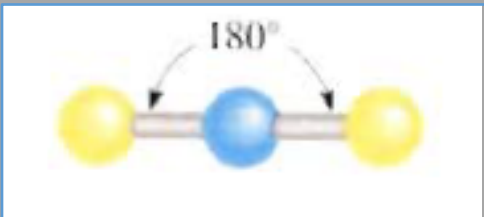
El tiempo de permanencia en el sistema climático del CO₂ es relativamente largo de un siglo o más (IPCC, citado por Ponce y Rodríguez 2016).

Un peruano promedio emite alrededor de 4.7 toneladas de CO₂eq al año, lo que equivale a que cada día, una persona genera aproximadamente las mismas emisiones que un auto que va desde La Molina a El Callao (La República, citado por Torres, 2016).

A nivel mundial, Perú ocupa el puesto número 54 y el 9 entre los países de América Latina, con emisiones anuales de gases efecto invernaderos de 40264 ktCO₂, 57579 ktCO₂, 53069 ktCO₂ entre los años 2009, 2010 y 2011 (World Bank, citado por Torres 2016). Aun así, el Perú produce solo 0.4 por ciento de los GEI del planeta (Reyes y Iju, citados por Torres, 2016).

Por último, es pertinente hablar de las características químicas de la molécula gaseosa de CO₂. Según la teoría de Repulsión de los Pares de Electrones de la Capa de Valencia (RPECV). Esta molécula presenta una geometría lineal con un ángulo de 180°, así también es una molécula apolar relativamente reactiva debido a que la diferencia de electronegatividad de sus átomos (ΔX) es igual a uno, lo cual disminuye su distancia atómica entre átomos y por ende aumenta la energía de disociación. A pesar de ser una molécula con bajo PCG, es la molécula más representativa debido a su tiempo de vida (50 – 200 años), a su concentración en la atmosfera y el FR generado hasta la fecha (ver Tabla 3).

Tabla 3: Geometría molecular y propiedades químicas del Dióxido de Carbono

		
Distancia de los enlaces (pm)	120	Huheey <i>et al.</i> (2003)
Angulo de enlace (°)	180	Chang <i>et al.</i> (2002)
Numero de PE y PL	2; 0	--
Diferencia de electronegatividad (ΔX)	1	UNAM (2017)
Tipo de enlace	Covalente polar	UNAM (2017)
Polaridad de la molecular	Apolar	Chang <i>et al.</i> (2002)
Entalpia de enlace (energía de enlace), promedio (ΔH°)	799	Huheey <i>et al.</i> (2003)

...continuación

Potencial de Calentamiento Global	1	Cuadro 2
Tiempo de vida media (años)	50-200	Cuadro 2
Concentración al 2018 (ppm)	405,06	NOAA (2018)

FUENTE: Elaboración propia.

Metano (CH₄)

El metano es un GEI que se genera en la naturaleza en condiciones anaerobias. Este proceso tiene lugar en lagunas, campos de arroz, ganaderías, rellenos sanitarios y en la producción y consumo de los combustibles fósiles. La actividad ganadera es una de las principales causantes de las emisiones de metano en el mundo, por los procesos de digestibilidad del ganado y por la no existencia de un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos (IPCC, citado por Guerra 2007). Otra fuente importante de metano está relacionada con la producción y distribución de gas natural y petróleo y en la explotación de carbón mineral (Barrientos y Molina 2014). Aproximadamente 40 por ciento de este gas se emite a la atmosfera por fuentes naturales, mientras que el 60 por ciento es emitido por fuentes antropogénicas. El metano ha aumentado un 12 por ciento en los últimos veinticinco años (Kramer, citado por Rodas, 2014). El metano posee un tiempo de residencia alto aproximadamente de 10 años, pasado ese tiempo pasa a oxidarse con radicales OH (Kiely, citado por Ponce y Rodríguez 2016). Un dato más preciso indica que, la concentración de metano en la atmosfera mundial ha aumentado, respecto de los valores previos a la era industrial desde 715 ppm (partes por 1 000 millones), hasta 1732 ppm a comienzos de los años 90, alcanzando en el 2005 la cifra de 1774 ppm (IPCC, citado por Barrientos y Molina 2014). A la fecha (07/2018), la concentración atmosférica de CH₄ se encuentra en los 1850,5 ppb (1,850 ppm), con un aumento de 1128,5 ppb (1,129 ppm), desde la era preindustrial (772 ppb o 0,772 ppm), y con una tendencia de aumentar la concentración a 1860 ppb (1,860 ppm), para el año 2019 (ver Figura 8).

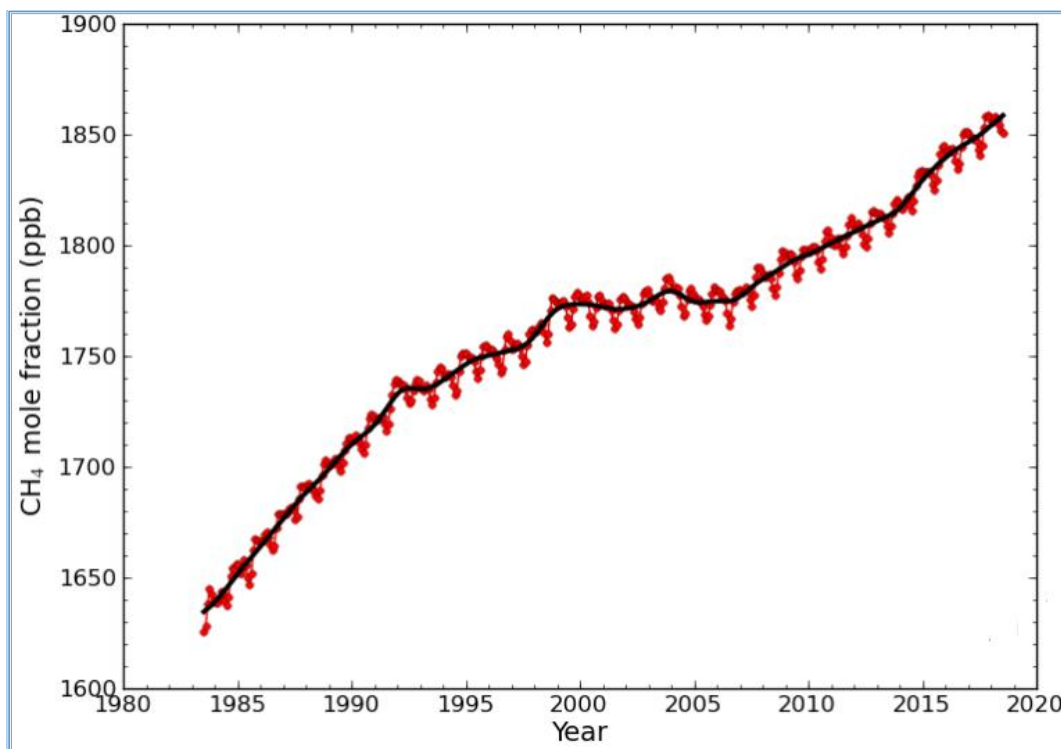


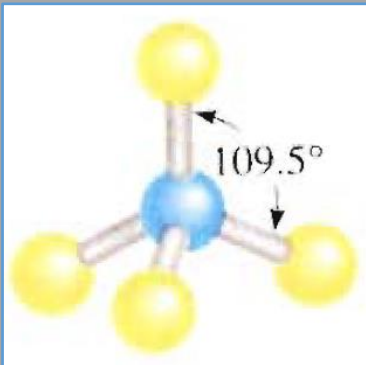
Figura 8: Record total de la concentración media mensual de Metano

FUENTE: National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) (2018)

Al incorporarse a la atmosfera, el metano reduce el volumen atmosférico de iones hidroxilo, alterando la capacidad de la atmosfera para autodepurarse de contaminantes (Kramer, citado por Rodas, 2014).

Acerca de la geometría molecular de la molécula de CH₄, Según la teoría de RPECV. Esta molécula presenta una geometría tetraédrica con un ángulo de 109,5°, así también es una molécula apolar reactiva debido a que la diferencia de electronegatividad de sus átomos (ΔX) es igual a 0,4. Esta es una molécula con un PCG más alto que el CO₂, sin embargo su concentración y su tiempo de vida media son reducidos, lo cual le resta protagonismo frente al CO₂, esto se ve reflejado en su FR generado hasta la fecha (ver Tabla 4).

Tabla 4: Geometría molecular y propiedades químicas del Metano

		
Distancia de los enlaces (pm)	109	Huheey <i>et al.</i> (2003)
Angulo de enlace (°)	109,5	Chang <i>et al.</i> (2002)
Numero de PE y PL	4; 0	
Diferencia de electronegatividad (ΔX)	0,4	UNAM (2017)
Tipo de enlace	Covalente no polar	UNAM (2017)
Polaridad de la molecular	Apolar	Chang <i>et al.</i> (2002)
Entalpia de enlace (energía de enlace), promedio (ΔH°)	411	Huheey <i>et al.</i> (2003)
Potencial de Calentamiento Global	28	Cuadro 2
Tiempo de vida media (años)	12	Cuadro 2
Concentración al 2018 (ppm)	1,850	NOAA (2018)

FUENTE: Elaboración propia

2.2.3. Óxido Nitroso (N_2O)

El óxido nitroso se produce en el ciclo del nitrógeno mediante la nitrificación: de NH_4 a N_2 y N_2O (Kiely, citado por Ponce y Rodríguez, 2016). Este gas se produce también durante la combustión de combustibles fósiles, cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte (FONAM, citado por Ponce y Rodríguez, 2016). Las emisiones directas de N_2O ocurren por una combinación de desnitrificación y nitrificación del nitrógeno contenido de los desechos. La nitrificación es la oxidación biológica del amonio por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O_2), como aceptor de electrones, es decir, como oxidante. La desnitrificación es la reducción del ion nitrato (NO_3^-), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular (N_2), la sustancia más abundante en la composición del aire. Este gas es emitido a la atmosfera tanto por fuentes

naturales (aproximadamente 60 por ciento) como por fuentes antropogénicas (aproximadamente 40 por ciento), incluyendo océanos, suelos, quema de biomasa y fertilizantes utilizados en diferentes procesos industriales (WMO, citado por Rodas, 2014). Por su lugar en el ciclo del nitrógeno este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno (Guerra, 2007). Los óxidos nitrosos se forman debido a que los combustibles se queman normalmente en presencia de aire, el cual está conformado por nitrógeno en sus tres cuartas partes. Es decir no dependen (en la mayoría de los casos) de que exista una proporción importante de nitrógeno en el combustible, y si de las condiciones concretas (temperatura y ambiente químico) de la combustión (Barquín y Gil, citados por Rodas, 2014). La concentración mundial de N₂O en la atmosfera en 2005 fue de 319 ppm (IPCC, citado por Ponce y Rodríguez 2016). A la fecha, la concentración de N₂O es de aproximadamente de 333 ppb (0,333 ppm), superando en 63 ppm la concentración que existía en la era preindustrial (270 ppb o 0,270 ppm). La concentración del N₂O se proyecta a 335 ppb (0,335 ppm), para el 2020 (ver Figura 9).

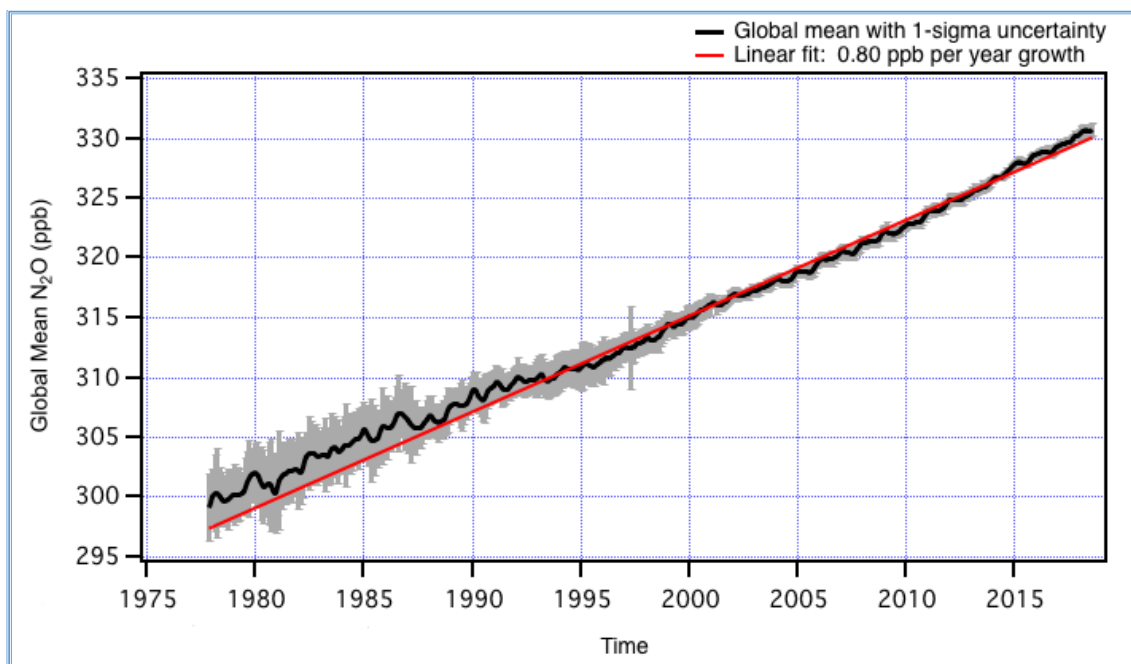


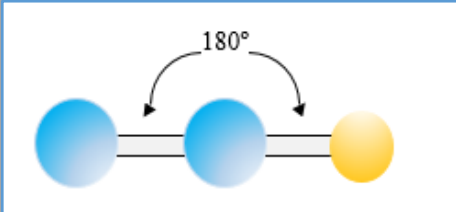
Figura 9: Record total de la concentración media mensual de Óxido Nitroso y su crecimiento promedio anual

FUENTE: National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) (2018)

El N₂O tiene un tiempo de residencia aproximado de 150 años (Forster *et al.*, citados por Ponce y Rodríguez, 2016).

Acerca de la geometría molecular de la molécula de N₂O. Según la teoría de RPECV. Esta molécula presenta una geometría lineal con un ángulo de 180°, así también es una molécula polar menos reactiva que los otros dos GEI mencionados debido a que la diferencia de electronegatividad de sus átomos (ΔX) es igual a 0,5. Esta es una molécula con un PCG mucho más alto que el CO₂, sin embargo su concentración es bajísima comparada con este, esto se ve reflejado en su FR generado hasta la fecha (ver Tabla 5).

Tabla 5: Geometría molecular y propiedades químicas del Óxido Nitroso

		
Distancia de los enlaces (pm)	$ N \equiv N - \bar{O} $ 110, 140	Huheey <i>et al.</i> (2003)
Angulo de enlace (°)	180	Chang <i>et al.</i> (2002)
Numero de PE y PL	2; 0	
Diferencia de electronegatividad (ΔX)	0,5	UNAM (2017)
Tipo de enlace	Covalente no polar; covalente polar	UNAM (2017)
Polaridad de la molecular	Polar	Chang <i>et al.</i> (2002)
Entalpia de enlace (energía de enlace), promedio (ΔH°)	571,5	Huheey <i>et al.</i> (2003)
Potencial de Calentamiento Global	265	Cuadro 2
Tiempo de vida media (años)	114	Cuadro 2
Concentración al 2018 (ppm)	0,333	NOAA (2018)

FUENTE: Elaboración propia

2.2.4. Vapor de Agua

Es el GEI más abundante, sin embargo, por el corto tiempo que permanece en la atmosfera, no se considera el gas más importante (WMO, citado por Rodas, 2014). Este

gas es el responsable de dos terceras partes del efecto invernadero natural. En la atmósfera, las moléculas de agua atrapan el calor que irradia la Tierra y la irradian a su vez en todas direcciones, calentando la superficie terrestre, antes de devolverlo de nuevo al espacio (Baethgen y Martino, citados por Viteri, 2013).

2.2.5. Clorofluorocarbonos (CFC)

Incluyen el CFC₁₁ (CFC₃) y el CFC₁₂ (CF₂C₁₂). Los CFC son una familia de compuestos que no existen naturalmente en el ambiente. Desde que empezó su fabricación a principios de la década de los 30's, los CFCs han sido utilizados como gases refrigerantes, como solventes en aplicaciones industriales, en la limpieza en seco y como propulsor en los recipientes de aerosoles (Benavides y León, citados por Villalobos y Baca, 2018).

Los clorofluorocarbonos (CFC), son compuestos gaseosos muy utilizados en refrigeración, en aislantes térmicos y en aerosoles. Aunque su producción está prácticamente detenida en los países industrializados de Europa y América, se ha elevado notablemente en los países en vías de desarrollo, especialmente en los del clima tropical, su vida en la atmósfera es larga, cercana a los cien años (Kramer, citado por Rodas, 2014).

Estos gases no solo son los mayores responsables de la reducción de la capa de ozono, sino que también están asociados al fenómeno del calentamiento global. Los CFC tienen un significativo potencial de captación de energía infrarroja, por lo que contribuyen al aumento de la retención del calor en la atmósfera. Ese potencial es muy alto, notablemente superior al de las moléculas de dióxido de carbono: desde once mil veces mayor en el CFC₁₁ (triclorofluorometano), y hasta veinte mil veces en el CFC₁₂ (diclorofluorometano) (Kramer, citado por Rodas, 2014).

2.2.6. Hidrofluorocarbonos (HFC)

Este gas se emite en algunos procesos industriales y se usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado (Saavedra, 2017).

Este gas tiende a romperse muy lentamente en el medio ambiente. Se da en la producción de aluminio, espumas de poliuretano, solventes de limpieza, aerosoles, compuestos empleados en los extintores (Cárdenas, 2017).

Igualmente, se da debido a fugas en el uso de gas refrigerante contenidos en los aires acondicionados, congeladoras, refrigeradora y otros equipos de refrigeración industrial. El uso de éstos se originó para sustituir otros GEI como los halocarburos (CFC), a pesar de esto el hidrofluorocarbonado no contribuye a la destrucción de la capa de ozono, pero si influye en el efecto invernadero (Cárdenas, 2017).

2.2.7. Perfluorocarbonos (PFC)

Es un compuesto sintético creado por el hombre que también tiende a romperse muy lentamente en el medio ambiente. La mayor fuente de emisión de este gas se origina durante la producción de aluminio, incineración de plásticos, cerámicas, en la fabricación semiconductores donde se producen circuitos integrados, en los sistemas de extinción de incendios. La exposición prolongada puede provocar efectos significativos en el cerebro y en el corazón. (Cárdenas, 2017).

Gases desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar a algunos gases que destruían la capa de ozono, estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales. Son usados en equipos de refrigeración y composición de extintores (Saavedra, 2017).

2.2.8. Hexafluoruro de Azufre (SF₆)

Es un GEI con un PCG de 23900. Su concentración en la atmosfera es baja, de alrededor de 4,2 ppb, y se proyecta que alcanzara concentraciones atmosféricas entre 35 y 65 ppb, hasta el año 2 100 (Martínez y Adrián, citados por Viteri, 2013).

Es un gas incoloro, inodoro, no toxico, no inflamable, no corrosivo y muy estable. Aunque

este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales, es el más potente de los GEI. Es emitido durante la producción de magnesio y es utilizado habitualmente como aislante en los sistemas de electricidad de alta tensión, como equipos de transformación, subestaciones y torres eléctricas (Saavedra, 2017).

Se caracteriza por su largo periodo de permanencia en el ambiente y su alta densidad, pues es más pesado que el aire, por lo tanto, tiende a no ascender a las capas altas de la atmosfera (Cárdenas, 2017).

2.2.9. Dióxido de Carbono Equivalente y Potencial de Calentamiento Global (PCG)

El PCG es la medida universal utilizada para indicar el potencial de calentamiento de cada uno de los seis principales GEI señalados en el Protocolo de Kyoto, tomando como referencia el carbono (MINAM, 2011).

Las emisiones de GEI se expresan en dióxido de carbono equivalente (CO_2eq). Una emisión de CO_2 -equivalente es la cantidad de emisión de CO_2 que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un GEI, las emisiones de CO_2 -equivalente se obtienen multiplicando la cantidad de GEI emitida por su PCG para un horizonte temporal dado (IPCC, citado por Ponce y Rodríguez, 2016).

El PCG es un índice para calcular la contribución al calentamiento mundial relativo debido a la emisión en la atmosfera de un kilogramo de un gas determinado de efecto invernadero, comparado con la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono. Los PCG calculados para diferentes horizontes temporales muestran los efectos de los periodos de vida en la atmosfera de los diferentes gases (IPCC, citado por Ponce y Rodríguez, 2016).

Ponce y Rodríguez (2016), mencionan que el PCG cambia dependiendo del escenario del tiempo que desea comparar. El acuerdo internacional es usar horizontes de 100 años (ver Tabla 2).

2.3. INDICADORES AMBIENTALES DE SOSTENIBILIDAD REFERENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO

Dentro del campo ambiental es necesario determinar la sostenibilidad mediante indicadores que permitan el control y evaluación del medio ambiente, así como la calidad de vida (De Tapia *et al.*, citados por Viteri, 2015).

Tabla 6: Indicadores ambientales de sostenibilidad

Indicador Ambiental	Principio	Unidades de Medida	Resultado	Aplicación
Huella Ecológica	Transforma tanto los consumos de recursos y energía a hectáreas de terreno productivo como: cultivos, pastos, bosques, entre otros	Superficie Ha/año	Se detalla el impacto preciso sobre el ambiente	Poblaciones, regiones, países, sector agrícola (actividades productivas)
Huella Hídrica	Volumen total de agua consumida para la producción de bienes y servicios de individuos, empresas o países.	Tiempo, masa, m ³ /kg, m ³ /año	La información generada es complementaria a los indicadores que son usados en el sector productivo	Población, países, sector productivo (consumo de agua dulce)
Huella de Carbono	Cuantificación de los Gases de Efecto Invernadero que son emitidos principalmente por la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, transporte, entre otros procesos.	Masa tCO ₂ eq/año	Determinar la incidencia en el cambio climático por las actividades que se desarrollen en la organización o por el ciclo de vida de un producto, servicio o evento.	Poblaciones, países, empresarial

FUENTE: CEPAL, citado por Viteri (2015)

Se han desarrollado diversos indicadores para analizar distintos aspectos como; cambio climático, escasez de recursos, consumo energético, calidad de agua y aire, entre otros. Su aplicación dependerá de la organización y los objetivos específicos que se hayan trazado cumplir (CEPAL, citado por Viteri, 2015).

En la Tabla 6 se muestran los indicadores ambientales de sostenibilidad usados para determinar el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente.

2.4. GENERALIDADES DE LA HUELLA DE CARBONO

2.4.1. Huella de Carbono (HC)

El concepto de HC surge del concepto de Huella Ecológica (HE), de la cual se podría decir que es un subconjunto (IHOBE, citado por Cilloniz y Guardia, 2014). Así también, East Growcom, citado por Ferraro *et al.* (2013), mencionan que, la HC, definida como la superficie necesaria para asimilar el dióxido de carbono emitido por las actividades humanas a la atmosfera, surge de la mano de la “HE”, propuesta por Wackernagel y Rees, citados por Ferraro *et al.* (2013), constituyendo una de las partes del cálculo de la misma. Sin embargo, en la medida en que la problemática del calentamiento global fue cobrando importancia a nivel mundial, el uso de la HC se volvió independiente de la HE, aunque ha sido modificada y ajustada. El último informe del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), reconoce al carbono como el componente dominante de la humanidad de la HE desde hace más de medio siglo, pasando del 36 por ciento en 1961 al 53 por ciento en 2010, con una proporción que va aumentando (WWF, citado por Fernández-Reyes, 2015).

La HC es un indicador que mide la cantidad de GEI, expresados en toneladas de CO₂ equivalente, asociados a las actividades de una empresa, entidad, evento, producto, servicio o persona individual. La medición de la HC es la contribución de cada una de estas actividades al calentamiento global, porque solo se puede actuar sobre lo que se ha medido previamente (Ponce y Rodríguez, 2016). Todos los productos que se consumen y los servicios que se prestan tienen un impacto sobre el clima y producen GEI durante su producción, transporte, almacenamiento, uso y disposición final (Valderrama *et al.*, 2011). La HC se ha convertido en un lema en el debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, negocios, gobiernos, ONGs e instituciones internacionales (Peters y Hertwich, citados por Valderrama *et al.*, 2011). En realidad, la HC es una versión simplificada de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), en el que, en

lugar de considerar varias categorías de impacto ambiental al mismo tiempo, se considera únicamente una de ellas, la relativa al Calentamiento Global (IHOBE, citado por Cilloniz y Guardia, 2014). La HC se calcula elaborando un inventario de emisiones que resulta en un registro de la fuente y la proporción de todos los GEI descargados durante un periodo de tiempo específico (Calle y Guzmán, 2001). La HC se debe incluir en todas las emisiones de GEI que se pueden asociar directa e indirectamente con una actividad, proceso o elaboración de productos y servicios (Valderrama *et al.*, 2011).

En general, la HC de una organización es un término que quiere describir el impacto total que una organización tiene sobre el clima a raíz de la emisión de GEI a la atmosfera. Con el objetivo de cuantificar dicha huella, debe aplicarse un determinado protocolo de estimación y contabilidad de emisiones de GEI (GCCICC, 2011).

Cuantificar la cantidad de toneladas de dióxido de carbono equivalente CO₂eq aportado por las actividades humanas, es de gran importancia, debido a que las organizaciones pueden definir mejores medidas de reducción de GEI más eficientes y/o buscar neutralizar su huella mediante actividades de captura de carbono (Cerna, 2016). Así también, Galli *et al.*, citados por Ferraro *et al.*, 2013, hacen hincapié en que, conocer la HC permite identificar rutas para controlar, reducir y mitigar las emisiones y sus impactos; además de ofrecer una mejor comprensión de la responsabilidad de los países, facilitar la cooperación internacional e ilustrar la distribución desigual en la utilización de los recursos. Adicionalmente, Rodríguez *et al.* (2014), mencionan que, su medición se convierte en una herramienta que permite trabajar bajo el concepto de eco-eficiencia e identificar oportunidades de reducción de consumo energético, ya que este último es la principal fuente de emisión de GEI a nivel mundial. Por último, Ligardi *et al.* (2012), señalan que, si bien es cierto en la actualidad la HC no es una parte activa en los procesos de negociación, su medición puede significar de mucha ayuda en las decisiones futuras de inversión de proyectos de eficiencia energética.

La HC es el total de GEI causados directamente o indirectamente (Carbon Trust, citado por Guerra, 2007). El término HC suele utilizarse para describir el PCG (Global Warming Potential – GWP, por sus siglas en inglés) de un determinado producto. Las huellas suelen expresarse en kg o en tCO₂e (equivalente de dióxido de carbono) (Atlantic Consulting,

citado por Cilloniz y Guardia 2014).

$$tCO_2e = a \times b$$

Dónde:

- (a) son las toneladas de gas emitidas
- (b) el PCG del gas

El PCG de un gas es su efecto para el calentamiento global en relación a una unidad equivalente de dióxido de carbono durante un plazo de tiempo determinado, normalmente 100 años. Por definición, el dióxido de carbono tiene un PCG de 1, lo que significa que un producto que emite cinco toneladas de CO₂ produce una huella de cinco toneladas x PCG 1 CO₂eq o cinco toneladas de CO₂eq. De igual manera, un producto que emita dos toneladas de metano (que tiene un PCG de 25 CO₂eq) produce una huella igual a dos toneladas x PCG 25 CO₂eq o 50 toneladas de CO₂eq (Atlantic Consulting, citado por Cilloniz y Guardia 2014).

2.4.2. Principales ventajas y desventajas de la Huella de Carbono

El uso de este indicador tiene principal beneficio el de poseer un inventario de emisiones de gases el cual permite a una empresa tomar decisiones que posibiliten reducir costos operativos y a su vez, contribuir con el cuidado del medio ambiente (Cárdenas, 2017).

Catalá, citado por Cárdenas (2017), menciona cuatro ventajas de la aplicación de la HC:

- Indicador ambiental reconocido por el mercado, ya que de forma voluntaria las organizaciones han comenzado a comunicar sus logros en materia de huella de carbono, y hacen publicidad de su reducción de emisiones.
- Dispone de metodologías de medida, procedimiento de verificación, y etiquetas para publicitar su medida, verificación y compensación.
- Potente herramienta de marketing, ya que la organización tiene una herramienta para demostrar ante terceros su compromiso con la responsabilidad social y ambiental, mejorando su reputación en el mercado.

- Supone un importante recurso de diferenciación, al dotar a las organizaciones, productos, o servicios de atributos que los diferencian de la competencia.

Catalá, citado por Villalobos y Baca (2018), menciona cuatro desventajas de la aplicación de la HC:

- No tiene en cuenta otros problemas ambientales como la acidificación de suelos, contaminación, emisión de sustancias contaminantes, ecotoxicidad, etc.
- Muchas metodologías de cálculo.
- No existe consenso sobre los aspectos que se deben incluir en el Alcance 3, por lo que, en numerosas ocasiones, los resultados obtenidos en diferentes estudios, no son comparables entre sí.
- No existen factores de conversión disponibles para las emisiones indirectas.

2.4.3. Principios del cálculo de la Huella de Carbono

La norma UNE-ISO 14064-1, “Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero”, pone de manifiesto que para garantizar que la huella de carbono se corresponde con la realidad de la organización, debe basarse en los principios de pertinencia, cobertura total, coherencia, exactitud y transparencia (Martínez, 2012).

A continuación una breve explicación de los mismos:

- **Pertinencia**
Seleccionar las fuentes, sumideros, reservorios de GEI, datos y metrologías apropiados para las necesidades del usuario.
- **Cobertura total**
Incluir todas las emisiones pertinentes de GEI.

- **Coherencia**

Permitir comparaciones significativas en la información relacionada con los GEI.

- **Exactitud**

Reducir dentro de las posibilidades la incertidumbre de las medidas. Para ello deben utilizarse valores oficiales de factores de emisión.

- **Transparencia**

Exponer información suficiente para que todos los partícipes puedan tomar las decisiones oportunas con una confianza razonable.

La aplicación de estos principios va a permitir que la organización obtenga una situación de fiabilidad y credibilidad en la documentación de sus emisiones de cara a los organismos externos, lo cual es fundamental (Martínez 2012).

2.4.4. Determinación de los Alcances

- **Alcance 1**

Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión de calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad o están controladas por la empresa. (WBCSD-WRI- SERNAMAT, citados por Jerí y Velásquez, 2016).

- **Alcance 2**

Incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida es aquella que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa. Las emisiones del Alcance 2 ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada (WBCSD-WRI- SERNAMAT, citados por Jerí y Velásquez, 2016).

– **Alcance 3**

Es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del Alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de actividades del Alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos; el transporte de combustibles adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos (WBCSD-WRI- SERNAMAT, citados por Jerí y Velásquez, 2016).

2.4.5. Carbono neutro

El término carbono neutro hace referencia a una HC igual a cero. Una organización que quiere conseguir carbono neutro, lo que tiene que hacer es reducir su impacto en el cambio climático por lo general primero calcula su HC y luego identificará las áreas de sus operaciones en las que se pueden hacer reducciones de emisiones. En la mayoría de los casos no se podrá reducir la HC a cero y las organizaciones pueden optar por invertir en proyectos que generen reducciones de emisiones de GEI para compensar aquellas que no se pueden reducir internamente (Abbott, citado por Ponce y Rodríguez 2016). El concepto de carbono neutro incorpora todos los GEI medidos en términos de CO₂ equivalente, más su compensación (ICONTEC, citado por Jerí y Velásquez, 2016).

Gaete y Luarte *et al.* (2012), plantean en su investigación medidas para la reducción de la HC en varios proyectos mineros, los cuales son claros ejemplos de la práctica de neutralidad de carbono. Las medidas de reducción planteadas fueron las siguientes; cambio de combustibles fósiles de mayores emisiones a combustibles más limpios, como GNL o Biodiesel en los camiones de traslado de material (volquetes); disminución de consumo energético; aplicación de eficiencia energética; reemplazo de los combustibles con otros proyectos; realizando reciclaje; realizando una gestión energética como la elaboración de indicadores de gestión y efectuando proyectos especiales.

Otra forma de alcanzar la HC cero planteada es mediante la compra de compensaciones que se venden en toneladas de CO₂ equivalente, y pueden provenir de diversos proyectos,

como las tecnologías en energías renovables, proyectos de eficiencia energética, proyectos de forestación, proyectos de cambio de uso de la tierra y captura de metano (Abbott, citado por Ponce y Rodríguez 2016).

Según la UNEP, citado por Galarza (2016), el potencial de mitigación de las emisiones de GEI en el sector energía, que es el sector más cercano al rubro minero debido al uso de combustibles fósiles para sus actividades, es considerable respecto a otros sectores y está por debajo del sector construcción (ver Figura 10).

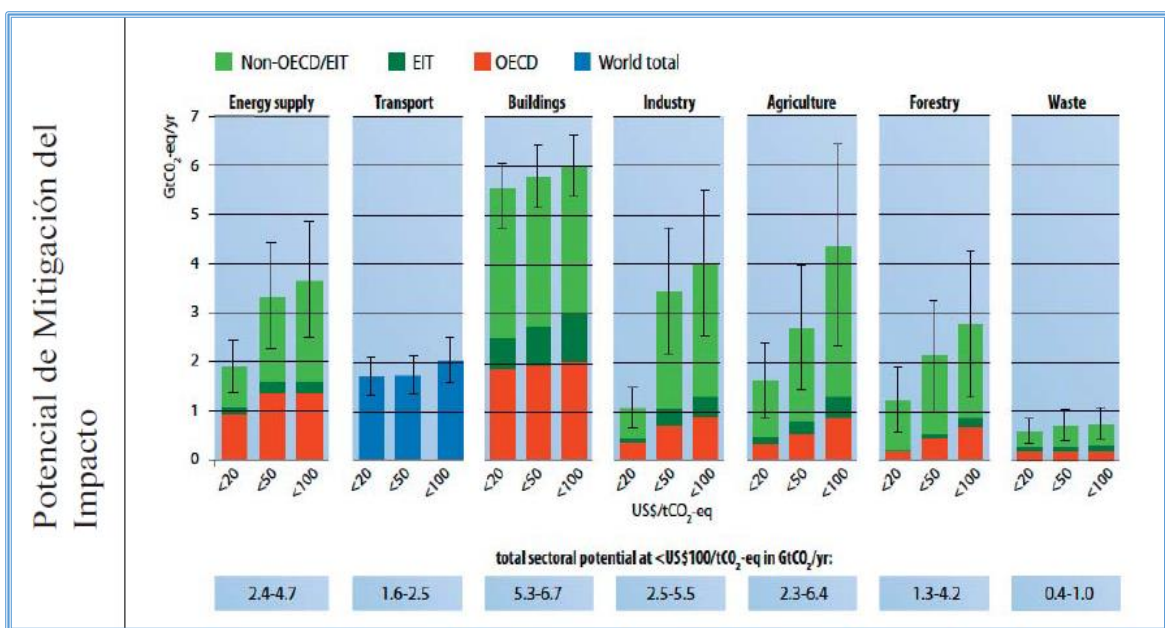


Figura 10: Potencial de mitigación del impacto de Dióxido de Carbono equivalente.

FUENTE: UNEP (2011); Green Economy Report, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Cap. 9, con datos IPCC citado por Galarza (2016).

2.4.6. Compensación de carbono

Es una medida encaminada a compensar la liberación de GEI almacenado o evitando las emisiones de una cantidad determinada de dióxido de carbono en la atmósfera para compensar las emisiones de terceros y/o en otros lugares (Reed y Ehrhart, citados por Barrientos y Molina, 2014). Son proyectos que reducen emisiones de GEI y son creados para compensar la continua contaminación en los países industrializados. (Lohmann, citado por Dávila y Varela, 2014). Estos proyectos generan una especie de “crédito” para

que quién contamine tenga derecho a aumentar sus emisiones por encima del límite permisible. Los planes de compensación de carbono son llevados a cabo por compañías, instituciones financieras internacionales y gobiernos (Dávila y Varela, 2014).

Las compensaciones negociables con un valor monetario también se conocen como créditos de carbono; un crédito equivale a una tonelada métrica de CO₂ (Reed y Ehrhart, citados por Barrientos y Molina, 2014).

La compensación voluntaria de emisiones de CO₂ consiste en la aportación voluntaria de una cantidad económica denominado compra de créditos de carbono la cual es proporcional a las toneladas de CO₂ emitidas de un proyecto en un país en vías de desarrollo que persigue específicamente por un lado captar una cantidad de toneladas de CO₂ equivalente a la generada en una actividad, mediante la puesta en práctica de un proyecto de sumidero de carbono por forestación o reforestación y por otro lado evitar la emisión de una cantidad de toneladas de CO₂ equivalente a la generada en una actividad por medio de un proyecto de ahorro o eficiencia energética, de sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, tratamiento de residuos o de deforestación evitada (ECODES, citado por Común y Saavedra, 2017).

Las emisiones de GEI pueden ser compensadas por los sumideros naturales como áreas boscosas, cuerpo de agua y suelos y por la producción de compost generado en la planta de tratamiento de aguas residuales. La fijación de carbono por la cobertura boscosa ocurre a través de la fotosíntesis. Este proceso es un mecanismo fundamental de regeneración de oxígeno molecular a partir de dióxido de carbono y agua, la importancia de las áreas boscosas radica en este proceso y su mantenimiento beneficia disminuyendo el impacto de las emisiones de GEI (Rodas, 2014).

2.4.7. Factores de Emisión

El factor de emisión permite estimar emisiones de GEI a partir de los datos de actividades disponibles (como toneladas de combustible consumido, toneladas de producto producido) y emisiones totales de GEI (IPCC, citado por Común y Saavedra, 2017). El

factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante y una unidad de actividad emitido a la atmósfera (Barreda y Polo, citados por Común y Saavedra 2017). Se deben utilizar factores de emisión documentados y es mejor utilizar los factores locales (WBCSD y WRI, citados por Común y Saavedra, 2017).

Las directrices desarrolladas por el IPCC proporcionan una guía metodológica con el fin de evaluar mediante un inventario de GEI la comprensión del riesgo del cambio climático provocado por las actividades humanas, evaluando sus posibles repercusiones en el medio ambiente, las posibilidades de adaptación, los cambios que requieren y la forma de atenuar los cambios climáticos en general (Castañeda y Ramos, citados por Común y Saavedra, 2017).

El abordaje metodológico simple y más común para la estimación de GEI consiste en combinar la información sobre el Alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominado datos de la actividad o AD, del inglés “activity data”) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria. Se los denomina factores de emisión (EF, del inglés, “emission factors”) (WBCSD y WRI, citados por Común y Saavedra, 2017). Por consiguiente, la ecuación básica es:

$$\text{Emisiones} = \text{AD} * \text{EF}$$

Dónde:

AD: Datos de la actividad.

EF: Factores de emisión.

2.5. ECOEFICIENCIA

La ecoeficiencia consiste en “producir más con menos recursos y menos contaminación”, en otras palabras, “hacer más con menos”. Este enfoque fue diseñado para que la empresa apoye al desarrollo sostenible, de tal manera que se vuelva más competitiva, innovadora y sobre todo más responsable con el ambiente (Organic Ecological Services, citado por Cuba y Sotil, 2015).

2.6. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

2.6.1. Guías para el inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2006)

Las Guías del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI (Guías del IPCC de 2006) proporcionan metodologías destinadas a estimar los inventarios nacionales de emisiones antropogénicas por fuentes y absorciones por sumideros de los GEI (IPCC, 2006).

Se confeccionaron las Guías del IPCC de 2006 en respuesta a una invitación de las Partes de la CMNUCC. Éstas pueden ayudar a las Partes a hacer frente a los compromisos contraídos en virtud de la CMNUCC para generación de informes sobre los inventarios de emisiones antropogénicas por fuentes y absorciones por sumideros de GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, según acuerdo de las Partes (IPCC, 2006).

Las Guías del IPCC de 2006 aplican el método por niveles mediante árboles de decisiones. Un árbol de decisión guía la selección del nivel que se debe utilizar para estimar la categoría que se está analizando, en vista de las circunstancias nacionales. Estas últimas incluyen la disponibilidad de los datos necesarios y los aportes hechos por la categoría al total de emisiones y absorciones nacionales, así como a su tendencia a través del tiempo (IPCC, 2006).

2.6.2. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG PROTOCOL)

El Protocolo de GEI (GHG Protocol) es una asociación de múltiples partes interesadas de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONG), gobiernos y otros convocados por el Instituto Mundial de Recursos (WRI por sus siglas en inglés) y Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD por sus siglas en inglés). Lanzado en 1998, la misión del Protocolo de GEI es desarrollar normas y herramientas de contabilidad e información sobre GEI internacionalmente aceptados, y promover su adopción para lograr una economía de bajas emisiones en todo el mundo (WBCSD y

WRI, 2004).

2.7. MINERÍA

La minería es el conjunto de actividades referentes al descubrimiento y la extracción de materiales que se encuentran bajo la superficie de la tierra, estos minerales pueden ser metálicos como el oro, hierro, cobre etc. y no metálicos como carbón, arcilla, gravas etc. Los impactos de la minería tienen que ver con el proceso de explotación, con la eliminación de residuos del mineral, su transporte y con el procesamiento del mismo que a menudo involucra o produce materiales peligrosos. (Fonseca y Carrere, citados por Wilches y Suárez, 2016).

La minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo constituye soporte para gran parte de la industria manufacturera y joyera del mundo. Es una actividad vinculada a las finanzas y al medio ambiente (Dammert y Molinelli, 2007).

Un recurso mineral es un volumen de la corteza terrestre con una concentración elevada de un mineral o combustible determinado. Se convierte en una reserva si dicho mineral, o su contenido (un metal, por ejemplo), se puede recuperar mediante la tecnología del momento con un costo que permita una rentabilidad razonable de la inversión en la mina (Dammert y Molinelli, 2007).

En el 2007 la minería peruana ocupaba primer lugar en la producción de zinc, plomo, estaño, plata y oro siendo segundo lugar sólo en la producción de cobre. A nivel mundial ocupa el primer lugar en plata (16.48 por ciento), tercer lugar en zinc (12.15 por ciento), cobre (6.86 por ciento), y estaño; cuarto lugar en plomo (9.52 por ciento) y quinto lugar en oro (8.01 por ciento) (Dammert y Molinelli, 2007).

En el 2017 el Perú se posicionó nuevamente en el segundo lugar como productor de cobre, plata y zinc; en el cuarto lugar como productor de plomo y molibdeno; y en el sexto lugar como productor de oro y estaño. Asimismo, a nivel latinoamericano destacó por ser el principal productor de oro, zinc y plomo, y por ubicarse en el segundo lugar como

productor de cobre, plata y molibdeno (Ísmodes *et al.*, 2017).

En Perú, la producción de cobre se incrementó en 3.9 por ciento, zinc en 10.2 por ciento, hierro en 14.9 por ciento y molibdeno en 9.3 por ciento, respecto al año 2016. En contraste, la producción de plata, plomo y estaño disminuyó en el mismo periodo (Ísmodes *et al.*, 2017).

A lo largo de la historia económica peruana, la minería ha contribuido al crecimiento económico del país y ha sido una fuente importante de ingresos fiscales. No obstante, la generación de conflictos y los impactos ambientales han sido motivo de preocupación dentro de las comunidades campesinas y la sociedad en general (Dammert y Molinelli 2007).

2.7.1. Clasificación de la minería peruana

A continuación presentamos los tipos de concesiones mineras según diversos criterios de clasificación (ver Tabla 7) (García, citado por Dammert y Molinelli, 2007).

Tabla 7: Criterios de clasificación de la minería peruana

Criterios	Tipos de Concesión
1. Tipo de Actividad	<ol style="list-style-type: none"> 1. De exploración y explotación 2. De beneficio 3. De labor general 4. Transporte minero
2. Naturaleza de las sustancias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metálicas 2. No metálicas 3. Carboníferas 4. Geotérmicas 5. Petróleo 6. Piedras preciosas y semipreciosas
3. Forma de los yacimientos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capas o mantos 2. Vetas o filones 3. Formaciones irregulares 4. De aluvión 5. De veta en rocas 6. De sedimento en capas
4. Método de explotación	<ol style="list-style-type: none"> 1. De superficie (a cielo o tajo abierto) 2. Subterráneos o de socavón

...continuación

5. Valor económico de las sustancias	1. Variable según oferta y demanda
6. Ubicación de los minerales	1. De suelo 2. De subsuelo
7. Denunciabilidad	1. Pueden ser entregados en concesiones 2. No pueden ser entregados en concesión
8. Tamaño	1. Grande 2. Mediana 3. Pequeña 4. Artesanal
9. Tipo de producción	1. Plata, Hierro, Cobre, Zinc, Plomo, Oro, Estaño y otros
10. Legalidad	1. Formal 2. Informal - Evasiva - Elusiva

FUENTE: Dammert y Molinelli (2007).

a. Por su tipo de actividad

- **Exploración**

La exploración es la búsqueda de depósitos minerales. Implica demostrar las dimensiones de posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos minerales, considerando para ello dos etapas: la exploración superficial o preliminar, y la exploración a fondo o definitiva (Dammert y Molinelli, 2007).

- **Explotación**

La explotación minera es la actividad de extracción de los minerales contenidos en un yacimiento. Comprende las facultades de desarrollar el yacimiento, prepararlo y comercializar los minerales obtenidos (Dammert y Molinelli, 2007).

- **Beneficio**

Es el conjunto de procesos físicos, químicos y/o físico-químicos que se realizan para extraer o concentrar las partes valiosas de un agregado de minerales y/o

para purificar, fundir o refinar metales (Dammert y Molinelli, 2007).

- **De labor general**

Actividad minera que presta servicios auxiliares, como ventilación, desagüe, izaje o extracción a dos o más concesiones (MINEM citado por Dammert y Molinelli, 2007).

- **Transporte minero**

Esta concesión implica el transporte masivo continuo de productos minerales empleando fajas transportadoras, tuberías, cables carriles o sistemas de transporte previamente aprobados por la Dirección General de Minería, con informe favorable del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y opinión del Consejo de Minería (MINEM, citado por Dammert y Molinelli, 2007).

b. Por la naturaleza de las sustancias

Según la naturaleza de las sustancias se clasifican de la siguiente manera (ver Tabla 8).

Tabla 8: Clasificación de concesiones según la naturaleza de las sustancias

Tipos de Concesión	Comentarios
1. Metálicas	Clasificándose a su vez en el ámbito de la industria internacional en metales preciosos (oro, plata y platino) y no preciosos. Se incluyen las sustancias radioactivas.
2. No metálicas	Materiales de construcción, que se encuentran depositados en canteras y álveos o cauces de los ríos, así como sustancias salinas, entre otras.
3. Carboníferas	Pueden ser de distintas variedades (antracita, hulla, lignito y turba)
4. Geotérmicas	Tienen como fin al aprovechamiento de los recursos geotérmicos del suelo y del subsuelo del territorio nacional.
5. Petróleo	El petróleo cuenta con un tratamiento particular y distinto al ámbito minero.
6. Piedras preciosas y semipreciosas	Por su naturaleza constituyen minerales no metálicos.

FUENTE: Dammert y Molinelli (2007)

c. Por la forma de los yacimientos

- Capas o Mantos
- Vetas o Filones
- Formaciones irregulares
- De aluvión, que se encuentran en los lechos aluviales
- De vetas en rocas
- De sedimento en capas

d. Por su método de explotación

- De superficie, denominados también a cielo abierto o tajo abierto
- Subterráneos o de socavón

e. Por el valor económico de las sustancias

Es variable según la oferta y demanda, así como la importancia industrial del mineral. Se debe tener en cuenta si el mineral evaluado está reservado estratégicamente por el Estado dado su interés público o sujeto a libre acceso de particulares (Dammert y Molinelli 2007).

f. Por la ubicación de los minerales

- De suelo
- De subsuelo

g. Según su Denunciabilidad

- Pueden ser entregados en concesión
- No pueden ser entregados en concesión

h. Por su tamaño

La Minería peruana se encuentra concentrada en los medianos y grandes productores. Considerando el tamaño de actividad, podemos clasificarla bajo dos criterios: según el tamaño de la concesión (i.e. según el número de hectáreas que poseen) y según la capacidad productiva (i.e. según el número de toneladas métricas que producen por día) (Dammert y Molinelli 2007).

Tabla 9: Clasificación de la minería por su tamaño

Criterio	Gran Minería	Mediana Minería	Pequeña Minería	Minería Artesanal
Según el tamaño de la concesión	No Aplica		Más de 1000 hasta 2000 Hectáreas (Has).	Hasta 1000 Hectáreas (Has).
Según la capacidad productiva	Más de 5000 t/d	Más de 350 hasta 5000 t/d	Más de 25 hasta 350 t/d	Hasta 25 t/d

FUENTE: MINEM, citado por Dammert y Molinelli (2007).

i. Por el tipo de producción

Se identifica el volumen de la producción por tipo de mineral que es producido ya sea por la gran, mediana o pequeña minería (Dammert y Molinelli, 2007).

j. Por su legalidad

– **Minería formal**

Son aquellas minas que cuentan con derechos de explotación de las zonas con presencia de minerales y que desarrollan sus operaciones dentro del marco legal (Dammert y Molinelli, 2007).

– **Minería informal**

Son aquellas minas que no cuentan con derechos de explotación de zonas con presencia de minerales. Gran parte de la minería artesanal desempeña sus actividades bajo esta modalidad (aproximadamente el 60%) (Dammert y Molinelli, 2007).

La minería informal explota exclusivamente oro y se desarrolla mayormente en denuncios abandonados en donde no es rentable hacer una gran inversión. Genera empleo a un promedio de 150 mil personas que trabajan en la minería informal y extraen unas 40 toneladas de oro al año. Se concentran en cuatro zonas del país: Madre de Dios, la zona alta del departamento de Puno, en el Sur Medio (Departamentos de Ica, Arequipa y parte de Ayacucho) y la sierra del departamento de La Libertad (Dammert y Molinelli, 2007).

La minería informal puede ser identificada de dos formas:

Explotación minera evasiva

El término “evasivo” se aplica a una persona natural que realiza actividades productivas completamente fuera del marco legal y no paga ningún impuesto (Dammert y Molinelli, 2007).

Este segmento está comprendido principalmente por la minería artesanal. Tienen la característica de usar tecnología muy rudimentaria y depender casi exclusivamente de la mano de obra humana (Dammert y Molinelli, 2007).

Explotación minera elusiva

El término “elusivo” se aplica a una persona natural o jurídica que opera dentro del marco legal, pero que no declara completamente sus operaciones y paga impuestos menores a los que corresponde (Dammert y Molinelli, 2007).

Este segmento no necesariamente opera con tecnología rudimentaria, pero evita los costos adicionales y controles que impone el Estado (Dammert y Molinelli, 2007).

La minería informal muchas veces genera impactos negativos al medio ambiente (contaminación) y a la salud debido a la tecnología rudimentaria que utilizan. En el procesamiento de los minerales muchos de ellos utilizan mercurio o cianuro de potasio o de sodio que luego son vertidos en los suelos dañando el medio ambiente y la salud de los mineros artesanales. Asimismo, al no ser dueños de los yacimientos que explotan no tienen el menor cuidado en conservar y proteger dichas áreas, esto determina que su manejo ambiental y de seguridad e higiene sea sumamente ineficiente (Dammert y Molinelli, 2007).

2.8. MARCO JURÍDICO AMBIENTAL

2.8.1. Marco jurídico ambiental internacional

a. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Este convenio marco fue firmado en la Cumbre de Río de Janeiro siendo este el tratado fundamental en temas de cambio climático, pues es un documento de referencia que desarrolla lineamientos para contrarrestar la alteración del clima. Fue adoptado en 1992, como un marco de cooperación internacional para limitar el aumento de la temperatura media mundial y limitar así el cambio climático resultante, a la vez que hacer frente a sus impactos ya inevitables (Naciones Unidas, citado por Cárdenas, 2017).

En el artículo 3 de esta convención, establece cinco principios para lograr el objetivo establecido (Naciones Unidas, citado por Torres, 2016):

- Proteger el sistema climático para cubrir las necesidades de esta generación presente y de las futuras.
- Tener siempre en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, especialmente los que son vulnerables a los efectos del cambio climático.
- Tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos.
- Promover el desarrollo sostenible.
- Cooperar en la promoción del sistema económico internacional abierto y propicio para guiar el crecimiento económico y desarrollo sostenible de todos los países, especialmente los que están en vía de desarrollo.

Además, en el artículo 4 de la convención, se plantean los compromisos que los países en vía de desarrollo y desarrollados deben cumplir (Naciones Unidas, citado por Torres, 2016):

- Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los GEI no controlados.
- Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales o regionales, según proceda, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático.
- Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de GEI.
- Promover la gestión sostenible, promover y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los GEI.
- Cooperar en los preparativos para la adaptación de los impactos del cambio climático.
- Promover y apoyar con su cooperación, la educación, capacitación y sensibilización del público respecto al cambio climático y estimular la participación más amplia posible en ese proceso.

b. Convenio de Viena para la protección de la capa de Ozono

El Convenio de Viena para la protección de la capa de Ozono tiene como objetivo alentar la investigación y la cooperación general entre países, así como el intercambio de información para la protección de la capa de ozono (Villalobos y Baca, 2018).

c. Protocolo de Kyoto

Este acuerdo fue aprobado en el año 1997, en la ciudad de Kyoto, siendo la primera acción bajo un marco institucional donde países desarrollados se comprometen a reducir en forma colectiva sus emisiones. A su vez, es considerado como el primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro (Naciones Unidas, citado por Cárdenas, 2017).

Este protocolo fue estructurado en función de los principios de la CMNUCC con miras a lograr metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, los cuales son el resultado de quemar combustibles fósiles durante más de 150 años. En este sentido, este protocolo tiene un principio central; el de la responsabilidad común pero diferenciada (Naciones Unidas, citado por Cárdenas, 2017).

d. Acuerdo de Paris

Es un acuerdo dentro del marco de CMNUCC que establece medidas de reducción de GEI, a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del calentamiento global, su aplicabilidad será desde el año 2020, cuando finalice la vigencia del Protocolo de Kioto (Villalobos y Baca, 2018).

e. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

El IPCC es un grupo de expertos que se encargan de evaluar y analizar información producida a nivel mundial a fin de proveer datos o parámetros relacionados con el medio ambiente, en especial sobre el cambio climático. Este organismo fue creado en el año de 1998 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO por sus siglas en inglés), con el objetivo de evaluar y proporcionar información científica, técnica y socioeconómica pertinente para la comprensión del riesgo del cambio climático producido por efecto del ser humano. Miles de científicos de diversas naciones contribuyen al trabajo del IPCC, pues sus revisiones se consideran una parte esencial que permite asegurar una evaluación científica objetiva y completa de la información (IPCC, citado por Cárdenas, 2017).

f. Mecanismos de Desarrollo Limpio

El mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), busca crear un mercado internacional que permita a los países del ANEXO B del Protocolo de Kyoto efectuar transacciones para “adquirir” parte del monto total de reducción

comprometido por ellos a través de proyectos de mitigación en países sin compromisos (no ANEXO B). Estos proyectos MDL de mitigación en países que no pertenecen al ANEXO B generarían reducciones de emisiones certificadas internacionalmente que serían los títulos intercambiados en las transacciones que ocurran dentro de este mercado (Burga y Ordoñez, 2014).

2.8.2. Marco jurídico ambiental nacional

En nuestro territorio, el Ministerio del Ambiente (MINAM), es la autoridad encargada del cumplimiento de lo establecido en el Protocolo de Kyoto de la CMNUCC. Es la institución que establece políticas ambientales y las políticas relacionadas al desarrollo sostenible así como también velar por el cumplimiento de los procedimientos para realizar la aprobación de proyectos de reducción de emisiones de GEI y captura de carbono. El Perú suscribe el CMNUCC. El MINAM se convierte en el punto focal de la convención asumiendo compromisos como: desarrollar comunicaciones nacionales reportando las emisiones de GEI del país, promover la formación de personal calificado en la gestión del cambio climático, desarrollar estrategias de mitigación de GEI, elaborar y actualizar constantemente el inventario de emisiones, programas nacionales y regionales (Cárdenas, 2017).

Asimismo, para sumar este marco legal aplicable al cuidado del medio ambiente se debe tener en cuenta obligaciones y procedimientos dispuestos por la legislación vigente del Estado Peruano, cuya finalidad es el cumplimiento de éstas en relación a los probables impactos que pudiera producir en el ambiente, la salud y el bienestar de las personas (Cárdenas, 2017).

a. Constitución Política del Perú 1993 Artículo 2

En su Artículo 2, inciso 22 establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Constitución Política del Perú, citado por Villalobos y Baca, 2018).

b. Ley general del ambiente

La Ley N° 28611, publicada en el mes de octubre de 2005, es la norma ordenadora del marco legal para la gestión ambiental en el Perú, la cual deroga el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N° 613 del 1993, publicado el 7 de septiembre de 1990) y sus enmiendas y la que establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, protegiendo el ambiente y sus componentes (Cuba y Sotil, 2015).

La Ley tiene el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo, así como el desarrollo sostenible del país mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona (Cuba y Sotil, 2015).

La Ley desarrolla temas relacionados a la política nacional e internacional del ambiente, especialmente en lo que respecta a manejo sostenible de recursos naturales y cooperación internacional, resolución y gestión de conflictos ambientales, responsabilidad por daños ambientales a la calidad ambiental y conservación de la diversidad biológica (Cuba y Sotil, 2015).

c. Ley 30754, Ley marco sobre cambio climático

Tiene por objeto establecer los principios, enfoques y disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar, reportar, monitorear, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de reducir la vulnerabilidad del país al cambio climático, aprovechar las oportunidades del crecimiento bajo en carbono y cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Estado ante la CMNUCC, con enfoque intergeneracional (MINAM, citado por Villalobos y Baca, 2018).

d. Decreto Supremo 012-2009-MINAM, Política Nacional del Ambiente

Es un instrumento de planificación ambiental que establece entre sus principales objetivos lograr la adaptación de la población frente al cambio climático y establecer medidas de mitigación, orientadas al desarrollo sostenible (MINAM, citado por Villalobos y Baca, 2018).

e. Decreto Supremo N° 011-2015-MINAM, Estrategia Nacional ante el Cambio Climático

Enmarca todas las políticas y actividades relacionadas con el cambio climático que se desarrollen en el Perú. Su principal objetivo consiste en reducir los impactos adversos al cambio climático (MINAM, citado por Villalobos y Baca, 2018).

f. Decreto Supremo 014-2011-MINAM, Plan Nacional de Acción Ambiental 2011 - 2021

Es un instrumento de planificación ambiental nacional de largo plazo, que se formula a partir de un diagnóstico situacional ambiental y de la gestión de los recursos naturales, así como de las potencialidades del país para el aprovechamiento y uso sostenible de dichos recursos (MINAM, citado por Villalobos y Baca, 2018).

Una de las metas que se han definido como prioritarias al 2021 es reducir el 47.5% de emisiones de GEI en el país, generados por el cambio de uso de la tierra; así como a disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático (MINAM, citado por Villalobos y Baca, 2018).

g. Decreto Supremo 054-2011-PCM, Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021

Primer plan estratégico de desarrollo nacional que en su eje estratégico 6: Recursos Naturales y Ambiente, establece la adaptación al cambio climático como una de sus cinco prioridades y desarrolla objetivos, metas y acciones al respecto (MINAM, citado por Villalobos y Baca, 2018).

h. Dirección General del Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos

El MINAM, como ente rector ambiental del país, y dada la importancia del cambio climático en los objetivos y estrategias para la Política Nacional del Ambiente crea la Dirección General del Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos (DGCCDRH) como parte del Viceministro de Desarrollo Estratégico de Recursos Naturales (VDERN) (Burga y Ordoñez, 2014).

La DGCCDRH, es el órgano encargado de la formulación de la política y normas nacionales para la gestión del cambio climático, en coordinación con las entidades correspondientes. En este sentido, la DGCCDRH es la Autoridad Nacional designada para cumplir con los compromisos asumidos en la CMNUCC (Burga y Ordoñez, 2014).

Así como esta Dirección crea la Comisión Nacional del Cambio Climático (CNCC), a fin de articular y coordinar con las diferentes instituciones del país los temas referentes al cumplimiento de los compromisos a los que Perú se adhiere como firmante (Burga y Ordoñez, 2014).

La CNCC además es la instancia responsable de elaborar y realizar el seguimiento de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC), es el marco de todas las políticas y actividades relacionadas con el cambio climático a partir de los estudios de vulnerabilidad que identifiquen las zonas y/o sectores más vulnerables donde se implementaran los proyectos de adaptación y del control de las emisiones contaminantes locales de GEI, mediante programas de energías renovables y eficiencia energética en los diversos sectores productivos. La CNCC la conforman los distintos ministerios y organismos adscritos, así como representantes de ONG's Universidades, la Asamblea Nacional de Gobiernos Regionales (ANGR), el Consejo Nacional de Decanos de los Colegios (CNDC), entre otros (Burga y Ordoñez, 2014).

i. Plan de Acción de Adaptación y Mitigación Frente al Cambio Climático

Describe la propuesta del MINAM para programas, proyectos y acciones prioritarias de corto y mediano plazo en relación al cambio climático. Desarrolla objetivos estratégicos, líneas temáticas e indicadores generales para evaluar los avances del Plan (MINAM, citado por Villalobos y Baca 2018).

Constituye la primera aproximación a los lineamientos estratégicos de adaptación y mitigación frente al cambio climático que se están formulando a nivel de la CNCC con base en los procesos de planificación ambiental, sectorial, regional y local, y la consideración del impacto ambiental (Burga y Ordoñez 2014).

La propuesta cubre a todos los actores (públicos y privados), involucrados en actividades que emitan gases de efecto invernadero, teniendo dentro de sus finalidades contribuir a sentar bases para un desarrollo sostenible con baja intensidad de carbono en el país (Burga y Ordoñez 2014).

j. Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM, Aprueban guías para la elaboración de reportes anuales de gases de efecto invernadero y la difusión del inventario nacional de gases de efecto invernadero

Estas guías se elaboraron con el fin de brindar apoyo en la elaboración de los inventarios a nivel nacional para las diferentes industrias y actividades. Estas guías se elaboraron en base a las directrices del IPCC de 1996 y 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y fue dividido en los siguientes sectores para su mejor entendimiento:

- Guía N° 1: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Energía. Categorías: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas
- Guía N° 2: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Energía. Categoría: Combustión Móvil
- Guía N° 3: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Procesos Industriales y Uso de Productos. Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los Metales

- Guía N° 4: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos. Categoría: Disposición de Residuos Solidos
- Guía N° 5: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos. Categorías: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domesticas
- Guía N° 6: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos. Categoría: Efluentes Industriales
- Guía N° 7: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Agricultura. Categorías: Fermentación Entérica, Manejo de Estiércol, Cultivos de Arroz, Suelos Agrícolas, Quema de Sabanas (pastos) y Quema de Residuos Agrícolas.
- Guía N° 8: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Uso de Suelo, Cambio del Uso de Suelo y Silvicultura. Categorías: Cambios en Biomasa y otros Stocks Leñosos, Conversión de Bosques y Praderas, Abandono de Tierras Cultivadas, Emisiones y Absorciones en el Suelo y otros (gases no CO₂)

2.9. EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y NACIONAL

2.9.1. Análisis de la Huella de Carbono en una empresa minera de Cobre en Chile

En esta tesis se evaluaron las emisiones de GEI y los consumos de energía de los productos y procesos de una empresa minera de Cobre en el país vecino de Chile. El trabajo se realizó con datos del año 2015 provenientes de la Corporación Nacional de Cobre, Chile (CODELCO), utilizando GaBi, un software para realizar el ACV (Bustos, 2011).

Como resultados de este análisis se concluyó que las emisiones predominantes se generaron a partir del consumo de electricidad, representando el 65 por ciento, seguido por las emisiones generadas por el uso de combustibles, representando el 23 por ciento y por ultimo las emisiones generadas por la fabricación y transporte de insumos, representando el 12 por ciento del total de las emisiones (Bustos, 2011).

2.9.2. Reporte de Huella de Carbono de minera Doña Inés de Collahuasi SCM periodo 2015

Collahuasi es una compañía minera dedicada a la extracción y producción de concentrado y cátodos de cobre, y concentrado de molibdeno. En diciembre de 2016, esta minera fue nombrada la segunda mina de mayor operación a nivel mundial y una de los mayores depósitos de recursos minerales de cobre del mundo (9964 millones de toneladas), (Gómez, 2015).

En el 2015 se realizó el cálculo de la HC de todas las operaciones y se obtuvieron los siguientes resultados. El Alcance 1 contribuyó con 561 928 tCO₂eq; por otro lado el Alcance 2 contribuyó con 1 016 432 tCO₂eq y por último el Alcance 3 contribuyó con 453 535 tCO₂eq, sumando un total de 2 031 896 tCO₂eq como HC total para dicha unidad minera. Estos resultados fueron obtenidos de los cálculos realizados a través de toda la línea productiva comprendida en actividades de apoyo de contratistas, exploración, lixiviación, planta cogeneradora, productos de combustible, transporte de materiales entre otros procesos (Gómez, 2015).

2.9.3. Experiencias diversas de Huella de Carbono en el Perú

En el Perú son varias las empresas que han cuantificado y neutralizado su huella de carbono y han reducido sus costos. Entre esas empresas se encuentran: Topy Top, Corporación Rey, Texfina (Textil), Agrícola ATHOS (Agroindustria), Calsa-Fleishman (insumos de panadería), Cormin Callao (minerales), Silgelsa (químicos), Zinsa (fundición), COPEINCA (pesquera), BID (Agencia de desarrollo), Hoteles: Los Delfines, Miraflores Park Hotel, Casa Andina e Inkaterra; Bancos: Banco de Crédito del Perú, HSBC entre otros (Burga, citado por Barrientos y Molina, 2014).

Ecologde Ulcumano, ubicado en la provincia de Oxapampa, región Pasco, ha determinado que, para el normal funcionamiento de sus operaciones, emite anualmente un total de 71,15 tCO₂eq, cifra equivalente a 0,41 kgCO₂eq por huésped por noche cuando

se incluye el traslado de huéspedes desde Lima (Calle y Guzmán, citados por Barrientos y Molina, 2014).

Otro caso se dio en una empresa de transformación secundaria de la madera, Distribuidora Wood S.R.L., ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, Provincia de Lima, Departamento de Lima, ha determinado que, para el normal funcionamiento de sus operaciones, emite anualmente un total de 20,41 tCO₂eq, cifra equivalente a 11,54 kgCO₂eq/m³ producido de madera reaserrada (Díaz y Pinillos, citados por Barrientos y Molina, 2014).

A nivel institucional, el MINAM, se ha convertido en el primer Ministerio de América Latina en medir el impacto que tienen sus actividades en el cambio climático, determinando su huella de carbono en 678 tCO₂eq emitidas durante el año 2009, resultando así un indicador per cápita de 3,6 tCO₂eq/colaborador (MINAM, citado por Barrientos y Molina, 2014).

A nivel municipal, el municipio de Santiago de Surco se convirtió en la primera Municipalidad a nivel nacional, que ha calculado su HC. El estudio realizado en esta se denomina “Huella de Carbono de la Gerencia de Servicios a la Ciudad y Medio Ambiente”. En dicho estudio identificó que, el año 2012, la gerencia de servicios a la ciudad y medio ambiente había emitido un total de 5,25 tCO₂eq, donde la flota vehicular representa el mayor porcentaje de fuentes de emisión (FONAM y Municipalidad de Surco, citados por Barrientos y Molina, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Tabla 10: Materiales y equipos

Detalle
Guías para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero IPCC, 2006
Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)
Modelo de Cálculo del Factor de Emisiones de CO ₂ de la Red Eléctrica Peruana
Reporte de consumo de Energía Eléctrica del Departamento Eléctrico (Ene 2017 – Dic 2017)
Guías de remisión de embarque de Cianuro (Ene 2017 – Dic 2017)
Guías de remisión de embarque de Combustible (Ene 2017 – Dic 2017)
Guías de remisión de embarque de Nitrato de Amonio (Ene 2017 – Dic 2017)
Guías de remisión de embarque de Alimento (Ene 2017 – Dic 2017)
Guías de remisión de embarque de Materiales (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de papeles provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de combustibles provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de GLP provenientes de la empresa encargada de la cocina (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Acero provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Cal provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Nitrato de Amonio provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Sílice provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Cemento provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Peróxido de Hidrogeno provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Hidróxido de Sodio provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Cloruro de Sodio provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Oxígeno provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Carbonato de Sodio provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos del consumo de Cianuro provenientes del Almacén Central (Ene 2017 – Dic 2017)
Datos de la gestión y disposición final de Residuos Sólidos provenientes del Área de Medio Ambiente (Ene 2017 – Dic 2017)

FUENTE: Elaboración propia

Para el presente trabajo se procedió a realizar la búsqueda y la investigación de los datos pertinentes para el cálculo de la HC. De esta manera se ubicaron diferentes tipos de documentos que sirvieron de apoyo para este trabajo, tales como; guías de remisión, datos de consumo, datos de la gestión de RRSS, guías para calcular HC entre otros (ver Tabla 10).

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Establecimiento del año base

Para nuestro estudio se tomaron en cuenta todos los datos recopilados desde el 01 de Enero del 2017 al 31 de Diciembre del 2017.

3.2.2. Recopilación y conformidad de la información

La recopilación de información de la unidad minera se realizó a través de la colección de datos con ayuda de entrevistas a los encargados y colaboradores relacionados de todas las áreas involucradas que además pusieron a disposición guías de remisión, reportes de suministros, reportes de consumo de energía, reportes de consumo de combustible, registro diario de disposición de RRSS en la unidad minera, manifiestos de RRSS peligrosos, guías de transportistas, entre otros documentos pertenecientes al año base de estudio que permitieron la colección de datos total para el cálculo de la HC en el presente trabajo.

Para las entrevistas se formularon una serie de encuestas relacionadas a las operaciones de la mina, de tal manera que se pueda coleccionar la información de manera precisa y ordenada, así pues las encuestas elaboradas fueron “Encuesta para el cálculo de huella de carbono respecto al consumo de suministros”, “Encuesta para el cálculo de huella de carbono respecto a la recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos - área de medio ambiente” y “Encuesta para el cálculo de huella de carbono respecto al transporte de insumos a la unidad minera - área de almacén”, tal como se observa en el Anexo 1.

Por último, cabe resaltar que toda la información recolectada fue contrastada en campo y con los encargados de todas las áreas involucradas en la producción mineral, esto es, por ejemplo; corroborar el tipo de combustible usado en campo, contrastar la cantidad de equipos en circulación y los que no están en circulación, el consumo de insumos por cada área, entre otras verificaciones que fueron necesarias para continuar con el trabajo de investigación.

3.2.3. Metodología para realizar el cálculo de la Huella de Carbono de la Unidad Minera

- **Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones directas (Alcance 1)**
Para el cálculo de la HC correspondiente al consumo de combustibles generado por los equipos de la unidad, por la casa fuerza y el consumo de GLP por la concesionaria de la comida, se usaron los criterios de la *Guía para el Inventario Nacional de GEI elaborada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), 2006, Volumen 2 – Energía.*

De esta manera, para determinar la HC de las emisiones directas se realizó el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de combustibles (diésel B5), lubricantes y GLP en vehículos (ambulancia, camioneta y ómnibus), camiones (cisterna, camión fabrica y volquete), equipos pesados (cargador frontal, excavadora, grúa, motoniveladora, retroexcavadora, rodillo compactador y tractor), equipos anexos (luminaria, montacargas, perforadora y grupos electrógeno), y la concesionaria encargada de la cocina.

En primera instancia, se realizó la identificación del tipo de fuente (Móvil o Estacionaria), para establecer la correspondencia de los parámetros de conversión, en seguida se realizó la recolección de los datos de enero a diciembre del 2017 del consumo de diésel B5, gasolina 90 y lubricantes en galones (gal) provenientes de los reportes diarios de consumo generados por el área de almacén central, así también se solicitó a la concesionaria encargada de la cocina el registro del consumo de GLP en galones. Todos estos datos fueron convertidos a litros usando el factor de conversión universal de litros a galones y en seguida convertidos a kilogramos con los valores de densidad respectivos.

Por último, se procedió a multiplicar el resultado calculado en gigagramos (Gg) con el valor correspondiente de Valor Calórico Neto (VCN) y en seguida por el Factor de Emisión (FE) correspondiente para cada tipo de combustible (ver Anexo 2), en seguida se multiplicó el resultado por el PCG (para el CH₄ y el N₂O, ver

Tabla 2), y se hizo la conversión por diez elevada a la menos nueve (10^{-9}), para obtener así el resultado final en tCO₂eq (ver Tabla 11).

Tabla 11: Densidades, Valores Calóricos Neto y Factores de Emisión de los combustibles

Tipo de Combustible	Tipo de Fuente	Consumo anual de combustible (gal) ⁽¹⁾	Factor de conversión (l/gal)	Densidad (kg/L)	Valor Calórico Neto (TJ/Gg) ⁽⁴⁾	Factor de Emisión kg CO ₂ /TJ ⁽⁴⁾	Factor de Emisión kg CH ₄ /TJ ⁽⁴⁾	Factor de Emisión kg N ₂ O/TJ ⁽⁴⁾
Diésel B5	Móvil	1123720,69	3,78541	0,87 ⁽²⁾	40,88 ⁽⁵⁾	70395 ⁽⁵⁾	3,7 ⁽⁵⁾	3,71 ⁽⁵⁾
	Estacionaria	104773,07	3,78541				2,85	0,57
Gasolina 90 Plus	Móvil	221,50	3,78541	0,7685 ⁽²⁾	44,30	69300	3,80	5,70
Lubricantes	Móvil	4,00	3,78541	0,89 ⁽³⁾	40,20	73300	3	0,6
	Estacionaria	309,00	3,78541			73300	3	0,6
GLP	Estacionaria	18702,00	3,78541	0,56 ⁽²⁾	47,30	63100	1	0,1

(1) Recopilación de datos de la unidad minera

(2) REPSOL 2016

(3) Gulf 2011

(4) IPCC 2006

(5) MINAM 2016

FUENTE: Elaboración propia

Todo lo mencionado anteriormente se puede reflejar en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones} = \text{CC} \times \rho_{\text{combustible}} \times \text{VCN} \times (\text{FE}_{\text{CO}_2} + \text{FE}_{\text{CH}_4} \times \text{PCG}_{\text{CH}_4} + \text{FE}_{\text{N}_2\text{O}} \times \text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}}) \times 10^{-9}$$

Ecuación 1

Dónde:

- **Emisiones:** Emisiones generadas de GEI, en tCO₂eq
- **CC:** Cantidad de Combustible consumido, en gal
- **$\rho_{\text{combustible}}$** Densidad de combustible kg/l
- **VCN:** Valor Calórico Neto del Combustible utilizado, en TJ/Gg

- **FE_{CO_2} , FE_{CH_4} , FE_{N_2O}** : Factores de Emisión de CO_2 , CH_4 , N_2O del Combustible utilizado, en $kgCO_2/TJ$, $kgCH_4/TJ$ y kgN_2O/TJ , respectivamente.
- **PCG_{CH_4} , PCG_{N_2O}** : PCG del CH_4 y N_2O , respectivamente.

Se pudo observar en la Ecuación 1 que la cantidad de tCO_2eq es directamente proporcional a la cantidad de combustible consumido. Así también, debido a que todas las áreas cuentan con equipos (ligeros o pesados), que utilizan para llevar a cabo sus actividades, la HC se vio claramente afectada cuando hubo una mayor gama de actividades y cuando la actividad significa un mayor consumo de combustibles.

Por otro lado, a pesar de que el PCG del CO_2 es la unidad, el tiempo de vida que este representa en la atmosfera es significativo para considerarlo en esta ecuación. Es por esto que el factor de emisión del CO_2 es mucho más elevado que los otros dos factores que lo acompañan (FE_{CH_4} y FE_{N_2O}).

– **Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones indirectas (Alcance 2)**

Para el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica se tomaron en cuenta los datos del consumo total de energía eléctrica en el periodo de Enero a Diciembre del 2017 (ver Tabla 12), los cuales fueron recolectados de los recibos de luz que usualmente documenta y archiva el área de Departamento Electrico. Para actualizar el factor de emisión al año 2017, se recopiló información de las estadísticas reportadas por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC), específicamente información sobre la Producción Termoeléctrica y Consumo de Combustibles del COES-SINAC (Rendimiento promedio anual – 2017), así también los Valores Calóricos Netos (VCN) y Factores de Emisión (FE) de los combustibles usados para generar la energía eléctrica a partir de las fuentes mencionadas (ver Anexo 3). En seguida los datos de consumo de energía eléctrica se multiplicaron por el factor de emisión hallado para obtener las emisiones de GEI expresadas en tCO_2eq .

Tabla 12: Consumo mensual de energía eléctrica en la unidad minera

Mes	Consumo de Energía (MWh) (1)	FE (tCO ₂ / MWh) (2)
Enero	1025	0,5475
Febrero	1118	0,5475
Marzo	1150	0,5475
Abril	1293	0,5475
Mayo	1144	0,5475
Junio	1352	0,5475
Julio	1338	0,5475
Agosto	1328	0,5475
Septiembre	1330	0,5475
Octubre	1251	0,5475
Noviembre	1348	0,5475
Diciembre	1274	0,5475

(1) Área de Departamento eléctrico

(2) Calculado a partir de los datos del COES – SINAC (2017)

FUENTE: Elaboración propia

De todo lo mencionado anteriormente se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones (tCO}_2\text{eq)} = \text{Consumo de Energía (MWh)} \times 0,5475 \text{ tCO}_2\text{/MWh}$$

Ecuación 2

Dónde:

- **Emisiones (tCO₂eq):** Emisiones resultantes del consumo de energía en la Unidad Minera
- **Consumo de Energía (MWh):** El consumo de energía reportado de toda la Unidad Minera
- **0,5475 tCO₂/MWh:** Factor de Emisión de CO₂ calculado a partir de los datos del COES – SINAC (2017)

Se pudo observar en la Ecuación 2 que la cantidad de tCO₂eq es directamente proporcional al consumo de energía. Así también, debido a que todas las áreas cuentan con actividades que implican el uso de energía eléctrica, las cuales se llevan a cabo para el cumplimiento de las metas de la Unidad Minera; la HC se eleva claramente cuando hay una mayor actividad y por ende un mayor consumo de energía eléctrica, así también se vería afectado a medida que exista una mayor gama de actividades. Por otro lado, en este caso el total condensó todos los GEI en un solo resultado de tCO₂eq, a pesar de que estos gases cuentan con características diferentes, el cálculo factor utilizado consideró los demás gases utilizando los PCG de manera pertinente.

– **Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones indirectas (Alcance 3)**

– **Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de papel**

Para el cálculo de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel se utilizaron los datos recolectados en los reportes diarios que emite el almacén central. En estos reportes se pudo encontrar el detalle del consumo de papel de todas las áreas de la Unidad Minera. De esta manera, con ayuda de todos los datos mencionados se elaboró la Tabla 13:

Tabla 13: Resumen del consumo de papel en la unidad minera

Tipo de Papel	Gramaje (gr/m²)	Área (m²)	Cantidad de Hojas ⁽¹⁾	FE (tCO₂eq/kg) ⁽²⁾
Papel Bond A0 90 gr	90	1	76	0,00184
Papel Bond A0 80 gr	80	1	76	0,00184
Papel Bond A3 75 gr	75	0,12474	12500	0,00184
Papel Bond A4 75 gr	75	0,06237	402500	0,00184

(1) Almacén central

(2) CONAMA 2008; Ponce y Rodríguez 2016

FUENTE: Elaboración propia

En seguida, para el cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Gramaje (gr/m}^2\text{) x Área (m}^2\text{) = Peso por hoja (gr)}$$

Luego se procedió a multiplicar el resultado por la cantidad de hojas consumidas, obteniéndose el peso total en kg

$$\text{Peso por hoja (gr) x } 10^{-3} \text{ x Cantidad de Hojas = Peso Total (kg)}$$

Por último, el resultado se multiplicó por el factor de emisión de (0,00184 de tCO₂eq/kg), para papel virgen y (0.00061 de tCO₂eq/kg) para papel reciclado. En este caso de estudio se trabajó con papel virgen.

$$\text{Peso Total (kg) x FE = GEI en tCO}_2\text{eq}$$

Ecuación 3

Donde:

- **GEI en tCO₂eq:** Emisiones en tCO₂eq
- **Peso Total:** Peso total del papel en kg
- **FE:** Factor de emisión del papel en tCO₂eq/kg

Se pudo observar en la Ecuación 3 que la cantidad de tCO₂eq es directamente proporcional a la cantidad de papel utilizado en la unidad minera. Así también, se sabe que todas las áreas cuentan con requerimientos administrativos que son cubiertos con impresiones y fotocopias para cumplir con las actividades respectivas de manera exitosa, así pues los niveles de GEI se ven claramente representados cuando hay una mayor gama de actividades y cuando la actividad significa más trámites o documentación administrativa.

Por otro lado, en este caso el total condensó todos los GEI en un solo resultado de tCO_2eq , a pesar de que estos gases cuentan con características diferentes, el factor utilizado consideró los demás gases utilizando los PCG de manera pertinente.

Cabe señalar que el gramaje de las hojas Bond A4, A3 es de 75 gr y las hojas Bond A0 es de 90 y 80 gr según sea el caso y las áreas correspondientes son de 0.999949 (A0), 0.06237 (A3) y 0.12474 (A4) m^2 .

– **Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por consumo de insumos**

Se sabe bien que en la actividad minera se realiza un constante uso de insumos para actividades diversas relacionadas a la producción y la operatividad de la unidad minera, principalmente en planta de procesos y en los procesos de voladura donde se utiliza el grueso de estos insumos, así también en el área de ingeniería para construcciones y en menor medida como insumos de laboratorio o trabajos de medio ambiente. Los insumos demandados fueron básicamente la Cal (CaO), Hidróxido de Sodio (NaOH), Cemento, Cloruro de Sodio (NaCl), Oxígeno (O₂), Acero, Sílice, Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂), Carbonato de Sodio (Na₂CO₃), Cianuro de Sodio (NaCN) y Nitrato de Amonio, cabe resaltar que el criterio que se utilizó para calcular la HC correspondiente a este apartado estuvo en base a lo establecido por Bustos en el 2011, en su estudio “**Análisis de la HC en una Empresa Minera del Cobre en Chile**” y lo establecido por el Ministerio del Ambiente en el 2016 en su “**Guía N° 3: Elaboración de Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero, Sector Procesos Industriales y uso de Productos**”, tomando en cuenta que por ser una empresa minera la asimilación de los ratios es válida, así pues tenemos la siguiente tabla:

Tabla 14: Factores de emisión para consumo de insumos

Insumo	Cantidad consumida (kg) ⁽¹⁾	Factor de Emisión ⁽²⁾
Acero	140,00	1,46 kgCO ₂ eq/kg de Acero ⁽⁴⁾
Cal	2269500,00	0,7665 kgCO ₂ eq/kg de Cal ⁽⁴⁾
Nitrato de Amonio	3230960,00	0,34 kgCO ₂ eq/kg de Cal
Arena de Sílice	70211,10	0,04 kgCO ₂ eq/kg de Arena de Sílice
Cemento / Concreto	25627,50	0,51 kgCO ₂ eq/kg de Cemento ⁽⁴⁾
Peróxido de Hidrogeno (H ₂ O ₂)	89655,00	2,63 kgCO ₂ eq/kg de H ₂ O ₂
Hidróxido de Sodio (NaOH)	29850,00	1,42 kgCO ₂ eq/kg de NaOH
Cloruro de Sodio (NaCl)	23,00	0,10 kg CO ₂ eq/kg de NaCl
Oxígeno Gaseoso	1436,15	0,18 kgCO ₂ eq/kg de Oxígeno Gaseoso
Carbonato de Sodio (Na ₂ CO ₃)	6825,00	0,41492 kgCO ₂ eq/kg de Na ₂ CO ₃ ⁽⁴⁾
Cianuro (NaCN)	688355,00	0.964378 kgCO ₂ eq/kg de NaCN ⁽³⁾

(1) Almacén central

(2) GaBi, software para hacer Análisis de Ciclo de Vida (Bustos 2011).

(3) IPCC 2006.

(4) MINAM 2016

FUENTE: Elaboración propia

Para hallar el FE correspondiente al Cianuro se realizó un cálculo particular usando las *Guías para el Inventario Nacional de GEI del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, IPCC – 2006, Capítulo 3, Industria Química*. Así pues en este documento se encontró que el factor de emisión del Cianuro de Hidrogeno era de 0,4444 tN/tNaCN, en tal caso para efectos del estudio se pasó a convertir de la siguiente manera:

$$FE_{CN} (tCO_2/tNaCN) = FE_{HCN} (tN/tNaCN) \times 3,67 \times 0.5918$$

Reemplazando:

FE_{NaCN} (tCO₂/tNaCN) = 0.964378 tCO₂eq/tNaCN

Ecuación 4

Dónde:

- **FE_{HCN} (tnC/tnHCN):** Factor de Emisión del Cianuro de Hidrogeno
- **3.67:** Factor de conversión de tnC a tCO₂
- **0.5918:** Factor de conversión de tnHCN a tnNaCN

Por último, para hallar la HC correspondiente al consumo de insumos se procedió a multiplicar la cantidad de insumos consumidos en kilogramos por el factor de emisión correspondiente tal cual indica el Cuadro 14. Por último, todo lo anteriormente mencionado se resume en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{insumo}} = (\text{CI} \times \text{FE}_{\text{insumo}}) / 1000$$

Ecuación 5

Dónde:

- **Emisiones_{insumo}:** Emisiones en tCO₂eq
- **CI:** Consumo de insumos en kg
- **FE_{insumo}:** Factor de emisión del insumo en kgCO₂eq/kg_{insumo}

Se pudo observar en la Ecuación 5 que la cantidad de tCO₂eq es directamente proporcional a la cantidad de insumos consumidos. En este caso, no todas las áreas consumieron insumos para sus actividades. Así pues, los niveles de GEI se ven claramente representados cuando hay una mayor gama de actividades y cuando la actividad significa un mayor consumo insumos.

Por otro lado, en este caso el total condensó todos los GEI en un solo resultado de tCO₂eq, a pesar de que estos gases cuentan con características diferentes, el factor de emisión utilizado consideró los demás gases utilizando los PCG de manera pertinente.

– **Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por generación y disposición final de residuos sólidos**

Para el cálculo de las emisiones de CO₂eq respecto a la generación y disposición final de RRSS, se citaron los FE promedio calculados por Teichmann y Schempp (2013), apoyados por JASPERS (Join Assistant to Support Projects in European Regions), en su trabajo “*Staff Working Papers*”, en el cual se plantean los FE a partir de los estudios realizados por la AEA Technology, en su trabajo “*Waste Management Options and Climate Change*”, el cual provee un método simplificado para cuantificar las emisiones de GEI de la colección y transporte de RRSS y usa supuestos generales ajustados a partir de tipos de vehículos, cargas útiles y distancias recorridas. Específicamente los factores de emisión estuvieron relacionados a “Metales colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Plásticos colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Papel y Cartón colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Vidrios colectados separadamente para clasificación y reciclaje”, “Residuos Orgánicos colectados separadamente para compostaje”, “Residuos para Incineración” y “Residuos Generales para Relleno Sanitario” (ver Anexo 4).

Tabla 15: Resumen de generación de residuos sólidos en la unidad minera

Tipo / Tratamiento de Residuos	Generación (ton) ⁽¹⁾	FE (tCO₂/t residuo) ⁽²⁾
Metales colectados separadamente para clasificación y reciclaje	77,61	0,01
Plásticos colectados separadamente para clasificación y reciclaje	1,58	0,015
Papel y Cartón colectados separadamente para clasificación y reciclaje	4,42	0,01
Vidrios colectados separadamente para clasificación y reciclaje	0,58	0,01
Residuos Orgánicos colectados separadamente para compostaje	109,88	0,008
Residuos Generales para Relleno Sanitario	37,53	0,007
Residuos para Incineración	101,68	0,008

(1) Área de Medio Ambiente

(2) Teichmann y Schempp 2013

FUENTE: Elaboración propia

Así también se recopiló la información recopilada por el área de Medio Ambiente durante todo el año con ayuda de las hojas de registro de disposición de RRSS diarias (ver Anexo 5), manifiestos de RRSS peligrosos y guías de remisión emitidas por las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RRS), encargadas de la disposición final o comercialización de los RRSS correspondientes (ver Tabla 15).

Todo lo mencionado se puede resumir en la siguiente formula:

$$\text{Emisión (tCO}_2\text{eq)} = \text{PTRRSS (ton)} \times \text{Factor de Emisión por tipo de residuo (tCO}_2\text{eq/t}_{\text{residuo}})$$

Ecuación 6

Dónde:

- **Emisión (tCO₂eq):** Emisión obtenidas por la generación de RRSS en tCO₂eq
- **PTRRSS (ton):** Peso total de los RRSS generados en el año base en ton
- **Factor de Emisión por tipo de residuo:** Calculado en tCO₂/t residuo

Se pudo observar en la Ecuación 6 que la cantidad de tCO₂eq es directamente proporcional a la cantidad de RRSS gestionados. En este caso, la única área que gestiona y se hace responsable de todos los residuos es el área de medio ambiente, es por esto que la cantidad de tCO₂eq generadas depende claramente solo de las actividades realizadas en esta área en función a una mejor gestión y manejo de los RRSS.

En el caso de los RRSS el factor de conversión ya incluye los demás GEI representativos y por eso que el único gas que se consideró para medir el impacto

de manera temporal en función al tiempo de vida es el CO₂.

– **Cuantificación de las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero por transporte de insumos, materiales y alimentos**

Por último, para el cálculo de las emisiones del transporte de materiales e insumos; es decir el ingreso de insumos (Cianuro de Sodio y Nitrato de Amonio), materiales varios, el transporte combustibles a la unidad minera y el transporte de suministros al comedor; se usaron los criterios establecidos en la guía técnica para calcular emisiones del Alcance 3, el *Protocolo de GEI (GHG Protocol)*, así también se puede ver en el Anexo 6, el listado de factores de emisión correspondientes a la distancia recorrida por vehículo del GHG Protocol.

Tabla 16: Resumen de los embarques de la Unidad Minera

Insumo / Material / RRSS	Procedencia / Destino ⁽¹⁾	Carga promedio (ton) ⁽¹⁾	Distancia (km) ⁽¹⁾	Número de viajes ⁽¹⁾	FECO ₂ (tCO ₂ /ton-km) ⁽²⁾	FENH ₄ (tCH ₄ /ton-km) ⁽²⁾	FEN ₂ O(tN ₂ O/ton-km) ⁽²⁾
Cianuro	Provincia Constitucional del Callao	37,41	702	37	4,3361 x 10 ⁻⁴	5,1099 x 10 ⁻⁹	3,9419 x 10 ⁻⁹
Combustible	Pisco	29,64	456	146	4,3361 x 10 ⁻⁴	5,1099 x 10 ⁻⁹	3,9419 x 10 ⁻⁹
Nitrato de Amonio	Cusco	29,82	563	85	4,3361 x 10 ⁻⁴	5,1099 x 10 ⁻⁹	3,9419 x 10 ⁻⁹
Alimentos	Campoy	6,22	685	48	4,3361 x 10 ⁻⁴	5,1099 x 10 ⁻⁹	3,9419 x 10 ⁻⁹
Materiales Varios	Campoy	17	685	98	4,3361 x 10 ⁻⁴	5,1099 x 10 ⁻⁹	3,9419 x 10 ⁻⁹

(1) Área de Almacén Central

(2) GHG Protocol

FUENTE: Elaboración propia

Para este cálculo se utilizaron todas las guías de transportistas de transporte de materiales e insumos que ingresaron y quedaron registradas en el área de Almacén y se utilizaron las guías de transportista de transporte de alimentos que quedaron registradas en la concesionaria de la cocina (ver Cuadro 16).

De esta manera, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones} = \text{Carga (ton)} \times \text{Distancia (km)} \times [\text{FE}_{\text{CO}_2} (\text{tCO}_2/\text{ton-km}) + \text{PCG}_{\text{CH}_4} \times \text{FE}_{\text{CH}_4} (\text{tCH}_4/\text{ton-km}) + \text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}} \times \text{FE}_{\text{N}_2\text{O}} (\text{tN}_2\text{O}/\text{ton-km})]$$

Ecuación 7

Dónde:

- **Emisiones:** Emisiones Generadas de GEI, en tCO₂eq
- **Carga:** Materiales, Combustible recibidos (Almacén) y Insumos (Cocina)
- **Distancia:** Distancia de recorrido de los embarques en km.
- **FE_{CO2}, FE_{CH4} y FE_{N2O}:** Factores de emisión en tCO₂/ton-km, tCH₄/ton-km y tN₂O/ton-km.
- **PCG_{CH4} y PCG_{N2O}:** Potencial de Calentamiento Global del CH₄ y N₂O respectivamente.

Se puede observar en la Ecuación 7 que la cantidad de tCO₂eq es directamente proporcional a la carga transportada y al kilometraje transitado. Solo algunas áreas requieren el servicio de transporte debido a que deben ingresar o extornar algún material o insumo, según sea conveniente, de esta manera la cantidad de contaminantes que puedan obtenerse de esta ecuación está en función a la intensidad del movimiento de materiales o insumos que se lleve a cabo en la unidad minera.

3.2.4. Metodología para determinar qué área de la Unidad Minera contribuye más a la Huella de Carbono total

Tabla 17: Definición de los Alcances respectivos de cada área de la Unidad Minera

Área		Alcance	Descripción	tCO ₂ eq	Participación		
		Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRRH, Seguridad, RRCC y Contabilidad)		Alcance 1	Transporte de personal interno		
Consumo de Combustible Cisterna de Agua Potable							
Consumo de Combustible - Buses							
Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica						
Alcance 3	Uso de Papel						
Almacén				Alcance 1	Consumo de Combustible – Cambio de guardia		
					Consumo de Gasolina - Montacargas		
					Consumo de Combustible - Cisterna de Combustible		
				Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica		
				Alcance 3	Transporte de Materiales / Insumos(Ingresos)		
		Transporte de Combustibles					
		Consumo de Insumos (Cemento)					
			Uso de Papel				
Centro Medico		Alcance 1	Consumo de Combustible - Ambulancia				
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica				
		Alcance 3	Uso de Papel				
			Consumo de Insumos (Cloruro de Sodio y Oxígeno)				
Geología (Mina y Exploraciones)		Alcance 1	Consumo de Combustibles de Perforadoras, móviles y otros				
		Alcance 3	Uso de papel				
Ingeniería (Geotecnia, Topografía, Ingeniería y Of. Técnica)		Alcance 1	Consumo de combustible camioneta				
		Alcance 3	Consumo de Cemento				
			Consumo de Acero				
			Uso de papel				

...continuación

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO	Medio Ambiente	Alcance 1	Consumo de Combustible de Maquinaria para Trabajos de Mantenimiento			
			Consumo de Combustibles - Camioneta			
			Estudios Arqueológicos			
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica			
		Alcance 3	Uso de NaOH			
			Uso de Cemento			
			Generación y Disposición de RRSS			
			Uso de Papel			
		Mina (PERVOL, Planeamiento y Operaciones)	Alcance 1	Consumo de Combustible – Volquetes		
				Consumo de Combustibles - Camionetas		
	Consumo de Combustible - Camión Fabrica					
	Consumo de Combustible - Perforadora					
	Consumo de Combustible - Voladura					
	Consumo de Combustible de Equipos Pesados (Cargador Frontal, Excavadora, Luminaria, Retroexcavadora, Tractor y Motoniveladora)					
	Alcance 2		Consumo de Energía Eléctrica			
	Alcance 3		Uso de Insumos - Nitrato de Amonio			
			Uso de Papel			
	Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Dpto. Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)		Alcance 1	Consumo de Combustibles - Camioneta		
		Consumo de Combustible - Fundición				
		Consumo de Combustible Grupo Electrónico				
		Consumo de Combustible Grúa				
		Consumo de combustible - Supervisión PAD				
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica			

...continuación

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO	Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Dpto. Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)	Alcance 3	Uso de Insumos (Acero, Sílice, Cemento, Peróxido de Hidrogeno, Hidróxido de Sodio, Oxígeno, Carbonato de Sodio, Cianuro y Cal)			
			Consumo de Papel			
	Comedor	Alcance 1		Consumo de Gas		
				Consumo de Combustible		
		Alcance 2		Consumo de Energía Eléctrica		
		Alcance 3		Transporte de Insumos		
			Uso de Papel			
	Empresa Contratistas	Alcance 1		Consumo de Combustibles (Construcción, Rodillo y Camionetas)		
		Alcance 3		Consumo de Insumos		
				Consumo de papel		
	TOTAL					

FUENTE: Elaboración propia

3.2.5. Metodología para determinar cuál es el Alcance que representa el mayor valor en el cálculo de la Huella de Carbono

Para determinar que Alcance representa el mayor valor en el cálculo de la HC, en primera instancia se realizó la sumatoria de todas las emisiones respecto a cada Alcance (Alcance 1, Alcance 2 o Alcance 3) y posteriormente se determinó el valor porcentual de cada uno de estos, tal y como se indica en la Tabla 18:

Tabla 18: Porcentaje de tCO₂eq respecto a cada Alcance definido

Alcance	tCO₂eq	Participación
Alcance 1		
Alcance 2		
Alcance 3		

FUENTE: Elaboración propia

3.2.6. Metodología para la propuesta de mejora

Para la reducción de la HC el primer paso que se realizó fue identificar la fuente que tiene una mayor contribución a la HC, a continuación se plantearon posibles soluciones que se adecuen a una Unidad Minera tales como; el cambio de Diésel B5 a GNV de los volquetes y de los grupos electrógenos, la optimización del uso de combustibles en la etapa de fundición, la reutilización de los aceites residuales en las actividades de voladura, producción de biogás a partir de los residuos sólidos orgánicos, aplicación de compuestos orgánicos “DustTreat DC9112” como alternativa del riego de vías, cultivos o plantaciones, implementar buenas prácticas aplicadas a maquinaria pesada y optar por el ahorro energético, así también se realizó la evaluación de la viabilidad de las propuestas de mejora para nuestro caso de estudio.

3.2.7. Flujograma de la metodología

La metodología propuesta se puede resumir en un flujograma que muestra puntualmente los pasos a seguir para la obtención de los resultados de nuestra investigación (ver Figura 11).

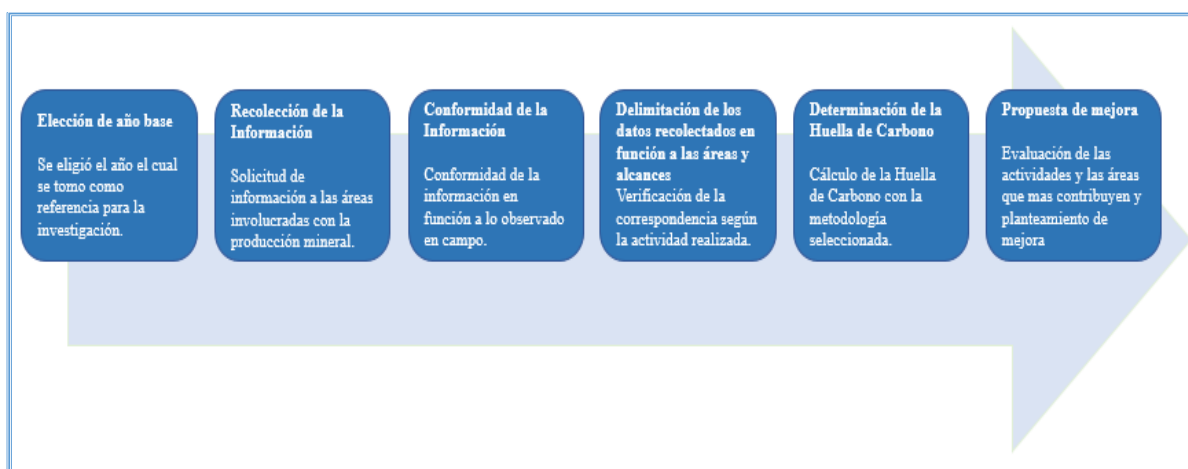


Figura 11: Flujograma de la metodología propuesta

FUENTE: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DELIMITACIÓN ORGANIZACIONAL Y OPERACIONAL

La delimitación Organizacional y Operacional de La Unidad Minera de Oro a Tajo Abierto mostrada a continuación:

Tabla 19: Delimitación organizacional y operacional de la Unidad Minera a tajo abierto de Oro

Área	Alcance	Descripción	
MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO	Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad, , RRCC y Contabilidad)	Alcance 1	Consumo de combustible de camionetas
		Alcance 1	Consumo de Combustible Cisterna de Agua Potable
		Alcance 1	Consumo de Combustible – Buses
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica
	Alcance 3	Uso de Papel	
	Almacén	Alcance 1	Consumo de Combustible – Cambio de guardia
			Consumo de Gasolina – Montacargas
			Consumo de Combustible - Cisterna de Combustible
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica
		Alcance 3	Transporte de Materiales / Insumos (Ingresos)
			Transporte de Combustibles
			Consumo de Insumos (Cemento)
	Uso de Papel		
Centro Médico	Alcance 1	Consumo de Combustible – Ambulancia	
	Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica	
	Alcance 3	Uso de Papel	
		Consumo de Insumos (Cloruro de Sodio y Oxígeno)	

...continuación

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO	Geología (Mina y Exploraciones)	Alcance 1	Consumo de Combustible de Perforadoras, móviles y otros		
		Alcance 3	Uso de Papel		
	Ingeniería (Geotecnia, Topografía, Ingeniería y Oficina Técnica)	Alcance 1	Consumo de Combustible de Camioneta		
		Alcance 3	Consumo de Cemento		
			Consumo de Acero		
	Medio Ambiente	Alcance 1	Consumo de Combustible de Maquinaria para Trabajos de Mantenimiento		
			Consumo de Combustibles – Camioneta		
			Estudios Arqueológicos		
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica		
		Alcance 3	Uso de NaOH		
			Uso de Cemento		
			Generación y disposición final de RRSS		
			Uso de Papel		
		Mina (PERVOL, Planeamiento y Operaciones)	Alcance 1	Consumo de Combustible – Volquetes	
				Consumo de Combustibles – Camionetas	
	Consumo de Combustible - Camión Fabrica				
	Consumo de Combustible – Perforadora				
	Consumo de Combustible – Voladura				
	Consumo de Combustible de Equipos Pesados (Cargador Frontal, Excavadora, Luminaria, Retroexcavadora, Tractor y Motoniveladora)				
	Alcance 2		Consumo de Energía Eléctrica		
Alcance 3	Uso de Insumos - Nitrato de Amonio				
	Uso de Papel				

...continuación

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO	Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Dpto. Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)	Alcance 1	Consumo de Combustibles – Camioneta
			Consumo de Combustible – Fundición
			Consumo de Combustible – Generación de Energía en Casa Fuerza
			Consumo de Combustible Grúa
			Consumo de combustible - Supervisión PAD
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica
	Alcance 3	Uso de Insumos (Acero, Sílice, Cemento, Peróxido de Hidrogeno, Hidróxido de Sodio, Oxígeno, Carbonato de Sodio, Cianuro y Cal)	
		Consumo de Papel	
	Comedor	Alcance 1	Consumo de Gas
			Consumo de Combustible
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica
		Alcance 3	Transporte de Insumos
	Uso de Papel		
	Empresas contratistas	Alcance 1	Consumo de Combustibles (Construcción, Rodillo y Camionetas)
		Alcance 3	Consumo de Insumos
Consumo de papel			
TOTAL			

FUENTE: Elaboración propia.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIDAD MINERA

4.2.1. Descripción de la operación de la Unidad Minera

El tipo de minería es de tajo abierto y el mineral explotado es el Oro. El proceso de minado empieza con la actividad de *Perforación*; el cual consiste en la penetración de la broca con el objetivo de realizar un diseño de malla de perforación, a continuación se lleva a cabo la *Voladura*; cuyo objetivo es fragmentar el macizo rocoso a través de agentes de voladura, usando un camión fabrica que realiza la mezcla de ANFO y heavy ANFO, en

seguida se realiza el **Carguío y Acarreo** del mineral dinamitado, el cual consiste en el carguío de mineral y desmonte a volquetes de 20 m³ con ayuda de excavadoras y cargadores frontales de 2,5 m³ para luego ser trasladados al PAD de lixiviación y el depósito de desmonte correspondientemente, una vez en el PAD de lixiviación el mineral es atacado con solución cianurada para luego pasar al proceso de **Merrill Crowe**; en este proceso la solución rica en mineral pasa por una serie de subprocesos hasta llegar a la formación de la barra de Oro; los procesos en cuestión son la Clarificación, Desaeración, Precipitación, Recuperación del Precipitado, Refinación y Fundición (ver Figura 12). Cabe resaltar que se tienen actividades anexas a todo el proceso mencionado, tales como el transporte de personal, embarque de materiales e insumos, gestión y disposición final de RRSS, consumo de insumos, consumo y generación de energía eléctrica, entre otras actividades que son de interés y necesarias para obtener, en conjunto, el producto final.

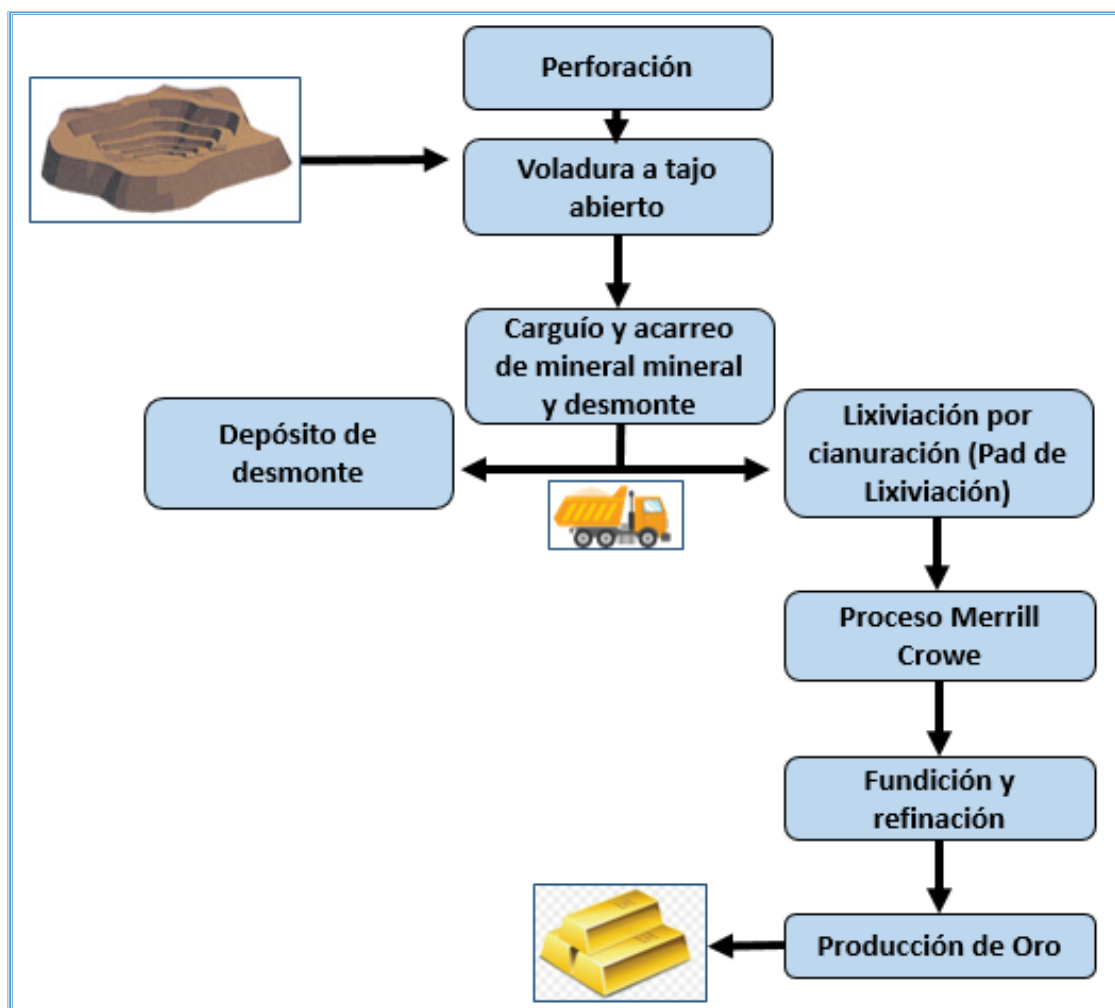


Figura 12: Flujograma de producción de Oro

FUENTE: Elaboración propia

4.2.2. Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones directas (Alcance 1)

El total de la HC de las emisiones directas (Alcance 1) fue de 11934,05 tCO₂eq y representó el 45 por ciento de la HC total de la Unidad Minera. En el Anexo 7 se observa el detalle de la HC determinada para las emisiones directas (Alcance 1). Para este cálculo se utilizó la “Ecuación 1”.

Por otro lado, basándonos en la información acerca de la delimitación organizacional brindada en el Cuadro 19, se elaboró el cuadro resumen de tCO₂eq correspondientes a cada área que contribuyó a la HC de las emisiones directas (ver Tabla 20).

Tabla 20: Resumen de la Huella de Carbono de las emisiones directas según área

Áreas	tCO ₂ eq
Administración	318,77
Almacén	74,31
Centro Medico	4,29
Geología	549,60
Ingeniería	17,61
Medio Ambiente	32,75
Operaciones Mina	10046,11
Planta	513,00
Cocina	124,61
Empresas contratistas	253,00
Total	11934,05

FUENTE: Elaboración propia

Adicionalmente, a partir de los datos calculados en el Anexo 6, se puede observar en la Figura 13 que el uso de Diésel B5 fue el que más contribuyó a la HC del Alcance 1 con 11810,48 tCO₂eq (98,96 por ciento), seguido por el uso de GLP con 118,43 tCO₂eq (0,99 por ciento). Cabe resaltar que el uso del Diésel B5 está orientado a los equipos de la unidad minera y el GLP a la cocina.

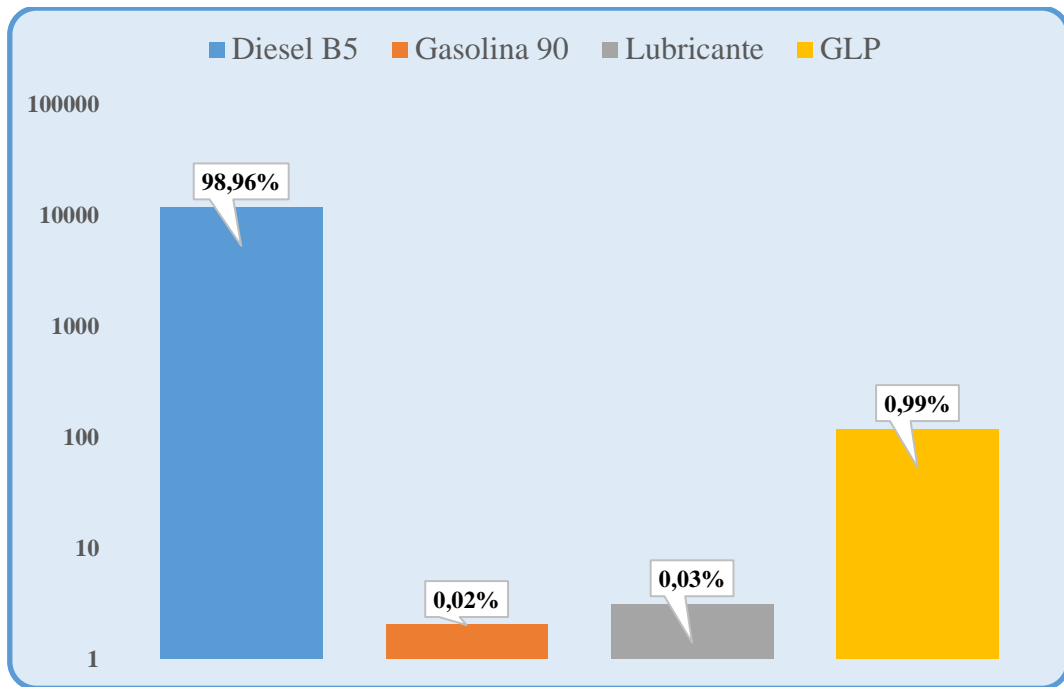


Figura 13: Huella de Carbono de las emisiones directas por tipo de combustible

FUENTE: Elaboración propia.

Seguidamente, se observa que el área que más contribuyó a la HC del Alcance 1 fue el área de Operaciones Mina con 10046,11 tCO₂eq (84,18 por ciento) y Geología con 549,60 tCO₂eq (4,61 por ciento), seguido inmediatamente por el área de Planta con 513,00 tCO₂eq (4,30 por ciento). Esto se debe a que en estas tres áreas se concentra la mayor cantidad de actividades relacionadas al consumo de combustible directo; en el caso del área de Operaciones Mina se cuenta con una gran flota de volquetes y maquinaria pesada, en el caso del área de Geología se cuenta con las maquinarias de exploración por excelencia que son las máquinas perforadoras y por último el área de planta marca la diferencia debido al grupo electrógeno que usa para contingencias (ver Figura 14).

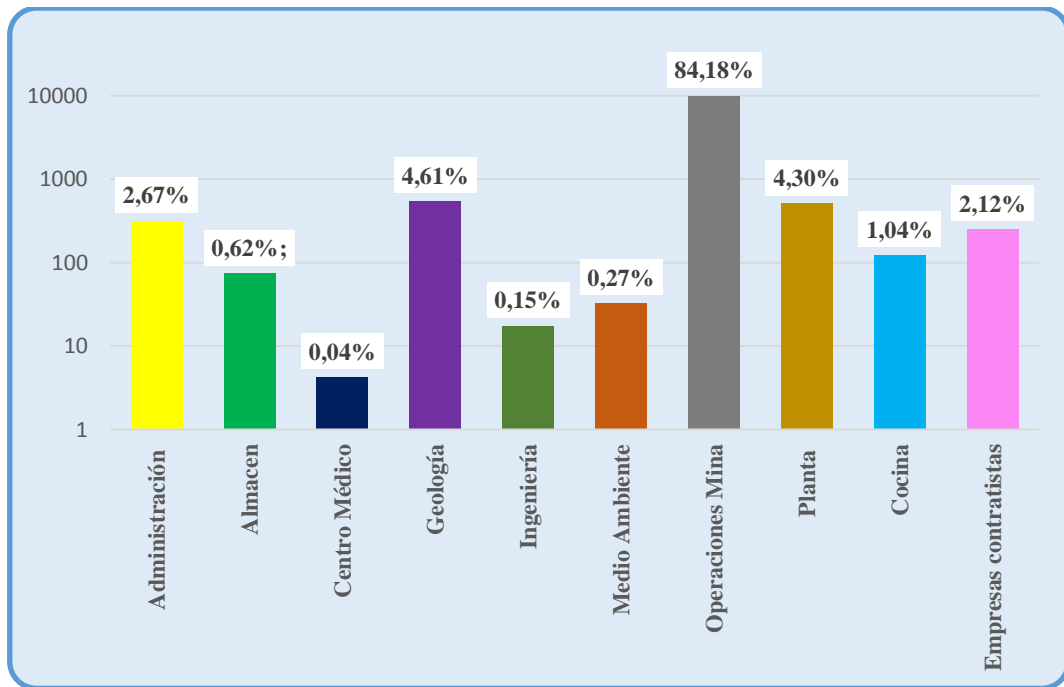


Figura 14: Huella de Carbono del Alcance 1 en función del área involucrada

FUENTE: Elaboración propia.

Cabe resaltar que en el Anexo 7 se detalló el consumo de combustibles en sus diferentes actividades para el año 2017, así pues en el Alcance 1 se consideró el consumo de combustibles de equipos móviles, consumo de gas del horno de la cocina, consumo de combustibles de los grupos electrónicos y el consumo de aceites.

4.2.3. Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones indirectas (Alcance 2)

La HC perteneciente al Alcance 2 de la unidad minera correspondió a la generación de energía eléctrica, así pues la HC correspondiente al Alcance 2 fue 8186,16 tCO₂eq, que representó el 31 por ciento de la unidad minera.

En la Tabla 21 se observa el consumo de energía eléctrica mensual de la Unidad Minera en el año base del 2017, así también se observan las emisiones y participaciones por mes respecto a los GEI generados, por otro lado en el Cuadro 22 se observa la HC generada debido al consumo de energía eléctrica por área de la unidad minera. Cabe resaltar que todos estos resultados fueron calculados usando la “Ecuación 2”.

Tabla 21: Consumo de energía eléctrica / Huella de Carbono del Alcance 2

Mes	Consumo de Energía (MWh) ⁽¹⁾	FE tCO ₂ /MWh ⁽²⁾	tCO ₂ /mes	Participación
Enero	1 025	0,5475	561,32	6,86%
Febrero	1 118	0,5475	612,41	7,48%
Marzo	1 150	0,5475	629,59	7,69%
Abril	1 293	0,5475	707,72	8,65%
Mayo	1 144	0,5475	626,64	7,65%
Junio	1 352	0,5475	740,21	9,04%
Julio	1 338	0,5475	732,66	8,95%
Agosto	1 328	0,5475	726,93	8,88%
Septiembre	1 330	0,5475	728,33	8,90%
Octubre	1 251	0,5475	685,22	8,37%
Noviembre	1 348	0,5475	737,81	9,01%
Diciembre	1 274	0,5475	697,32	8,52%
Total	14 951,02	--	8186,16	100%

(1) Área de Departamento Eléctrico.

(2) Elaborado a partir de los datos del COES-SINAC

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 22: Huella de Carbono generada por consumo de energía eléctrica por área

Áreas	tCO ₂ eq Alcance 2
Administración	297,55
Almacén	16,46
Centro Medico	11,19
Medio Ambiente	27,16
Operaciones Mina	70,00
Planta	7710,90
Cocina	52,90
TOTAL	8178,21

FUENTE: Elaboración propia

Por otro lado, en las Figuras 15 y 16 se graficaron la relación de las tCO₂eq emitidas en función al consumo de energía y su distribución en el tiempo y la cantidad de tCO₂eq por área.

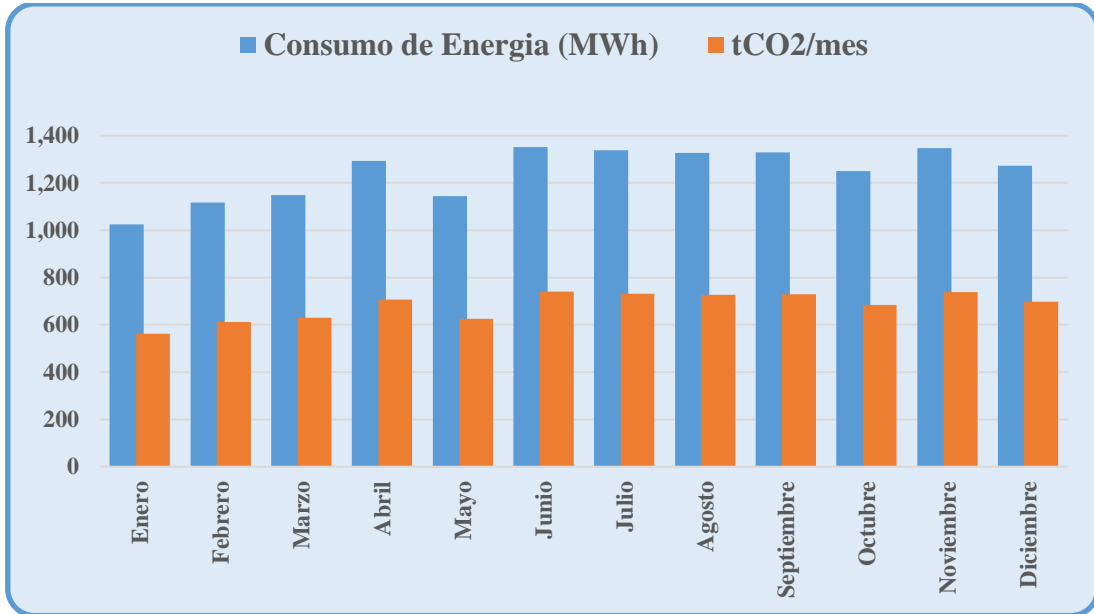


Figura 15: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de MWh a través del tiempo.

FUENTE: Elaboración propia

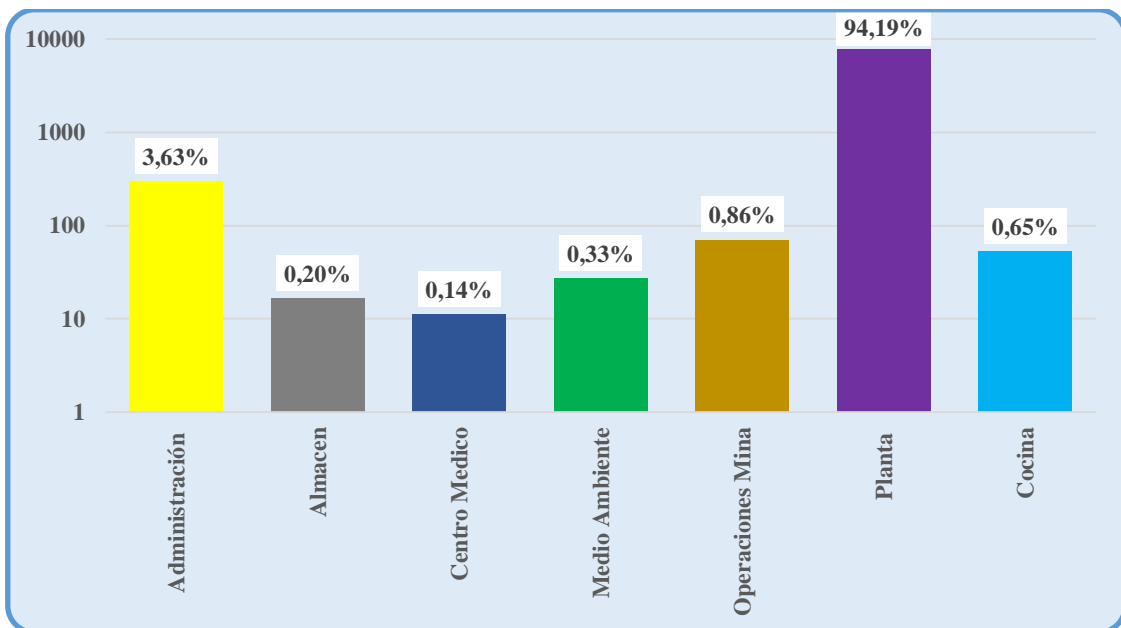


Figura 16: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en relación al consumo de energía eléctrica de cada área de la Unidad Minera.

FUENTE: Elaboración propia

De las figuras presentadas. Se observó en la Figura 15 un aumento del consumo de energía en los meses de Abril a Noviembre, esto debido a la ausencia de lluvias (temporada seca), lo cual permite el correcto funcionamiento de la red interconectada. Caso contrario en los meses de Diciembre a Marzo se presenta una caída de la generación de energía eléctrica y por ende de la HC, debido a la presencia de lluvias (temporada húmeda), lo cual se refleja en cortes de energía constantemente que se ve reflejado en una disminución del consumo de energía eléctrica. Por otro lado, se observa que las áreas que más contribuyeron a la HC del Alcance 2 fueron las de Planta con 94,19 por ciento, Administración con 3,63 por ciento y Operaciones Mina con 0,86 por ciento; todo esto debido a los consumos energía eléctrica para los procesos de obtención del Oro en Planta, los consumos de energía eléctrica en el campamento y oficinas y los consumos de energía eléctrica para el mantenimiento de los equipos pesados correspondientemente.

4.2.4. Determinación de la Huella de Carbono de las emisiones indirectas (Alcance 3)

La HC de las emisiones indirectas (Alcance 3), fue aquella emitida de forma indirecta por la unidad minera como producto de su normal funcionamiento durante el periodo de evaluación del año (2017), para el caso del presente estudio, corresponden al consumo de papel, transporte de insumos, materiales varios, combustibles y suministros, consumo de insumos y gestión de RRSS.

La HC correspondiente al Alcance 3 fue de 6291,73 tCO₂eq lo que representa el 24 por ciento del total de la HC de la unidad minera (ver Tabla 29).

– Cuantificación de la Huella de Carbono generada por consumo de papel

La Unidad Minera para el año 2017 empleó hojas Bond A4, A3 de 75 gr de gramaje y hojas Bond A0 de gramaje 90 y 80 gr según fue el caso, con sus áreas correspondientes de 0,999949 (A0), 0,06237 (A3) y 0,12474 (A4) m².

Tabla 23: Huella de Carbono generada a partir del consumo de papel

Área	Tipo de papel	Gramaje (gr/m2)	Nro. de hojas	Área (m2)	Peso de Papel (kg)	FE (tCO ₂ eq/kg)	tCO ₂ eq
Administración	Bond A4	75	33 000	0,0624	154,37	0,00184	0,284
Almacén	Bond A4	75	64 000	0,0624	299,38	0,00184	0,551
Bienestar Social	Bond A4	75	6 000	0,0624	28,07	0,00184	0,052
	Bond A3	75	500	0,1247	4,68	0,00184	0,009
Contabilidad	Bond A4	75	50 000	0,0624	233,89	0,00184	0,430
Ingeniería	Bond A4	75	21 500	0,0624	100,57	0,00184	0,185
	Bond A3	75	8 500	0,1247	79,52	0,00184	0,146
Geología	Bond A4	75	20 500	0,0624	95,89	0,00184	0,176
	Bond A3	75	3 500	0,1247	32,74	0,00184	0,060
	Bond A0	90	76	0,9999	6,84	0,00184	0,013
	Bond A0	80	76	0,9999	6,08	0,00184	0,011
Medio Ambiente	Bond A4	75	13 500	0,0624	63,15	0,00184	0,116
RRCC	Bond A4	75	16 000	0,0624	74,84	0,00184	0,138
Oficina Técnica	Bond A4	75	7 000	0,0624	32,74	0,00184	0,060
Perforación	Bond A4	75	10 500	0,0624	49,12	0,00184	0,090
Planeamiento	Bond A4	75	4 500	0,0624	21,05	0,00184	0,039
Posta Medica	Bond A4	75	11 000	0,0624	51,46	0,00184	0,095
Refinería	Bond A4	75	8 500	0,0624	39,76	0,00184	0,073
Seguridad	Bond A4	75	33 500	0,0624	156,70	0,00184	0,288
Superintendencia	Bond A4	75	1 000	0,0624	4,68	0,00184	0,009
Supervisión PAD	Bond A4	75	62 000	0,0624	290,02	0,00184	0,534
Empresa Contratista	Bond A4	75	16 000	0,0624	74,84	0,00184	0,138
Laboratorio Metalúrgico	Bond A4	75	8 000	0,0624	37,42	0,00184	0,069
Voladura	Bond A4	75	7 500	0,0624	35,08	0,00184	0,065
Cocina	Bond A4	75	8 500	0,0624	39,76	0,00184	0,073
TOTAL							3,703

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 23, se detallaron los consumos de las hojas en kilogramos y la HC correspondiente, así también en la Tabla 24 se observa el resumen por áreas, según delimitación organizacional.

Tabla 24: Huella de Carbono generada por consumo de papel por área

Áreas	tCO ₂ eq por Consumo de Papel
Administración	1,21
Almacén	0,55
Centro Medico	0,09
Geología	0,26
Ingeniería	0,39
Medio Ambiente	0,12
Operaciones Mina	0,19
Planta	0,68
Cocina	0,07
Empresa Contratistas	0,14
TOTAL	3,70

FUENTE: Elaboración propia

Se puede observar en el Cuadro 23 que la unidad minera ha emitido un total de 3,70 tCO₂eq en relación al consumo de papel durante el año 2017, lo cual representa el 0,014 por ciento del total de la HC. Así también de la Tabla 24, se observa que las áreas que tuvieron mayor contribución fueron el área de Administración con 1,21 tCO₂eq (32,70 por ciento), seguido por el área de Planta con 0,68 tCO₂eq (18,38 por ciento), y por último el área de Almacén con 0,55 tCO₂eq (14,86 por ciento), (ver Figura 17).

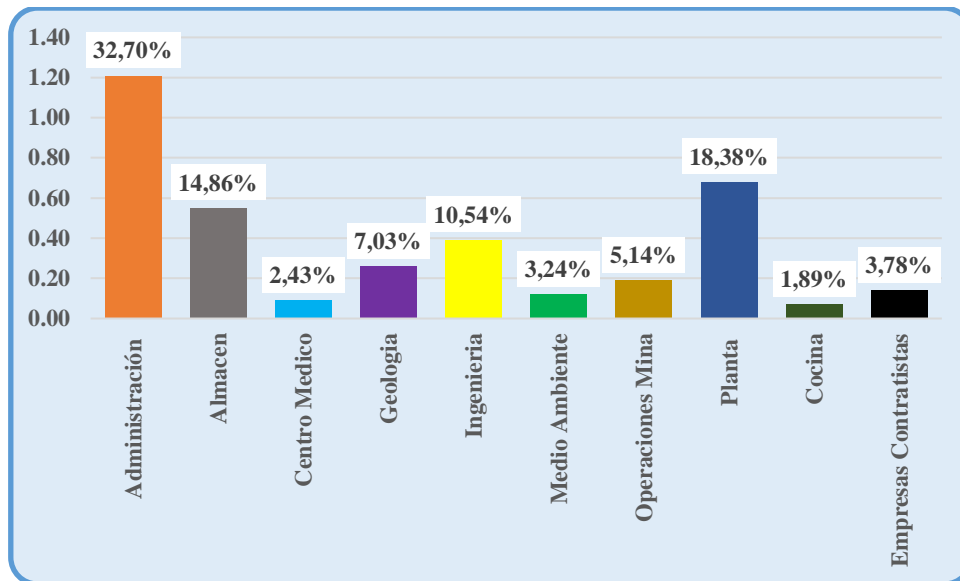


Figura 17: Huella de Carbono por consumo de papel por área

FUENTE: Elaboración propia

- **Huella de Carbono generada a partir del consumo de insumos y materiales**
Como se había puntualizado líneas arriba, para la operación y la obtención de producto final así como para trabajos complementarios de la unidad minera se hacen uso de diferentes insumos y materiales como, acero, cal, nitrato de amonio, sílice, cemento, peróxido de hidrogeno, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, oxígeno, carbonato de sodio y cianuro. Para este criterio se usara lo estipulado en la Tabla 25, la Ecuación 4 y la Ecuación 5.

Tabla 25: Huella de Carbono generada por consumo de insumos por área - detallado

Área	Insumo	Unidad	Cantidad	FE kgCO ₂ eq/kg Insumo	tCO ₂ eq
Almacén	Cemento	kg	3 825	0,51	1,95
Posta Medica	Cloruro de Sodio	kg	23	0,10	0,0023
	Oxígeno	kg	50,02	0,18	0,01
Ingeniería	Acero	kg	60	1,46	0,09
	Cemento	kg	21 547,50	0,51	10,99
Medio Ambiente	Cemento	kg	170	0,51	0,09
	Hidróxido de Sodio	kg	2 500	1,42	3,55
Empresas Contratistas	Oxígeno	kg	1 171,78	0,18	0,21
PAD	Cal	kg	2 269 500	0,76655	1 739,57

...continuación

Planta	Acero	kg	80	1,46	0,12
	Sílice	kg	70 211,10	0,04	2,81
	Cemento	kg	85	0,51	0,04
	Peróxido de Hidrogeno	kg	89 655	2,63	235,79
	Hidróxido de Sodio	kg	27 350	1,42	38,84
	Oxigeno	kg	214,35	0,18	0,04
	Carbonato de Sodio	kg	6 825	0,41492	2,83
	Cianuro	kg	688 355	0,96	663,83
Voladura	Nitrato de Amonio	kg	3 230 960	0,34	1 098,53
TOTAL					3 799,29

FUENTE: Elaboración propia

Así también se elaboró el cuadro resumen para una mejor visualización de la HC que se generó por el consumo de insumos según el área en cuestión.

Tabla 26: Huella de Carbono por consumo de insumos según el área

Área	tCO ₂ eq
Almacén	1,95
Centro Medico	0,0113
Ingeniería	11,08
Medio Ambiente	3,64
Empresas Contratistas	0,21
Planta	2683,87
Operaciones Mina	1098,53
TOTAL	3799,29

FUENTE: Elaboración propia

Se observó que, la HC generada a partir del consumo de insumos fue de 3799,29 tCO₂eq, teniendo como mayores contribuyentes de esta HC a las áreas de Planta con 2683,87 tCO₂eq (70,64 por ciento), y Operaciones Mina con 1098,53 tCO₂eq (28,91 por ciento), (ver Figura 18).

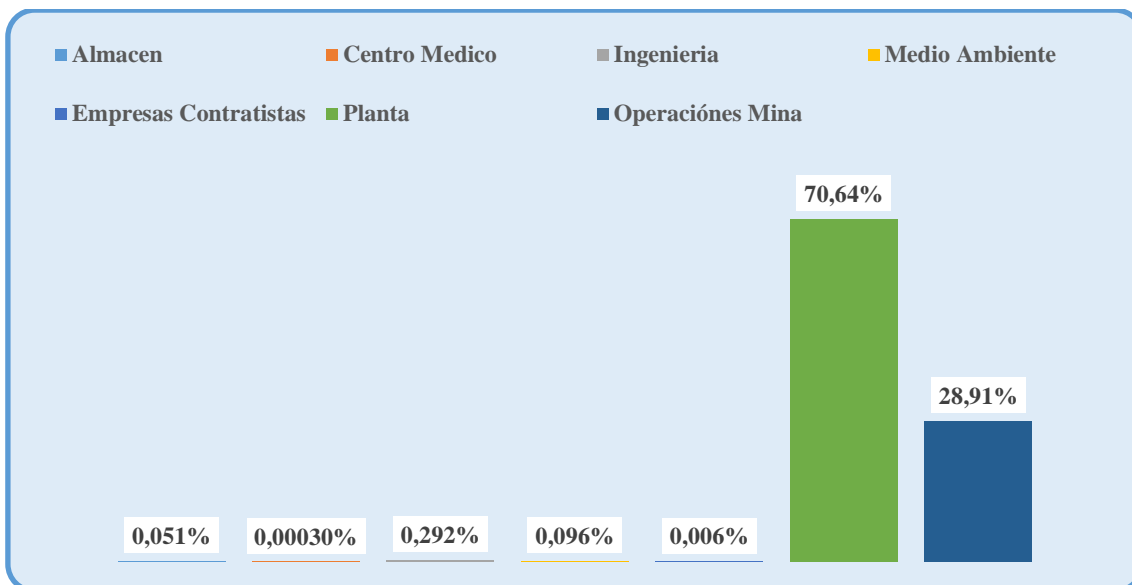


Figura 18: Huella de Carbono generada por consumo de insumos por área.

FUENTE: Elaboración propia

– **Huella de Carbono generada a partir de la colección y disposición final de los residuos sólidos**

Las actividades citadas dan como resultado la generación de residuos sólidos como un aspecto ambiental de alta criticidad debido a las cantidades y las características de estos, por esto se realizan los tratamientos pertinentes frente a estos de tal manera que no representen un impacto significativo al ambiente.

Tabla 27: Huella de Carbono a partir de la colección y disposición final de residuos sólidos

Tipo / Tratamiento de Residuos	Generación (kg)	FE (tCO ₂ /t residuo)	tCO ₂ eq	Participación
Metales colectados separadamente para clasificación y reciclaje	77614,12	0,01	0,78	27,67%
Plásticos colectados separadamente para clasificación y reciclaje	1576,06	0,015	0,02	0,84%
Papel y Cartón colectados separadamente para clasificación y reciclaje	4420,88	0,01	0,04	1,58%
Vidrios colectados separadamente para clasificación y reciclaje	584,12	0,01	0,01	0,21%

...continuación

Residuos Orgánicos colectados separadamente para compostaje	109882,79	0,008	0,88	31,34%
Residuos Generales para Relleno Sanitario	37528,22	0,007	0,26	9,37%
Residuos para Incineración	101675,37	0,008	0,81	29,00%
Total	252434,79	--	2,80	100%

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 27 se puede observar la cantidad y tipo de residuos, además del factor de emisión correspondiente al residuo en cuestión.

El total de la HC generada por la colección y disposición final de RRSS fue de 2,80 tCO₂eq lo cual representa el 0,045 por ciento del total de la HC calculada en el Alcance 3, teniendo como mayores contribuyentes de la HC a la colección y disposición final de los Residuos Orgánicos con 0,88 tCO₂eq (31,34 por ciento) y la colección y disposición final de los residuos para incineración con 0,81 tCO₂eq (29,00 por ciento), (ver Figura 19).

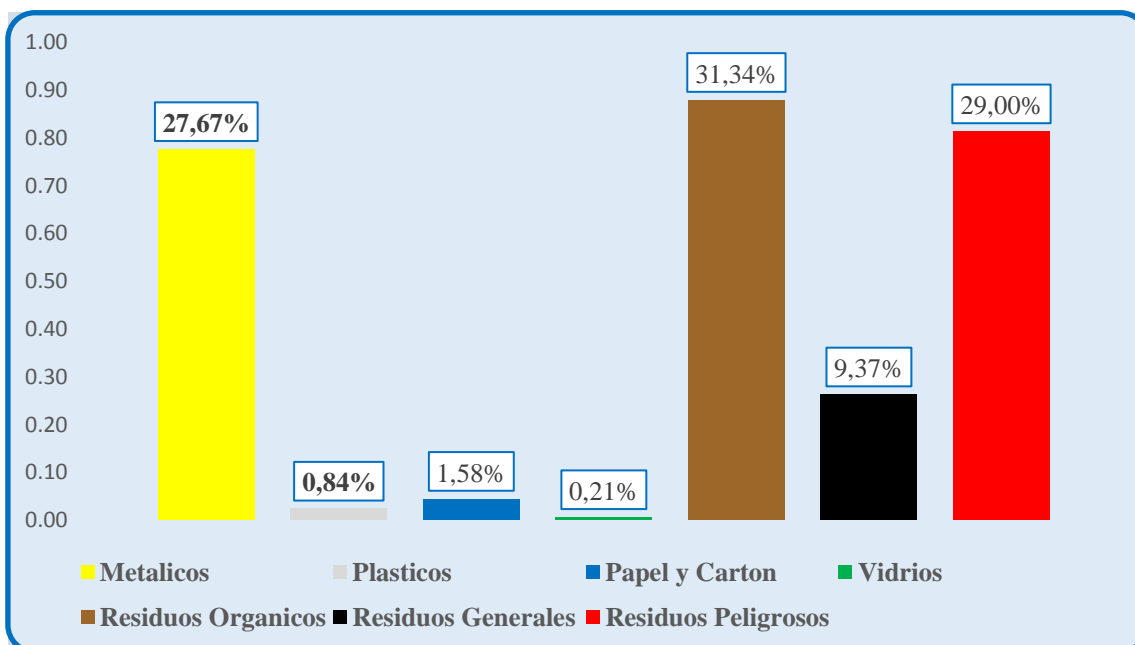


Figura 19: Huella de Carbono respecto a la colección y disposición final de residuos sólidos.

FUENTE: Elaboración propia

– **Huella de Carbono generada por el transporte de insumos, materiales varios y suministros**

Como ya se había mencionado líneas arriba, para que la operatividad esté en constante actividad se necesita de insumos, materiales y suministros (cocina), así pues para que todo lo mencionado llegue a la unidad minera se necesita que sea transportado desde sus respectivos lugares de procedencia (ver Tabla 28). Así también para efectos del cálculo de la HC correspondiente se usará la Ecuación 7.

Tabla 28: Huella de Carbono generada a partir del transporte de insumos

Insumo	Procedencia/Destino	Distancia (km)	tCO ₂ eq	Participación
Cianuro de Sodio	Provincia constitucional del Callao	702	422,44	16,99%
Combustible	Pisco	456	857,99	34,51%
Nitrato de Amonio	Cusco	563	620,52	24,96%
Alimentos	Campoy	685	88,71	3,57%
Materiales Varios	Campoy	685	496,27	19,96%
TOTAL			2485,93	100%

FUENTE: Elaboración propia.

Se puede observar que el total de la HC generada por el transporte de insumos, materiales y suministros fue de 2485,93 tCO₂eq que representa el 39,51 por ciento de la HC generada en el Alcance 3. Por otro lado, cabe resaltar que el transporte que contribuye más a la HC por transporte de insumos fue el de Combustibles con 857,99 tCO₂eq (34,51 por ciento), seguido inmediatamente por el transporte de Nitrato de Amonio con 620,52 (24,96 por ciento), seguidos así también por el transporte de Materiales Varios con 496,27 tCO₂eq (19,96 por ciento) y el Cianuro de Sodio con 422,44 tCO₂eq (16,99%), (ver Figura 20). Todo esto se debe a que en la actividad minera existe un constante requerimiento de combustibles por la cantidad de equipos de maquinaria pesada que existen y el transporte de personal constante, por otro lado el nitrato de amonio se ve influenciado directamente por los procesos de voladura, ya que esta mina es a tajo abierto se ve en la necesidad

de demandar una cantidad considerable de nitrato de amonio para las voladuras, por su lado los materiales varios son los materiales que todas las áreas involucradas en la producción requieren con frecuencia, materiales auxiliares a las actividades que también son importantes para la producción en general, tales como válvulas, pernos, insumos secundarios, entre otros, y por último el transporte de Cianuro es elevado porque es un elemento importante para la producción mineral.

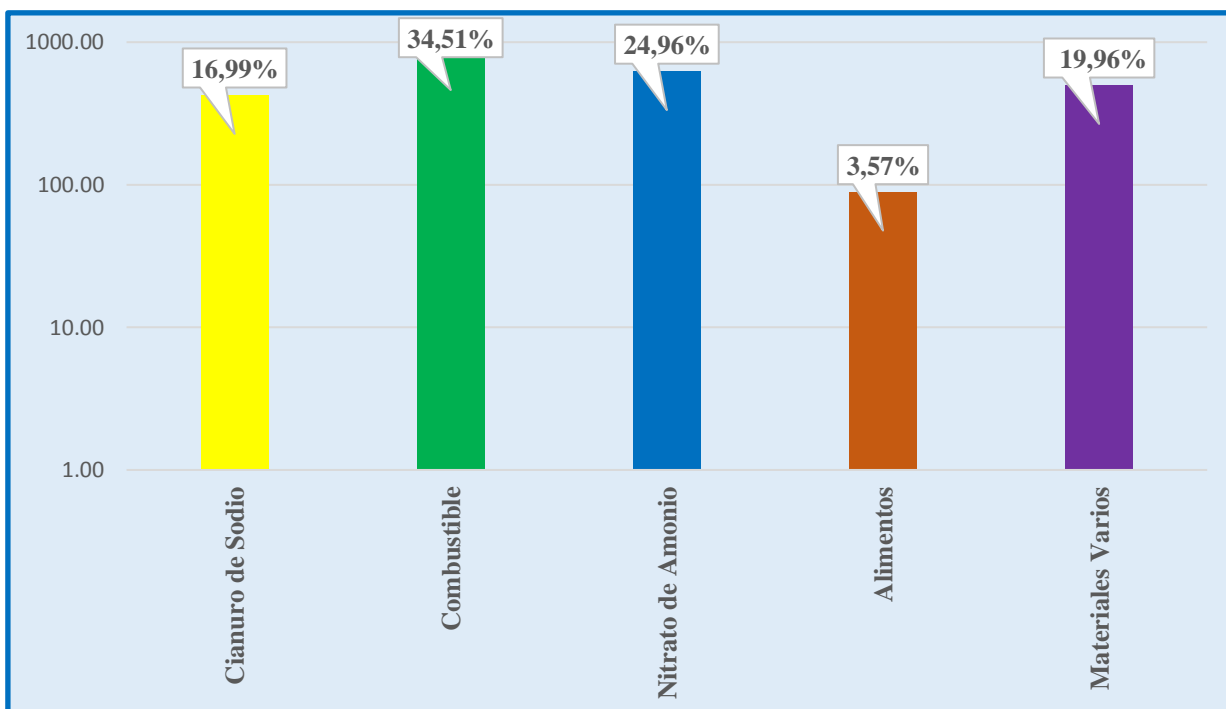


Figura 20: Huella de Carbono generada por transporte de materiales.

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 29 se tiene el resumen de la HC correspondiente al Alcance 3, en donde se pueden observar las participaciones de cada uno de los ítems mencionados. Como mayores contribuyentes a la HC correspondiente a este Alcance se tuvo al “Consumo de Insumos” con 3799,29 tCO₂eq (60,38%) y a los “Embarque de Materiales/Insumos” con 2485,93 tCO₂eq (39,52 por ciento), (ver Figura 21).

Tabla 29: Resumen de la Huella de Carbono por criterio para el Alcance 3

Ítem	tCO ₂ eq	Participación
Consumo de Papel	3,70	0,059%
Consumo de Insumos	3799,29	60,38%
Generación de RRSS	2,80	0,045%
Embarque de Materiales/Insumos/RRSS	2485,93	39,51%
TOTAL	6 291,73	100%

FUENTE: Elaboración propia

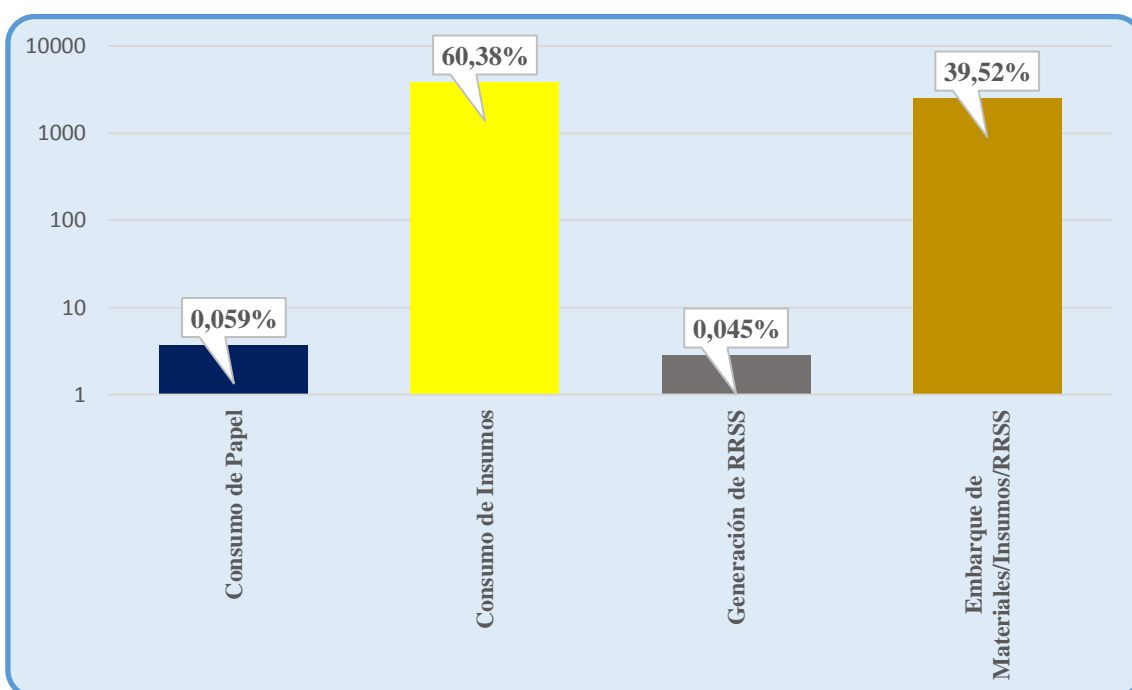


Figura 21: Huella de Carbono por criterio para el Alcance 3

FUENTE: Elaboración propia

4.3. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN RELACIÓN A CADA ÁREA DE LA UNIDAD MINERA

Luego de analizar la determinación de la HC y sus respectivas fuentes de generación de la unidad minera, se procedió a evaluar cuál de todas las áreas involucradas es la que contribuye más a la HC total. A continuación se observa la Tabla 30 donde se definen las áreas, los Alcances respectivos, las fuentes de generación, las tCO₂eq y su respectiva participación.

Tabla 30: Determinación de la Huella de Carbono por cada área

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO					
Área	Alcance	Descripción	tCO ₂ eq	%	
Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad, RRCC y Contabilidad)	Alcance 1	Transporte de personal interno	113,70	0,430%	
		Consumo de Combustible Cisterna de Agua Potable	46,00	0,174%	
		Consumo de Combustible – Buses	159,07	0,602%	
	Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica	297,55	1,127%	
	Alcance 3	Uso de Papel	1,21	0,005%	
Almacén	Alcance 1	Consumo de Combustible – Cambio de guardia	22,76	0,086%	
		Consumo de Gasolina – Montacargas	5,16	0,020%	
		Consumo de Combustible – Cisterna de Combustible	46,40	0,176%	
	Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica	16,46	0,062%	
	Alcance 3	Transporte de Materiales / Insumos (Ingresos)	1539,23	5,828%	
		Transporte de Combustibles	857,99	3,248%	
		Consumo de Insumos (Cemento)	1,95	0,00739%	
		Uso de Papel	0,55	0,00209%	
Centro Médico	Alcance 1	Consumo de Combustible – Ambulancia	4,29	0,016%	
	Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica	11,19	0,042%	
	Alcance 3	Uso de Papel	0,09	0,000358%	
		Consumo de Insumos (Cloruro de Sodio y Oxígeno)	0,01	0,000043%	
Geología (Mina y Exploraciones)	Alcance 1	Consumo de Combustible de Perforadoras, móviles y otros	549,60	2,081%	
	Alcance 3	Uso de Papel	0,26	0,00099%	
Ingeniería (Geotecnia, Topografía, Ingeniería y Of Técnica)	Alcance 1	Consumo de Combustible de Camioneta	17,61	0,0667%	
	Alcance 3	Consumo de Cemento	10,99	0,0416%	

...continuación

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO			Consumo de Acero	0,09	0,000333%		
			Uso de Papel	0,39	0,00148%		
	Medio Ambiente	Alcance 1		Consumo de Combustible de Grupo Electrónico	0,94	0,0036%	
				Consumo de Combustibles – Camioneta	31,72	0,120%	
				Estudios Arqueológicos	0,09	0,000346%	
		Alcance 2		Consumo de Energía Eléctrica	27,16	0,103%	
		Alcance 3		Uso de NaOH	3,55	0,013%	
				Uso de Cemento	0,09	0,0003283%	
				Generación y Disposición de RRSS	2,80	0,011%	
				Uso de Papel	0,12	0,000440%	
		Mina (PERVOL, Planeamiento y Operaciones)	Alcance 1		Consumo de Combustible – Volquetes	4468,72	16,919%
					Consumo de Combustibles – Camionetas	37,39	0,142%
				Consumo de Combustible – Camión Fabrica	24,92	0,0943%	
				Consumo de Combustible – Perforadora	857,69	3,247%	
				Consumo de Combustible – Voladura	498,77	1,888%	
				Consumo de Combustible de Equipos Pesados (Cargador Frontal, Excavadora, Luminaria, Retroexcavadora, Tractor y Motoniveladora)	4158,62	15,745%	
	Alcance 2			Consumo de Energía Eléctrica	70,00	0,265%	
Alcance 3			Uso de Insumos – Nitrato de Amonio	1098,53	4,159%		
			Uso de Papel	0,19	0,000733%		

...continuación

MINERA DE ORO A TAJO ABIERTO	Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Departamento Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)	Alcance 1	Consumo de Combustibles – Camioneta	11,10	0,042%
			Consumo de Combustible – Fundición	259,36	0,982%
			Consumo de Combustible Grupo Electrónico	224,40	0,850%
			Consumo de Combustible Grúa	2,32	0,00878%
			Consumo de combustible – Supervisión PAD	15,82	0,060%
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica	7710,90	29,195%
		Alcance 3	Uso de Insumos (Acero, Sílice, Cemento, Peróxido de Hidrogeno, Hidróxido de Sodio, Oxígeno, Carbonato de Sodio, Cianuro y Cal)	2683,87	10,162%
	Consumo de Papel		0,68	0,00256%	
	Comedor	Alcance 1	Consumo de Gas	118,43	0,448%
			Consumo de Combustible	6,19	0,023%
		Alcance 2	Consumo de Energía Eléctrica	52,90	0,200%
		Alcance 3	Transporte de Insumos	88,71	0,336%
			Uso de Papel	0,07	0,000277%
	Empresa Contratistas	Alcance 1	Consumo de Combustibles (Construcción, Rodillo y Camionetas)	253,00	0,958%
		Alcance 3	Consumo de Insumos	0,21	0,00080%
			Consumo de papel	0,14	0,000521%
	TOTAL			26411,93	100%

FUENTE: Elaboración propia.

Así también, para un mejor entendimiento, se elaboró un cuadro resumen (ver Tabla 31). Así pues se observa en éste cuadro que el área que contribuye más a la HC total es el área de Operaciones Mina (Pervol y Operaciones), con 11214,83 tCO₂eq (42,46 por ciento), seguido por el área de Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Departamento Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos), con 10908,46 tCO₂eq (41,30 por ciento), luego tenemos las demás áreas con participaciones mínimas (ver Figura 21 y 22).

Tabla 31: Resumen de la determinación de la Huella de Carbono de toda la Unidad Minera

Áreas	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Participación
Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad, ONG, RRCC y Contabilidad)	318,77	297,55	1,21	617,52	2,34%
Almacén	74,31	16,46	2399,72	2490,50	9,43%
Centro Médico	4,29	11,19	0,11	15,58	0,06%
Geología	549,60	--	0,26	549,86	2,08%
Ingeniería (Geotecnia, Topografía y Oficina Técnica)	17,61	--	11,47	29,08	0,11%
Medio Ambiente	32,75	27,16	6,56	66,46	0,25%
Mina (Pervol y Operaciones)	100046,11	70,00	1098,72	11214,83	42,46%
Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Departamento Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)	513,00	7710,90	2684,55	10908,46	41,30%
Cocina	124,61	52,90	88,78	266,29	1,01%
Empresas Contratistas	253,00	--	0,35	253,35	0,96%
TOTAL	11934,05	8186,16	6291,73	26411,93	100%

FUENTE: Elaboración propia.

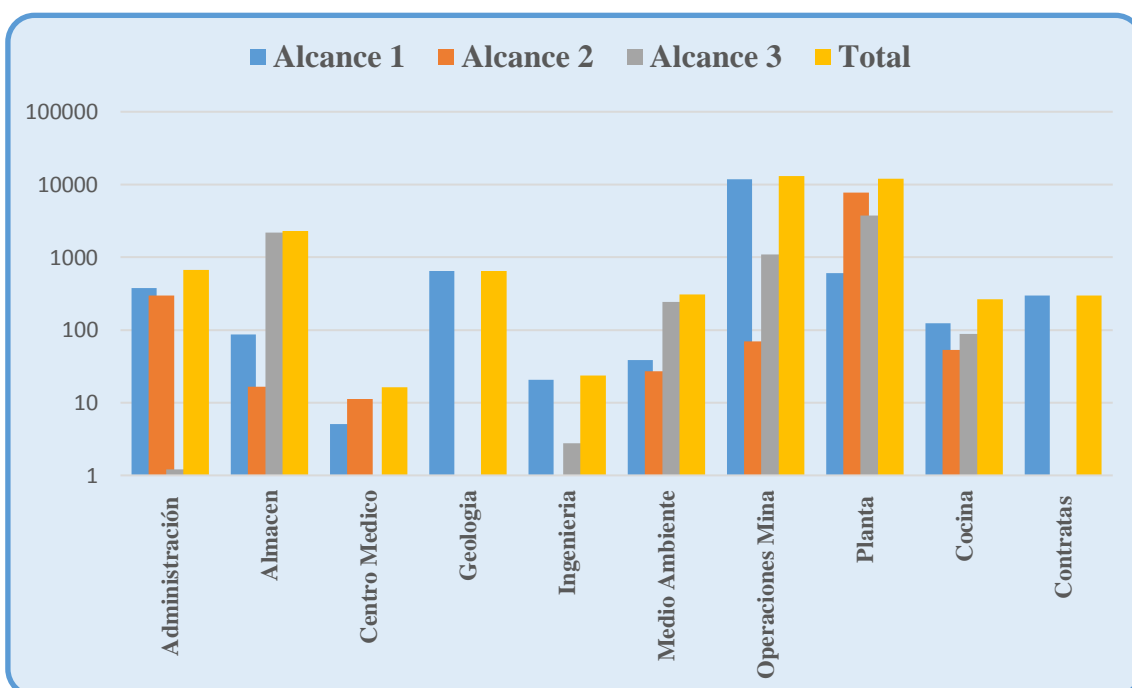


Figura 22: Huella de Carbono por área, por Alcance y balance total.

FUENTE: Elaboración propia

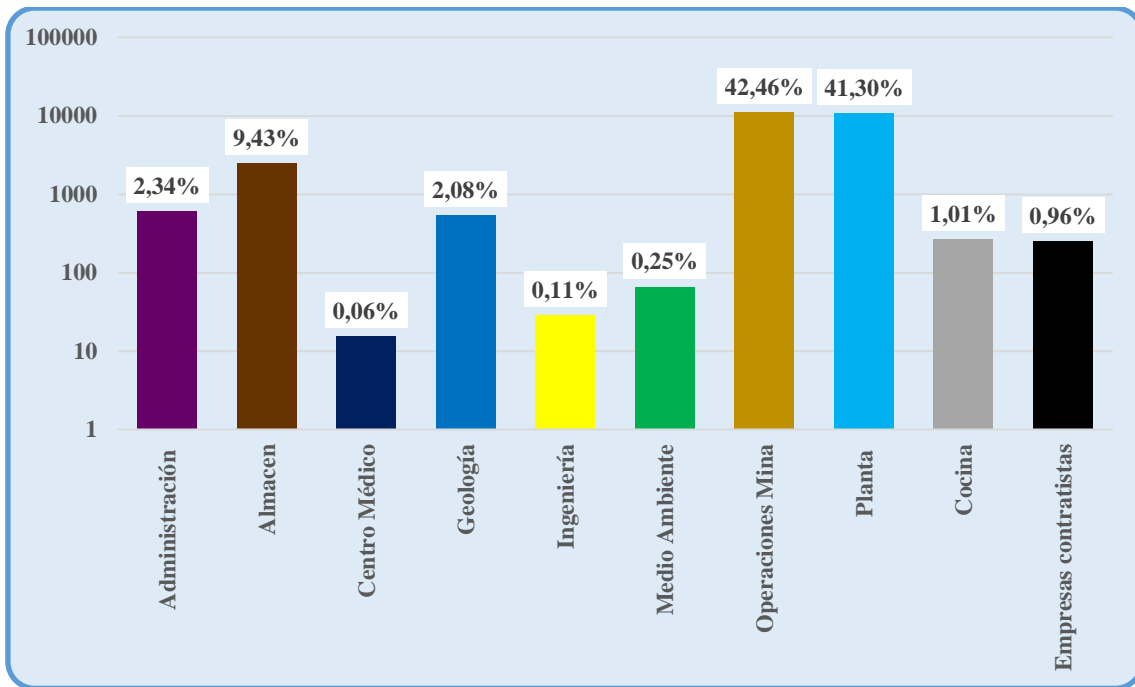


Figura 23: Huella de Carbono total en función a todas las áreas de la Unidad Minera en el año 2017.

FUENTE: Elaboración propia.

4.4. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN RELACIÓN A CADA ALCANCE (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3)

En este apartado definimos cual fue el Alcance que contribuyó más a la HC total. Se pudo observar que el Alcance que más contribuyó es el Alcance 1, seguido por el Alcance 2 y en seguida el Alcance 3 (ver Figura 23). Se infiere que el Alcance 1 tiene una importante participación en la HC total debido a la cantidad de equipos de maquinaria pesada y vehículos que se tienen en la unidad minera, además de los consumos de combustibles en actividades anexas, así también el Alcance 2 se ve representado por la cantidad de energía eléctrica que demanda la unidad minera para todas sus actividades y por último el Alcance 3 se ve representado por las actividades de acción indirecta, como consumos de insumos, transporte de materiales, entre otros (ver Tabla 32).

Tabla 32: Huella de Carbono por Alcance

Alcance	tCO₂	Participación
Alcance 1	11 934,05	45%
Alcance 2	8 186,16	31%
Alcance 3	6 291,73	24%
TOTAL	26 411,93	100%

FUENTE: Elaboración propia.

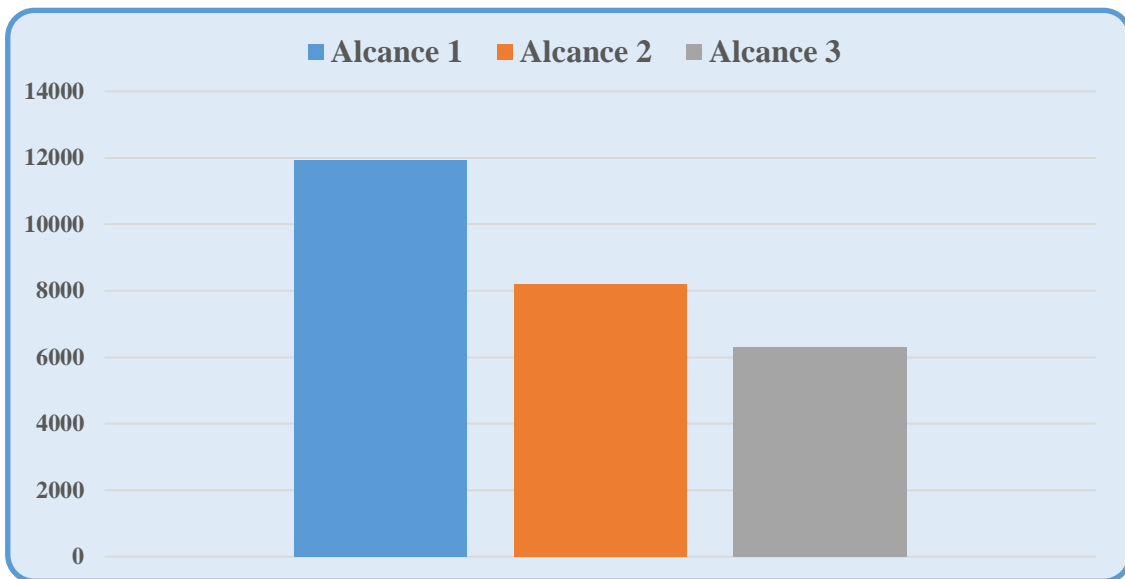


Figura 24: Huella de Carbono por Alcance.

FUENTE: Elaboración propia

4.5. PROPUESTA DE MEJORA

Uno de los fines de este estudio, además de conocer la cantidad de tCO₂eq que se generaron a partir de las actividades realizadas en la unidad minera, fue también conocer las medidas de reducción en función a los resultados obtenidos. Es importante saber que para las propuestas se tomó como modelo las investigaciones de varios autores.

4.5.1. Cambio de sistema a Gas Natural Vehicular para todos los volquetes de la unidad

En el presente estudio se identificaron vehículos livianos y pesados, con los cuales cuenta la unidad minera, entre ellos se identificaron 3 ambulancias, 10 cisternas, 1 camión fábrica, 26 camionetas, 4 cargadores frontales, 8 excavadoras, 1 grúa, 8 luminarias, 1 montacargas, 2 motoniveladoras, 1 ómnibus, 3 perforadoras, 3 retroexcavadoras, 1 rodillo compactador, 12 tractores y 52 volquetes. En el Anexo 8, se muestra los consumos de diésel de dichos vehículos, y es notorio que los volquetes (1 757 751,27 litros), son los que presentan mayor consumo de combustibles y por lo tanto generan una mayor contribución a la HC.

En el mercado peruano ya existen volquetes a gas natural y a GLP, de tal manera que de reemplazar a los volquetes actuales podrían representar una reducción significativa de la HC total de la Unidad Minera.

En la Tabla 33 se presentaron los resultados de la propuesta de reducción y se obtuvo que los volquetes que funcionan a GLP lograrían una reducción de 520,58 tCO_{2eq} lo cual representa el 1,97 por ciento de la HC total, por otro lado, los volquetes que funcionan a gas natural lograrían una reducción de 958,19 tCO_{2eq}, que representa una reducción del 3,63 por ciento de la HC total.

Tabla 33: Reducción de la Huella de Carbono a partir del cambio de combustibles

Volquetes	Datos de consumo anual	Total de Emisiones de GEI	Reducción	
	Litros		tCO _{2e}	% de HC
Diésel B5	1757751,27	4468,72	0,00	0,00%
GLP		3948,13	520,58	1,97%
Gas Natural		3510,53	958,19	3,63%

FUENTE: Elaboración propia.

4.5.2. Cambio de grupos electrógenos a Gas Natural Vehicular

Esta propuesta consiste en cambiar los grupos electrógenos vigentes (2), que eventualmente funcionan con Diésel B5 por grupos electrógenos que funcionan a Gas Natural. En la Tabla 34 se presentan los resultados a partir de esta propuesta de mejora. De esta manera a partir de esta mejora se lograría una reducción de 147,22 tCO₂eq lo cual representa el 0,56 por ciento de la HC total de la unidad minera.

Tabla 34: Reducción de la Huella de Carbono por cambio de grupo electrógeno

Grupo Electrónico	Consumo Anual (kg)	VCN (TJ/Gg)	Factor de Emisión CO ₂ (kg/TJ)	Factor de Emisión CH ₄ (kg/TJ)	Factor de Emisión N ₂ O (kg/TJ)	tCO ₂ eq	Reducción	
							tCO ₂ eq	% HC
Diésel	76 984,63	40,88	70395,00	2,85	0,57	222,27	0,00	0,00%
Gas Natural	24 756,51	48,00	63100,00	1,00	0,10	75,05	147,22	0,56%

FUENTE: Elaboración propia

Se consideró el consumo por hora de Gas Natural planteado por Narváez, citado por García (2016), el cual fue de 14,5 kg/día con lo cual se pudo proyectar cuanto sería el consumo de Gas Natural en el caso de optar por esta mejora (ver Tabla 35).

Tabla 35: Reducción de la Huella de Carbono por cambio de grupo electrógeno - detallado

Equipo	Tiempo (días)	Consumo (gal)	Consumo (litro)	Densidad (kg/L)	kg
Grupo Electrónico 1	17,00	18222,21	68978,54	0,87	60011,33
Grupo Electrónico 2	11,00	5054,58	19133,66	0,87	16646,28
Mantenimiento Medio Ambiente	4,00	99,30	375,89	0,87	327,03
Total	32,00	23376,09	88488,08	--	76984,63
Consumo de GNV (kg/año)	32,00	5360,64	20292,22	0,61	24756,51

FUENTE: Elaboración propia.

4.5.3. Optimización de consumo de combustible en el proceso de fundición

Esta propuesta de mejora se basó en la investigación realizada por Gaete y Luarte (2012). En el estudio los autores proponen adecuar los parámetros de operación de la planta de secado de concentrados con el fin de optimizar el uso de energía satisfaciendo el nivel de humedad que se requiere para el proceso de fundición. Según estos estudios, se obtuvo un resultado de ahorro del 24 por ciento lo que representa una reducción de 62,25 tCO₂eq. Para este caso también se consideró la misma eficiencia (ver Tabla 36).

Tabla 36: Reducción de la Huella de Carbono por eficiencia en proceso de fundición

Ítem	Consumo de Combustible (l)	Consumo de Combustible con aplicación de eficiencia (l)	Ahorro	tCO ₂ eq (sin mejora)	tCO ₂ eq (con mejora)	Reducción	% HC
Fundición	103255,42	78474,12	24781,30	259,36	197,12	62,25	0,24%

FUENTE: Elaboración propia

4.5.4. Reutilización de aceites lubricantes residuales en el proceso de voladura

Así como en el caso anterior, se utilizó como referencia la investigación de Gaete y Luarte (2012). La medida consiste básicamente en incorporar aceites lubricantes residuales para reemplazar parte del combustible (Diésel B5), que se utiliza para la preparación del producto de la voladura. En la Tabla 37 se puede ver el detalle de la reducción propuesta por esta medida, dando como resultado una reducción de 0,79 tCO₂eq lo cual representa el 0,24 por ciento de la HC total de la Unidad Minera.

Tabla 37: Reducción de la Huella de Carbono por reutilización de aceites lubricantes en el proceso de voladura

Ítem	Consumo de Combustible - Voladura (gal)	Consumo de Combustible - Voladura (l)	Cantidad de Aceite para reemplazar (gal)	Ahorro (Diésel B5)	Densidad (kg/L)	Consumo de combustible (Gg)	Valor Calórico Neto (TJ/Gg)	tCO ₂ eq
Voladura	52456,07	198567,73	313,00	313,00	0,87	0,0003	40,88	0,79

FUENTE: Elaboración propia

4.5.5. Producción de biogás a partir de Residuos Sólidos orgánicos

Basándonos en los estudios realizados por Gaete y Luarte (2012). La propuesta de mejora consiste en el aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de biogás generado mediante un proceso de fermentación metanogénica en un biodigestor. Según los datos recolectados, en el año 2017 se generaron la cantidad de 109,88 ton de residuos orgánicos. De manera referencial, se establece que 1 ton de materia biológica al 100% biodegradable equivale a 3m³ de biogás y 2m³ de metano, de esta manera se infiere que la cantidad propuesta a producir de biogás es de 329,65 m³. En el año 2017, la unidad minera utilizó 70,79 m³ para abastecer la cocina por esto se deduce que la generación de biogás cubriría perfectamente la demanda de la cocina de la unidad. Por otro lado dejar de transportar los RRSS orgánicos al depósito de residuos orgánicos dentro de la unidad evitaría que la unidad móvil encargada de esta tarea consuma más combustible, de esta manera; considerando que el punto de recojo y el punto de disposición se distancian en 500 m (1 km por viaje de ida y vuelta), y que se realizan 3 viajes por día durante los 365 días del año (1095 km/año), así también, tomando en cuenta el rendimiento de la unidad móvil la cantidad de 25 km/gal entonces se deduce que esta unidad dejaría de consumir la cantidad de 43,80 gal por año. Con todo esto se deduce que al implementar esta mejora se estarían reduciendo la cantidad de 118, 43 tCO₂eq por el uso de biogás en ves del GLP y por otro lado se estaría reduciendo la cantidad de 0,42 tCO₂eq por la omisión del uso de la unidad móvil para el traslado de los RRSS orgánicos (ver Tabla 38).

Tabla 38: Reducción de la Huella de Carbono por generación de Biogás

Ítem	Cantidad de RRSS (ton)	Cantidad de Biogás (m3)	Consumo de GLP (m3/año)	Recorrido de camioneta (km/año)	Consumo de camioneta (gal)	Ahorro de GLP (l/año)	Ahorro Diésel B5 (gal)	tCO ₂ eq (GLP)	tCO ₂ eq (Diésel B5)
Recolección y disposición de RRSS orgánicos	109,88	329,65	70,79	1095,00	43,80	70794,74	43,80	118,43	0,42

FUENTE: Elaboración propia

4.5.6. Aplicación de compuestos orgánicos “Dustreat DC9112”

Gaete y Luarte (2012), plantean esta de propuesta de mejora que básicamente consiste en la aplicación de “Dustreat DC9112”, un aglutinante específicamente formulado para controlar el polvo fugitivo de las pilas de almacenamiento y las vías de acarreo. Este compuesto es biodegradable y no contiene compuestos de cloruro corrosivo ni aceites de desecho. Estas soluciones son efectivas para reducir el material particulado (Suez, 2017). Así pues, al eximir el uso de cisternas para el regado de vías se infiere que para nuestro estudio se ahorrarán 4958,40 galones al año con lo cual se lograra una reducción de 47,72 tCO₂eq lo cual representa el 0,181 por ciento de la HC total (ver Tabla 39)

Tabla 39: Reducción de la Huella de Carbono por aplicación de compuestos orgánicos

Ítem	Consumo de Combustible - Cisterna (Gal/año)	Ahorro de Combustible - Cisterna (Gal/año)	Valor Calórico Neto (TJ/Gg)	tCO ₂ eq
Uso de Cisterna para riego de vías	4958,40	4958,40	40,88	47,72

FUENTE: Elaboración propia

4.5.7. Cultivos o plantaciones

Gaete y Luarte (2012), plantean en su estudio que el secuestro de carbono por las especies vegetales fluctúa entre los 35 tCO₂/ha/año y las 74 tCO₂/ha/año. Ellos dejan en claro que estas condiciones dependen de la especie vegetal a producir, el manejo de la especie, el laboreo agrícola, el tipo de mano de obra, etc. En nuestro caso tomamos el ratio promedio de 53 tCO₂ / ha /año para realizar el cálculo con las hectáreas de plantación que se seleccionó del plan de revegetación de la unidad minera el cual tenía pendiente 9,7 has para plantar. El resultado de la propuesta fue de 514,10 tCO₂eq/año lo cual representa el 1,95 por ciento de la HC total de la unidad (ver Tabla 40).

Tabla 40: Reducción de la Huella de Carbono por cultivos o plantaciones

Zona / Ítem	Hectáreas a plantar	Especie	Unidades Sembradas	Ratio de secuestro de carbono (tCO ₂ /ha/año)	tCO ₂ /año Secuestrado	Ratio de Secuestro (tCO ₂ /especie sembrada)
1	3,6	<i>Polylepis tomentella</i> (Queñua)	11999	53	190,8	0,0245
2	0,8	<i>Polylepis tomentella</i> (Queñua)	2667	53	42,4	
3	0,6	<i>Buddleja coriacea</i> (colle)	2000	53	31,8	
4	1,5	<i>Ray grass</i>	--	53	79,5	
5	1,3	<i>Stipa Ichu</i> (Ichu)	4333	53	68,9	
6	1,9	<i>Ray grass</i>	--	53	100,7	
Total	9,7	--	20999	--	514,1	

FUENTE: Elaboración propia



4.5.8. Buenas prácticas para reducir el consumo de combustibles en equipos pesados

En la unidad minera se cuentan con equipos pesados diversos entre ellos cuatro cargadores frontales, ocho excavadoras y cincuenta y dos volquetes, los cuales generan emisiones de GEI por el consumo de Diésel B5, Por todo esto se sugiere reducir el consumo de combustible con ayuda de buenas prácticas recomendadas por Komatsu Ltd. (2010), las

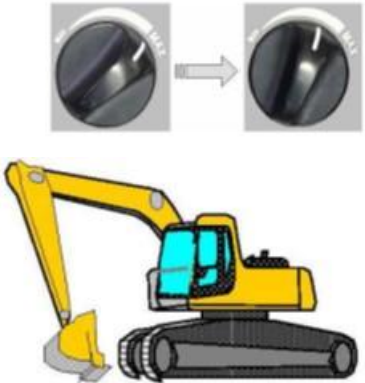
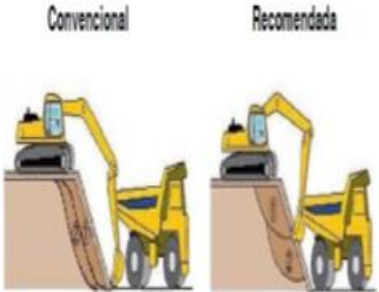
cuales se citan detalladamente en las Tablas 41, 42 y 43.

Se observa en la Tabla 41 que las recomendaciones 1 y 2 generan una reducción de 990 y 840 litros de combustible al año por cada excavadora de 20 toneladas respectivamente, en nuestro caso contamos con excavadoras de 2,5 m³, por lo tanto la reducción se extrapola a 1830 litros por equipo. Las reducciones corresponden a las buenas prácticas de los trabajadores al no dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausas, detener el motor tanto como sea posible, aliviar la presión hidráulica tanto como sea posible y tratar de excavar suavemente aligerando la carga, cabe resaltar que se podría obtener un mejor resultado de reducción de combustible si se reduce la velocidad del motor, si se usa en el modo E (Modo económico; en este modo la potencia es reducida al 85% aproximadamente de la aceleración máxima), se eleva la posición de excavación, se realiza una excavación escalonada, se reduce el ángulo de giro, se acerca al camión volquete y se traslada a bajas velocidades.

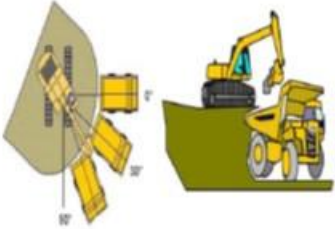

Tabla 41: Recomendaciones de operación de excavadora

Ítem	BUENA PRACTICA - EXCAVADORA		PRUEBA
1		<p style="text-align: center;">En Mínimo</p> <ul style="list-style-type: none"> – Detener el motor tanto como sea posible. – No dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausas. <p>Nota: A pesar de que es necesario mantener el motor en mínimo por 5 minutos después de encendido y antes del apagado, mantener el motor en mínimo innecesariamente consume combustible sin motivo.</p>	<p>Reducir en 1 hora la operación en mínimo del motor, por día y 25 días al mes, Este ahorro de consumo de combustible aumentará si la maquina está en mínimo en modo de auto-desaceleración, por ejemplo ahorra aproximadamente 3,3 litros por hora.</p> <p>Excavadora Hidráulica de 20 ton Consumo de combustible en mínimo: 0,76 L/h Consumo de combustible en mínimo, modo autodesaceleración: 3,30 L/h</p> <p style="text-align: center;">Ahorro de combustible anual: Mínimo: 228 l/año Mínimo, modo autodesaceleración: 990 l/año.</p>
2		<p style="text-align: center;">Excavación</p> <ul style="list-style-type: none"> – Evitar aliviar la presión hidráulica tanto como sea posible. – Tratar de excavar suavemente aligerando la carga <p>Nota: Cuando la carga de una excavación es muy pesada, el equipo de trabajo no se movería a pesar de tener la palanca de control enganchada, debido a que la presión hidráulica está siendo aliviada. Cuando la presión hidráulica es aliviada, el cucharón no se mueve o carga, es decir, no se puede realizar ningún trabajo, sin embargo el combustible está siendo consumido.</p>	<p>Reducir 6 minutos el alivio de presión hidráulica por día y 25 días por mes, Excavadora Hidráulica de 20 ton Cuando la presión hidráulica es aliviada: 28 L/h</p> <p style="text-align: center;">Ahorro de combustible anual: 840 L/año</p>

...continuación

<p>3</p>		<p>Excavación y carguío Reducir la velocidad del motor Usar Modo E</p> <p>Nota: En la misma operación, menor velocidad del motor, requiere menos consumo, Menor velocidad del motor también reduce la productividad, pero se compensa con el incremento de la eficiencia del combustible</p>	<p>Excavadora de 20 toneladas, Cargando un camión de volteo estacionado a nivel (altura), Excavando hacia abajo, Cargando un camión de volteo usando ángulos de giro de 90^a, Excavando arena y tierra.</p> <p>Consumo de combustible en modo E: 77% Producción en modo E: 88% Eficiencia del combustible en modo E: 114%</p> <p>La eficiencia del combustible puede variar dependiendo del material a ser excavado,</p>
<p>4</p>		<p>Excavación y Carguío Elevar la posición de la excavación Realice excavación escalonada</p> <p>Nota: La altura del banco debe ser de la misma altura o ligeramente mayor que la tolva del camión de volteo, Excavar primero la parte superior de la cuesta y luego trabajar en la parte inferior acorta el ciclo de trabajo comparado con la excavación de cuesta completa.</p>	<p>Excavadora hidráulica de 20 toneladas, Cargando un camión de volteo estacionado al mismo nivel, Excavando hacia abajo, Cargando un camión de volteo usando ángulos de giro de 90^a, Excavando material,</p> <p>En cuesta escalonada:</p> <p>Ciclo de trabajo: 88% Consumo de combustible: 98% Producción: 108%</p> <p>La eficiencia del combustible puede variar dependiendo del material a ser excavado</p>



...continuación

<p>5</p>		<p style="text-align: center;">Carguío</p> <p style="text-align: center;">Reducir el ángulo de giro Acérquese al camión de volteo</p> <p>Nota Al cargar camiones de volteo, el reducir los ángulos de giro puede acelerar el ciclo de trabajo, incrementar la productividad horaria y elevar la eficiencia del combustible.</p>	<p style="text-align: center;">Excavadora de 20 toneladas</p> <p style="text-align: center;">Considerando el ángulo de giro de 30°:</p> <p style="text-align: center;">Ciclo de trabajo: 96% Consumo de combustible: 101% Producción: 104% Eficiencia de combustible: 103%</p>
<p>6</p>		<p style="text-align: center;">Traslado</p> <p style="text-align: center;">Traslado a bajas velocidades</p> <p>Nota Mayores velocidades de traslado significan mayores revoluciones del motor, gastando más combustible, Contrariamente, disminuir la velocidad del motor mejora la eficiencia de combustible en traslado.</p>	<p style="text-align: center;">Excavadora de 20 toneladas</p> <p style="text-align: center;">Considerando 15% menos de aceleración del motor:</p> <p style="text-align: center;">Velocidad media de traslado: 71% Consumo de combustible: 67% Eficiencia de combustible: 106%</p>


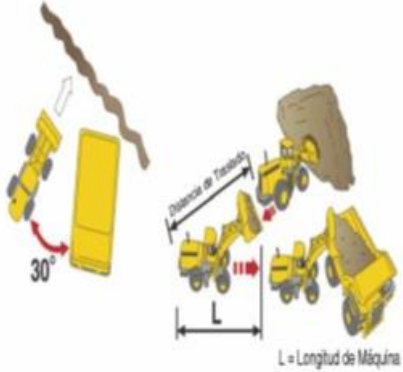
FUENTE: Elaboración propia; Komatsu Ltd., citado por García (2016).

En la Tabla 42, con las recomendaciones 1 y 2 se obtuvo una reducción de 7710 litros de combustible al año por cada equipo con cucharón de 3,4 m³, en nuestro caso se cuenta con cargadores de 2,5 m³ por esto la reducción se extrapola a 5669,12 litros por equipo. Las reducciones corresponden detener el motor tanto como sea posible, no dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausas y evitar aliviar la presión hidráulica y calar el convertidor de torque. Así también se podría reducir más cantidad de combustible si se evita el resbalamiento de neumáticos, se disminuye la distancia de carguío, se minimiza el ángulo V de carguío y se lleva a cabo un traslado a bajas velocidades.

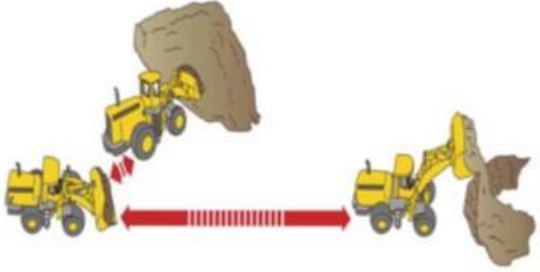
Tabla 42: Recomendaciones de operación de cargador frontal

Ítem	BUENA PRACTICA – CARGADOR FRONTAL	PRUEBA
1	 <p style="text-align: center;">En Mínimo</p> <p>Detener el motor tanto como sea posible No dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausas</p> <p>Nota A pesar de que es necesario mantener el motor en mínimo por 5 minutos después del encendido y antes del apagado, mantener el motor en mínimo innecesariamente consume combustible sin motivo.</p>	<p>Cargador Frontal con cucharón de 3,4 m³ Consumo de combustible en mínimo: 4,20 L/h</p> <p>Ahorro de combustible anual: 1 260 L/año</p> <p>Reducir en 1 hora la operación en mínimo del motor, por día y 25 días al mes</p>
2	 <p style="text-align: center;">Excavación</p> <p>Evite aliviar la presión hidráulica y calar el convertidor de torque</p> <p>Note Cuando el material a ser excavado impone una carga excesiva sobre la máquina, el sistema hidráulico se alivia, el equipo de trabajo deja de moverse y el convertidor de torque se cala. Mayor combustible es consumido cuando la presión hidráulica es aliviada y el convertidor de torque calado, que cuando se usa una carga en ángulo en V.</p>	<p>Cargador Frontal con cucharon de 3,4 m³ Carga en ángulo de 30^a en V: 28 L/h Alivio de presión hidráulica y calado del convertidor de torque: 43 L/h</p> <p>Ahorro de combustible anual 6450 L/año</p> <p>Reducir 30 minutos el alivio de presión hidráulica por día y 25 días por mes</p>

...continuación

3		<p style="text-align: center;">Excavación Evitar resbalamiento de neumáticos</p> <p>Nota Los neumáticos de un cargador frontal tienden a resbalar cuando se topa con un obstáculo mientras está excavando y el motor es acelerado para seguir moviendo la máquina hacia adelante, Cuando los neumáticos resbalan, el cucharón ya no puede excavar y cargar, El resbalamiento prolongado de los neumáticos hace que se consuma combustible innecesariamente.</p>	<p>(1) Si el cucharón es presionado hacia abajo durante el trabajo de excavación, los neumáticos delanteros se despegan del terreno (consecuentemente, la carga en los neumáticos frontales disminuye), lo cual causa que resbalen fácilmente, Antes de excavar, mantenga el cucharón ligeramente sobre el terreno,</p> <p>(2) Cuando los neumáticos muestran señales de resbalamiento, libere el pedal del acelerador ligeramente y presione el pedal del acelerador gradualmente para elevar las revoluciones del motor hasta un nivel justo antes del resbalamiento, de tal modo que pueda excavar y cargar,</p> <p>(3) Si los neumáticos empiezan a resbalar nuevamente, libere el pedal del acelerador una vez y pise nuevamente gradualmente para excavar y cargar como se explicó antes.</p>
4		<p style="text-align: center;">Carguío Disminuir la distancia de carguío Minimizar el ángulo V de carguío</p> <p>Nota Óptimo: Distancia 0,8 L Ángulo: 30°</p>	<p style="text-align: center;">Eficiencia del combustible</p> <p style="text-align: center;">0,8 L: 116% 1,0 L: 100% 1,5 L: 92%</p> <p style="text-align: center;">Forma de carguío 30° en V Distancia de traslado hacia adelante y reversa clasificando en tres etapas (L=longitud total de la maquina)</p>

...continuación

<p>5</p>		<p style="text-align: center;">Traslado Traslado a bajas velocidades</p> <p>Nota Mayores velocidades de traslado significan mayores revoluciones del motor, gastando más combustible, Contrariamente, el disminuir las revoluciones del motor mejora la eficiencia de combustible en traslado.</p>	<p>Consumo de combustible: 21 km/h: 100% 17 km/h: 79% 14 km/h: 65%</p> <p>Eficiencia de combustible 21 km/h: 100% 17 km/h: 116% 14 km/h: 124%</p> <p style="text-align: center;">Operación de carguío y traslado Cucharón lleno Distancia de traslado de 95 m.</p>
----------	---	--	---


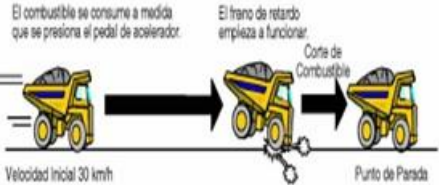

Alivio de presión hidráulica: significa que la válvula de alivio del circuito del tanque está abierta, La presión hidráulica no aumentara mientras la válvula esté abierta,

Calado de convertidor de torque: se refiere a la condición del convertidor de torque cuando la maquina es detenida a alguna fuerza externa mientras el motor esta aun funcionando


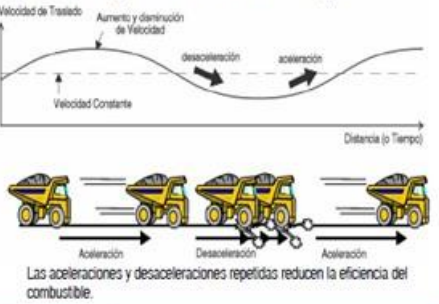
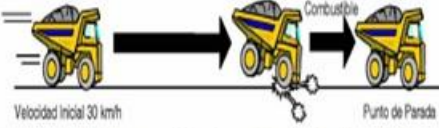
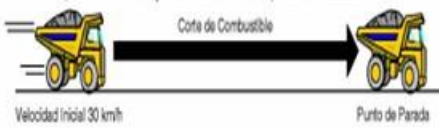
FUENTE: Elaboración propia; Komatsu Ltd., citado por García (2016).

Por ultimo en la Tabla 43 se puede apreciar que, con la recomendación número 1 se obtuvo una reducción de 2400 litros de combustible al año por cada volquete de 90 toneladas de carga, en nuestro caso contamos con volquetes de 20 ton con lo cual la reducción se extrapolo a 533,33 litros por equipo. Las reducciones corresponden a las buenas prácticas de detener el motor tanto como sea posible y no dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausa, Sin embargo se podría reducir más cantidad de combustible si los volquetes se trasladan por el impulso adquirido, se maneja a velocidad constante, no se acelera y desacelera constantemente, si los traslados son a bajas velocidades, se lleva a cabo el volteo a baja velocidad del motor y el motor se usa en modo económico.



Tabla 43: Recomendaciones de operación de volquete

Ítem	BUENA PRACTICA – VOLQUETE	PRUEBA
1	 <p>En Mínimo Detener el motor tanto como sea posible No dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausa</p> <p>Nota: A pesar de que es necesario mantener el motor en mínimo por 5 minutos después del encendido y antes del apagado, mantener el motor en mínimo innecesariamente consume combustible sin motivo.</p>	<p>Camión volquete de 90 ton En mínimo: 8 L/h</p> <p>Ahorro de combustible anual 2400 L/año</p> <p>Reducir en 1 hora la operación en mínimo del motor, por día y 25 días al mes.</p>
2	<p>(1) Traslado normal Fig.1</p>  <p>El combustible se consume a medida que se presiona el pedal de acelerador. El freno de retardo empieza a funcionar. Corte de Combustible</p> <p>Velocidad Inicial 30 km/h Punto de Parada</p> <p>El combustible es consumido hasta que el camión de volteo se detiene.</p> <p>(2) Sin propulsión Fig.2</p>  <p>Inicio Sin Propulsión No se inyecta combustible en esta porción del recorrido. Corte de Combustible</p> <p>Velocidad Inicial 30 km/h Punto de Parada</p> <p>Manejo Traslado por el impulso adquirido</p> <p>Nota: No se consume combustible al liberar el pedal del acelerador y aplicar el freno del motor durante el traslado.</p>	<p>Camión volquete de 90 ton con carga Condición del camino de carguío: 100 m de recorrido inicial y 120 m de recorrido sin propulsión,</p> <p>Traslado Normal: Índice de consumo de combustible L/h, 100% Traslado sin propulsión: Índice de consumo de combustible L/h, 62%</p> <p>Si el volquete está en una pendiente, se pide que el operador elija una velocidad de trabajo segura, teniendo en cuenta la velocidad de traslado inicial y la pendiente de la cuesta.</p>

...continuación

<p>3</p>	<p>(1) Traslado a velocidad constante Fig. 1</p>  <p>El trasladarse a velocidad constante para minimizar variaciones de la velocidad de traslado disminuye el consumo de combustible.</p> <p>(2) Aceleración y desaceleración frecuente Fig. 2</p>  <p>Las aceleraciones y desaceleraciones repetidas reducen la eficiencia del combustible.</p>	<p style="text-align: center;">Manejo</p> <p style="text-align: center;">Manejar a velocidad constante No acelerar y desacelerar constantemente</p>	<p style="text-align: center;">Camión volquete de 90 ton con carga</p> <p style="text-align: center;">Frecuente aceleración y desaceleración, índice de consumo de combustible L/h, 100%</p> <p style="text-align: center;">Velocidad constante, índice de consumo de combustible L/h, 87%</p> <p style="text-align: center;">Aumentar y disminuir la velocidad alternadamente dos veces entre 20km/h y 30km/h en una distancia de 300 m</p>
<p>4</p>	<p>(1) Traslado normal Fig. 1</p>  <p>El combustible se consume a medida que se presiona el pedal de acelerador. El freno de retardo empieza a funcionar. Corte de Combustible.</p> <p>Velocidad Inicial 30 km/h Punto de Parada</p> <p>El combustible es consumido hasta que el camión de volteo se detiene.</p> <p>(2) Sin propulsión Fig. 2</p>  <p>Inicio Sin Propulsión No se inyecta combustible en esta porción del recorrido. Corte de Combustible.</p> <p>Velocidad Inicial 30 km/h Punto de Parada</p>	<p style="text-align: center;">Traslado</p> <p style="text-align: center;">Traslado a bajas velocidades</p> <p>Nota: Mayores velocidades significan mayores revoluciones del motor, gastando más combustible, Contrariamente, disminuyendo la velocidad del motor mejora la eficiencia del combustible en traslado, Toma mayor tiempo cuando un camión de volteo está trasladándose a baja velocidad, pero el tiempo ahorrado podría ser fácilmente perdido si hay espera en su destino para carguío o descarga.</p>	<p style="text-align: center;">Camión volquete de 90 ton con carga</p> <p style="text-align: center;">40 km/h, Índice de consumo de combustible, L/h, 100%</p> <p style="text-align: center;">30 km/h, Índice de consumo de combustible, L/h, 84%</p> <p style="text-align: center;">Recorrido de 100 m a una velocidad de 30 km/h y 40 km/h, respectivamente,</p>

...continuación

<p>5</p>		<p style="text-align: center;">Traslado</p> <p>El apagar el interruptor de freno de escape durante el traslado sin propulsión sobre terreno plano incrementa la seguridad (Si está equipado).</p> <p>Nota: El freno de escape funciona al aplicar resistencia a la salida de los gases de escape del motor, Este es activado cuando el convertidor de torque está en la condición de bloqueo, Bloqueo significa que la salida del motor es directamente transmitida a la transmisión, sin accionar el convertidor de torque, La opción puede encenderse y apagarse con un interruptor dentro de la cabina.</p>	<p style="text-align: center;">Tabla de operación de freno de escape</p> <table border="1" data-bbox="1442 434 1973 759"> <thead> <tr> <th>Interruptor de freno de escape</th> <th>Condición de interruptor</th> <th>Lámpara de interruptor</th> <th>Condición para activación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ON</td> <td>Presionado</td> <td>Encendido</td> <td>Activado cuando el pie es liberado del pedal de acelerador</td> </tr> <tr> <td>OFF</td> <td>Liberado</td> <td>Apagado</td> <td>Activado junto con el freno de servicio o freno de retardo</td> </tr> </tbody> </table>	Interruptor de freno de escape	Condición de interruptor	Lámpara de interruptor	Condición para activación	ON	Presionado	Encendido	Activado cuando el pie es liberado del pedal de acelerador	OFF	Liberado	Apagado	Activado junto con el freno de servicio o freno de retardo
Interruptor de freno de escape	Condición de interruptor	Lámpara de interruptor	Condición para activación												
ON	Presionado	Encendido	Activado cuando el pie es liberado del pedal de acelerador												
OFF	Liberado	Apagado	Activado junto con el freno de servicio o freno de retardo												
<p>6</p>		<p style="text-align: center;">Volteo</p> <p>Asegúrese de llevar a cabo el volteo a baja velocidad del motor.</p> <p>Nota: Durante el volteo, la velocidad de levante de la tolva cambia en proporción a las revoluciones del motor, Por lo tanto mientras más rápido la tolva es elevada, mayor combustible consume el motor, En la operación de volteo, al 80% de máx., Revoluciones del motor, se puede ahorrar hasta 45% de combustible, comparado volteo a máximas revoluciones.</p>	<p style="text-align: center;">Camión volquete de 90 ton</p> <p style="text-align: center;">Motor a máximas revoluciones, índice de consumo de combustible L/h, 100% Motor al 80% de máx. revoluciones, índice de consumo de combustible L/h, 55%</p>												

FUENTE: Elaboración propia; Komatsu Ltd., citado por García (2016).

Tabla 44: Reducción de la Huella de Carbono por la implementación de buenas practicas

Equipos pesados	Cantidad de Equipos	Combustible Ahorrado - Diésel B5 (litros)	Valor Calórico Neto (TJ/Gg)	Factor de Emisión CO ₂ (kg/TJ)	Factor de Emisión CH ₄ (kg/TJ)	Factor de Emisión N ₂ O (kg/TJ)	tCO ₂ eq
Excavadora	8,00	1 830	40,88	70395,00	2,85	0,57	4,60
Cargador Frontal	4,00	22676,47	40,88	70395,00	2,85	0,57	56,96
Volquete	52,00	27733,33	40,88	70395,00	2,85	0,57	69,66
TOTAL							131,22

FUENTE: Elaboración propia

Tomando en cuenta la cantidad de combustible reducido respecto a las recomendaciones 1 y 2 en el caso de las Tablas 41 y 42 y la cantidad de combustible reducido respecto a la recomendación 1 en el caso de la Tabla 43. Al realizar los cálculos para ocho excavadoras se obtuvo una reducción de 1830 litros de combustible, así también para cuatro cargadores frontales se obtuvo una reducción de 22676,47 litros de combustible, por último para cincuenta y dos volquetes se obtuvo una reducción de 27733,33 litros de combustible. Con los cálculos realizados se redactó en el Cuadro 44 la reducción la HC correspondiente a la implementación de buenas prácticas en equipos pesados, obteniéndose un resultado de reducción de 131,22 tCO₂eq, equivalente al 0,50 por ciento de la HC total de la unidad minera. Es importante recalcar que se podría obtener un mejor resultado de reducción si se elaborara una data con las demás recomendaciones planteadas en este estudio.

– **Implementación de Indicadores Clave de Desempeño**

En este apartado se busca hacer sostenible a las buenas prácticas para reducción de combustibles propuestas líneas arriba. Por esto se propone usar Indicadores Clave de Desempeño o Key Performance Indicators (KPI), para medir el desarrollo de la mejora propuesta, que además será de utilidad cuando se haga la medición de la Huella de Carbono anual, con el objetivo de no encontrar resultados que no guarden relación con las mejoras propuestas. Para esto se debe contar con el soporte de todos los colaboradores de la unidad minera, así también

la asignación de nuevas tareas y roles. Se propusieron como KPI lo que se señala a continuación:

- **(Nº de capacitaciones realizadas) / (Nº de capacitaciones programadas)**
La idea es que con este indicador se lleve el control de las capacitaciones que se impartirán a los colaboradores involucrados en el manejo de los equipos mencionados en la propuesta de las buenas prácticas. Estas capacitaciones serán básicamente de las acciones que deben tomar para mejorar el consumo del combustible diésel, tal cual se menciona en las Tablas 35, 36 y 37.

- **(Nº de inspecciones realizadas) / (Nº de inspecciones planificadas)**
Este KPI busca verificar en campo los resultados que se tienen en gabinete. La idea es verificar también el cumplimiento de las buenas prácticas tal cual se indicó en las capacitaciones correspondientes.

- **(Nº buenas practicas realizadas) / (Nº de buenas prácticas programadas)**
Este KPI tiene como objetivo enumerar todas las buenas prácticas propuestas por equipo y llevar a cabo un control de cumplimiento por cada uno de estos. Es decir llevar un *check list* de las buenas prácticas llevadas a cabo.

- **(Consumo de combustible real) / (Consumo de combustible proyectado)**
Este KPI se usa con el objetivo de medir la reducción del combustible en un periodo de tiempo determinado. De tal manera que se pueda tener claro siempre cuanto fue la reducción en el periodo de tiempo que se requiera.

- **(Ahorro real) / (Ahorro planificado)**
Este KPI es útil para medir la cantidad de combustible que se desea ahorrar. Es un indicador muy parecido al anterior con la diferencia de que en este caso se plantea una meta en un tiempo definido. Cabe resaltar, que la idea de los KPI es el seguimiento y la mejora continua en función a la reducción de la HC de la unidad minera. Podrían incluso considerarse en los reportes semanales que la unidad minera ya realiza respecto a los KPI propuestos hasta la fecha.

4.5.9. Ecoeficiencia en energía eléctrica

Tabla 45: Reducción de la Huella de Carbono por eficiencia energética

Área	Actividad	Iluminación (KWh)	Equipos de Oficina (KWh)	Ahorro de Equipos de oficina (KWh)	Cantidad de Luminarias	Ahorro de luminaria (KWh)	Ahorro total (MWh)	Factor de Emisión (tCO ₂ eq/MWh)	Ahorro (tCO ₂ eq)
Panta MC	Iluminación y tomacorrientes	81806,93	40292,96	1341,76	259	61355,19	62,70	0,5475	34,33
Almacén	Edificio Almacén	13640,46	6718,43	223,72	43	10230,34	10,45	0,5475	5,72
Laboratorio Químico	Equipos menores, iluminación y tomacorrientes	57550,91	28345,97	943,92	182	43163,18	44,11	0,5475	24,12
Centro Medico	Iluminación y tomacorrientes	13686,90	6741,31	224,49	43	10265,18	10,49	0,5475	5,74
Campamento	Módulo de Viviendas y Oficina	364101,50	179333,58	5971,81	1155	273076,13	279,05	0,5475	152,79
Cocina	Iluminación y tomacorrientes	11357,30	5593,89	186,28	36	8517,97	8,70	0,5475	4,77
Taller de Mtto	Iluminación, oficinas, sistema 460 y 230V	85658,00	42189,76	1404,92	272	64243,50	65,65	0,5475	35,94
TOTAL		627801,99	309215,91	10296,89	1991	470851,49	481,15	--	263,44

FUENTE: Elaboración propia

Para esta mejora se tomó en cuenta el consumo total de las principales luminarias y los equipos de computadora de la unidad minera, cabe resaltar que para la mejora de la luminaria se tomó en cuenta la propuesta de Cuba y Sotil (2015), en la cual plantean reemplazar los tubos fluorescentes (36 W en nuestro caso), por tubos LED. Además se consideraron buenas prácticas que se ampliaran en el Anexo 9 y se propuso un cuadro de control de mejoras propuestas, ambas adecuadas del MINAM (2009).

Con todo lo implementado, se logró una mejora de 263,44 tCO₂eq, la cual equivale al 0,997 por ciento de la HC total de la unidad minera (ver Tabla 45).

4.5.10. Análisis económico de la propuesta de mejora

Para este análisis económico se tomó en cuenta la evaluación en un horizonte de 10 años debido a que además de la producción proyectada, la unidad minera está en constante exploración lo cual le da una garantía de vigencia de 10 años más por lo menos, además se tomó en cuenta una tasa de descuento anual del 10% para la evaluación financiera, monto que es propuesto por Gaete y Luarte (2012), en sus propuestas de mejora, por otro lado se tomaron en cuenta los conceptos teóricos y prácticos propuestos por Semyraz (2006) y Sapag (2001), respecto a la evaluación de proyectos de inversión para analizar los resultados de los valores actuales netos (VAN) y las tasas internas de retorno (TIR) con el fin de evaluar la viabilidad de las propuestas de mejora en esta unidad minera en particular.

– Cambio a gas natural vehicular de volquetes

Para este análisis se utilizó el dato de consumo anual de combustible Diésel B5 con el fin de realizar los cálculos respectivos. Así el consumo de Diésel B5 para la flota de volquetes de la Unidad Minera fue de 1 757,751 kilolitros anuales, los cuales emitieron 4468,72 tCO₂eq. Con el cambio de combustible a GNV, se estima que la cantidad se reduciría a la cantidad de 1142,538 kilolitros anuales (un menor consumo de 615,213 kilolitros de combustible, equivalente al 35 por ciento), con esto se logró una reducción de emisiones de 958,19 tCO₂eq. En seguida, para hacer

la evaluación de la factibilidad de la propuesta de mejora en esta unidad minera se tomó en cuenta una inversión de 5520000 US\$, que incluye la compra de 52 volquetes de GNV (85000 US\$ c/u), costo de instalación de un grifo de GNV en la misma unidad minera (2200000 US\$, precio que se dividió entre dos debido a que se propuso que este mismo grifo abastecería a los grupos electrógenos de la segunda propuesta), el costo de instalación consiste en 4 carretas de gas natural (1000000 US\$), 3 tractos (300000 US\$), 2 boosteres (300000 US\$), 2 dispensadores y gastos de almacenamiento (100000 US\$), instalaciones electromecánicas (200000 US\$), obras civiles (200000 US\$) y otros gastos (100000 US\$), por otro lado se consideró un costo anual de 6000000 US\$ debido al almacenaje extra considerado por cualquier factor que pueda afectar el transporte continuo de las cisternas (se consideraron 4 días de almacenaje extra al mes lo que da como resultado a 48 días de almacenaje extra, cada uno de 250000 US\$, este costo se dividirá entre dos debido a que la instalación se utilizara para la mejora de los grupos electrógenos también). Finalmente el beneficio anual se midió con la comparación de los precios del combustible Diésel B5 y el GNV; el precio del Diésel B5 fue de 3,71 US\$/gal (2017), y el del GNV se proyecta a 0,6024 US\$/gal, con lo cual se lograría un ingreso anual solo por cambio de combustible de 1722046,44 US\$/año el cual se vio afectado por el costo de almacenaje extra de 6 000 000 US\$, lo cual deja un flujo anual en pérdida con -4277953,56 US\$. De esta manera, el Valor Actual Neto para esta propuesta de mejora fue de – 31806172,73 US\$ para un periodo de 10 años con una tasa de descuento anual del 10 por ciento.

Se concluye que esta mejora es totalmente inviable para este proyecto debido a que los costos y la posibilidad de contingencias se eleva debido a la distancia de la ciudad principal, cabe resaltar que esta mejora se puede plantear para unidades mineras que tengan fácil accesibilidad, con esto se podrían omitir los costos de almacenaje extra y tendría un balance positivo en contraste al que obtuvimos con nuestro caso de estudio. Financieramente, a esta propuesta de mejora le faltarían 31806172, 73 US\$ para que esta compense el 10 por ciento propuesto como exigencia de la unidad minera para todas las propuestas de mejora.

– **Cambio de grupos electrógenos**

En esta propuesta de mejora se tiene como datos el consumo de combustible actual de los grupos electrógenos instalados en la unidad minera, el cual fue de 23376,09 gal/año los cuales emitieron una cantidad de 222,27 tCO₂eq. Con la propuesta mejora el consumo de combustibles fue de 5360 gal/año -basándonos en 6,98 gal/día propuesto por Narváez citado por García (2016) y tomando en cuenta jornadas completas de 24 horas para los grupos electrógenos y 32 días de trabajo en todo el año como promedio- con lo cual se emitió 75,05 tCO₂eq (es decir una reducción de 147,22 tCO₂eq). Por otro lado, para evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora se tomó en cuenta una inversión de 3500000 US\$, que incluye el costo de dos grupos electrógenos (2000000 US\$; 1000000 US\$ c/u), el costo de instalación de los dos grupos electrógenos (200000 US\$; 100000 US\$ c/u) y por último el costo de instalación del grifo de abastecimiento de GNV que se detalló anteriormente (1100000 US\$). En este caso también se consideró las contingencias producidas por los días de almacenaje extra (6000000 US\$). Finalmente el beneficio anual se midió con la comparación del precio de los combustibles Diésel B5 y GNV, cuyos costos son de 3,71 \$/gal y 0,6024 US\$ respectivamente, con lo cual se logró un beneficio anual de 86713,07 US\$ el cual se ve reducido considerablemente por el costo de almacenaje extra de 6000000 US\$, lo cual nos deja un balance anual negativo de – 5913286 US\$. Así pues, el VAN para esta propuesta de mejora, luego de todos los costos asignados, usando un 10 por ciento como tasa de descuento anual y 10 años como horizonte, fue de – 39834588,36 US\$. En conclusión esta propuesta de mejora es totalmente inviable debido a que los costos y las contingencias se elevan por la ubicación de la unidad minera, sin embargo esta propuesta es una buena opción para unidades mineras que están ubicadas en lugares más accesibles. Por otro lado, el análisis financiero nos indica que a esta propuesta de mejora le faltan 39834588,36 US\$ para cumplir con lo exigido por la empresa como tasa de descuento anual (10 por ciento).

Optimización de consumo de combustible

Esta propuesta de mejora consiste en optimizar el consumo de combustible en la planta de secado de concentrados de la planta de procesos. Según PRIEN, citado

por Gaete y Luarte (2012), con esta mejora se puede ahorrar un 24 por ciento de combustible. Con todo lo mencionado, el ahorro de combustible logrado para esta mejora fue de 24781,30 l de Diésel B5, lo cual equivale a una reducción de 62,25 tCO₂eq. Por otro lado, para evaluar la viabilidad se tomó en cuenta el costo de inversión de 50000 US\$, citado por Gaete y Luarte (2012), además se tomó como beneficio el costo del combustible ahorrado (3,71 US\$/gal), logrando así un beneficio anual de 24287,60 US\$. De esta manera, se calculó el VAN con una tasa de descuento anual del 10 por ciento y un horizonte de 10 años, lo cual nos dio como resultado el valor de 99236,96 US\$ y una tasa interna de retorno (TIR) de 47,58 por ciento.

Se concluye que esta propuesta de mejora es viable. Financieramente, el VAN nos indica que en un periodo de 10 años se generaría 99236,96 US\$ como remanente a una tasa de descuento anual del 10 por ciento, así también el TIR nos indica el máximo rendimiento alcanzable por la propuesta de mejora, además es un dato importante para la unidad minera con la cual podría saber la tasa de interés máxima para financiar este proyecto en particular, así pues la TIR fue de 47,58 por ciento, la cual fue mayor que la tasa de descuento anual, por teoría en este caso reivindicaría que esta propuesta es viable.

– **Reutilización de aceites en voladura**

Para esta propuesta de mejora se planteó reutilizar los aceites residuales para reemplazar el combustible usado en la voladura, con esto se logró ahorrar 313 gal de combustible Diésel B5, lo cual es equivalente a 0,79 tCO₂eq. Así pues, para evaluar la viabilidad de esta propuesta de mejora se tomó en cuenta el costo de inversión propuesto por Gaete y Luarte (2012), el cual fue de 100 000US\$ para implementar una planta de tratamiento de aceites lubricantes residuales, así también se tomó como beneficio la reducción del consumo de combustibles Diésel B5 y se cuantifico la cantidad total en función al precio del combustible en la unidad minera (3,71 US\$/gal), con lo cual se obtuvo un beneficio total de 194612 US\$ anuales. Por último se calculó el VAN en un periodo de 10 años y con una tasa interna de retorno del 10 por ciento, lo cual dio como resultado la suma de 1095806,62 US\$ y además se obtuvo un TIR de 194,61 por ciento.

Se concluye que esta propuesta de mejora es totalmente viable. Financieramente, el VAN nos indica que en un periodo de 10 años a la tasa interna de retorno propuesta se obtendría un remanente de 1095806,62 US\$ y la TIR nos reivindica la viabilidad de la propuesta debido a que es mayor que la tasa interna de retorno propuesta.

– **Producción de biogás a partir de residuos solidos**

Para esta propuesta de mejora se plantea generar biogás para reemplazar el GLP utilizado en la cocina y con esta acción reducir el combustible usado que usualmente se consumía para trasladar los residuos orgánicos de las oficinas al relleno sanitario. Así pues, el ahorro del combustible GLP y del Diésel B5 fue de 70794,74 l/año y 43,80 gal/año respectivamente, con lo cual se logró una reducción de 118,84 tCO₂eq. Así también, para evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora se tomaron en cuenta el costo de inversión para la construcción del biodigestor y otros gastos, los cuales dieron un total de 100000 US\$, además se tomó en cuenta el beneficio en función al precio del GLP en la unidad minera, el cual fue de 8,899 US\$/gal, con lo cual se obtuvo un beneficio anual de 166434 US\$, sumado a lo generado por el ahorro de Diésel B5 (162,50 US\$), dio como resultado la suma de 166596,80 US\$. De esta manera se calculó el VAN con un horizonte de 10 años y una tasa de descuento anual de 10 por ciento, el cual dio como resultado la suma de 923665,42 US\$ y una TIR de 166,59 por ciento.

Se concluye que esta propuesta de mejora es totalmente viable. Financieramente el VAN nos indica que a 10 años se tendrá un remanente de 923665,42 US\$ luego de cubrir la inversión inicial, así también la TIR nos indica que la propuesta es altamente rentable, debido a que notablemente superior a la tasa de descuento anual de 10 por ciento propuesta para este caso.

– **Aplicación de compuestos orgánicos “DustTreat DC9112”**

Para esta propuesta de mejora se tomaron en cuenta varios datos importantes para la evaluación de la viabilidad; por ejemplo la distancia total de todos los accesos mineros (accesos que usualmente son regados para reducir la generación de

polvo), el cual fue de 16 kilómetros, además se consideró que el riego se realiza una vez por día (se tomó este dato a pesar de que en época seca se riega más de una vez por día), con lo cual se regó un total de 365 veces al año, además se consideró que el 95 por ciento de los accesos tienen un ancho de 6,31 m y el 5 por ciento de los accesos tienen un ancho de 18,93m (ancho del Haul Road), así también para calcular la inversión se tomó en cuenta la cantidad de compuesto que sería regado en función a las veces que sería regado anualmente, esta cantidad fue de 368 veces -1 al día y 3 veces como mantenimiento según Gaete y Luarte (2012)-. Los costos del compuesto orgánico fueron 0,232 US\$/m² para la aplicación diaria y 0,179 US\$/m² para el mantenimiento, con todo esto la inversión ascendió a la cantidad de 9463859,15 US\$. De esta manera, el VAN evaluado a un horizonte de 10 años y con una tasa de descuento anual propuesta de 10 por ciento, fue de 1085252,10 US\$ y la TIR de 12,61 por ciento.

Se concluye que la propuesta de mejora es viable. Financieramente, el VAN nos muestra que luego de 10 años a una tasa exigida del 10 por ciento anual y luego de recuperar la inversión, se obtiene un remanente de 1085252,10 US\$ y la TIR nos indica que la propuesta es rentable y que al ser mayor que la tasa de descuento anual propuesta reivindica la viabilidad de la propuesta.

– **Cultivos o plantaciones**

Para este caso en particular se optó por compensar con plantaciones o cultivos las emisiones de GEI generadas, así pues se dispusieron de 9,7 ha para plantar, con el fin de disminuir la cantidad de 514,10 tCO₂eq. Para evaluar la viabilidad de esta propuesta de mejora se consideró una inversión de 13371 US\$ según el plan de revegetación que se planteó en la unidad minera, por otro lado para determinar el beneficio, se tomó en cuenta lo citado por Gaete y Luarte, (2012), respecto a la compra de certificados de reducción de las emisiones, en el cual indica que los estándares mejores pagados al año 2008 corresponden a Carbon Fix con 18,4 US\$/tCO₂eq, con esto se pudo calcular el beneficio anual que ascendió al monto de 9459,44 tCO₂eq. Con todo esto, el VAN calculado a 10 años de horizonte y con el 10 por ciento de tasa de descuento anual fue de 44753,16 US\$ con un TIR de 70,40 por ciento.

Se concluye que la propuesta de mejora es totalmente viable. Financieramente, el VAN nos indica que luego de cubrir los montos de inversión y con una exigencia anual del 10 por ciento la propuesta genera un remanente de 44753,16 US\$, así también la TIR nos reivindica la viabilidad del proyecto y nos indica que la propuesta es altamente rentable.

– **Implementación de buenas prácticas para equipos pesados**

En esta propuesta de mejora se tuvo una reducción de 52240 litros de Diésel B5 equivalente a 131,22 tCO₂eq. Así pues para evaluar la viabilidad se tomó en cuenta una inversión inicial de 30000 US\$ (3 000 US\$ anuales, por la contratación de un practicante que se encargue del seguimiento de la sostenibilidad de la propuesta de mejora), así también se evaluó el beneficio en función al ahorro de combustible que se realizara por las buenas prácticas y el precio del combustible (3,71 US\$/gal), así también se propuso que la propuesta de mejora tenga una efectividad de 10 por ciento anual de manera creciente, así pues el beneficio anual fue de 5119,90 US\$ el primer año, 10239,80 US\$ el segundo año, y así hasta el décimo año con 51199,12 US\$. Con todo esto el VAN a un periodo de 10 años y una tasa de descuento anual del 10% fue de 118661,31 US\$ y la TIR fue de 48,14 por ciento.

Se concluye que la propuesta es totalmente viable. Financieramente, el VAN nos indica que a 10 años de horizonte y con una exigencia de 10 por ciento anual y luego de recuperar la inversión inicial, la propuesta de mejora genera un remanente de 10239,80 US\$ y la TIR nos indica que es una propuesta rentable reivindicando su viabilidad.

– **Ecoeficiencia en energía eléctrica**

Esta mejora generó un ahorro de 481,15 MWh gracias a las buenas prácticas y cambios de luminarias en todas las áreas pertinentes de la unidad minera lo cual generó una reducción de las emisiones de GEI de 263,44 tCO₂eq. Para evaluar la viabilidad de esta propuesta de mejora se tomó en cuenta la inversión inicial de 273382,95 US\$ (19991 luminarias a 13,68 US\$ c/u), así también se tomó en cuenta los beneficios generados por el ahorro de energía al cambiar los

fluorescentes de 36W por fluorescentes LED de 9W para 1991 luminarias en función de los costos de energía eléctrica y la potencia en la unidad minera (0,07 US\$/KWh y 5,42 US\$/KW-mes), planteados por el mismo departamento eléctrico y por OSINERG, citado por el MINAM (2009), respectivamente, de esta manera el beneficio anual planteado fue de 68797,10 US\$. De esta manera el VAN calculado a 10 años de horizonte con el 10 por ciento de tasa de descuento anual como exigencia, dio como resultado la suma de 149345,50 US\$ y una TIR de 21,61 por ciento.

Se concluye que la propuesta de mejora es totalmente viable. Financieramente el VAN nos indica que a 10 años de horizonte, con la exigencia del 10 por ciento anual y luego de recuperar la inversión inicial se logra un remanente de 149345,50 US\$, así también la TIR nos reivindica la viabilidad al mostrarnos que el proyecto es rentable al superar la tasa de descuento anual propuesta.

4.5.11. Resumen y comentario final

Finalmente las propuestas de mejora que fueron tomadas para nuestro caso de estudio se conformaron desde la tercera hasta la novena, debido a la viabilidad comprobada en el apartado anterior, por otro lado la cantidad de emisiones que se propone reducir a partir de estas propuestas de mejora fueron de 1138,36 tCO₂eq lo cual equivale a un 4,31 por ciento del total generado en la HC total de la unidad minera (26411,93 tCO₂eq), cabe resaltar que todas las propuestas de mejora pueden ser aplicadas en cualquier unidad minera, siempre y cuando se evalúe la viabilidad, por ejemplo; las dos primeras propuestas serian buenas candidatas para unidades mineras con mayor accesibilidad (ver Tabla 46).

Tabla 46: Resumen final de viabilidad y reducción de la Huella de Carbono de la Unidad Minera

Ítem	Descripción	Viable	Emisiones reducidas en tCO ₂ eq	% de reducción
Propuesta 1	Cambio a GNV de volquetes	NO	958,19	3,628%
Propuesta 2	Cambio de Grupos Electrógenos	NO	147,22	0,557%
Propuesta 3	Optimización de consumo de combustible	SI	62,25	0,236%
Propuesta 4	Reutilización de Aceites en voladura	SI	0,79	0,003%
Propuesta 5	Producción de BIOGAS a partir de RRSS	SI	118,84	0,450%
Propuesta 6	Aplicación de compuestos orgánicos "DustTreat DC9112"	SI	47,72	0,181%
Propuesta 7	Cultivos o plantaciones	SI	514,10	1,946%
Propuesta 8	Buenas practicas	SI	131,22	0,497%
Propuesta 9	Ecoeficiencia en Energía Eléctrica	SI	263,44	0,997%
TOTAL			2243,77	8,495%

FUENTE: Elaboración propia

Por último, todas las propuestas de mejora, además de generar la disminución de la HC y generar beneficios económicos, tienen implícito una cantidad de externalidades positivas y ventajas que se verán reflejadas en el proyecto.

En la Tabla 47 se puede ver detalladamente dichas externalidades en función a cada propuesta de mejora planteada.

Tabla 47: Externalidades positivas a partir de la reducción de la Huella de Carbono

Propuesta	Resultados positivos y ventajas
Reutilización de aceites en la voladura	Mejoras en seguridad vial y seguridad para las comunidades aledañas al reducir el transporte de residuos peligrosos (lubricantes) por las carreteras del territorio nacional.
Producción de BIOGAS a partir de RRSS	Reducción de emisiones locales como producto de la generación del biogás. Innovación de un proyecto ambientalmente amigable. Mejoramiento de imagen como unidad minera debido a la generación de oportunidades de negocio sustentable. Posibilidad de optar a ser un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio. Generación y donación de lodos residuales como fertilizantes de áreas verdes a las comunidades aledañas como mejoramiento de las relaciones entre comunidad-Unidad Minera.
Aplicación de compuestos orgánicos "DustTreat DC9112"	Posibilidad de postular a premios como Ecoamigation Leadership Award de la empresa Water & Process Technologies de General Electric Company, por la reducción del uso del agua.
Cultivos o plantaciones	Barrera verde para reducir la generación de polvo por las labores mineras.
Buenas prácticas	Posibilidad de optar a un premio de sostenibilidad a nivel nacional.
Ecoeficiencia en energía eléctrica	Aumento de la conciencia ambiental de los trabajadores al verse involucrados en las prácticas de mejora. Posibilidad de optar a un premio de sostenibilidad a nivel nacional.

FUENTE: Elaboración propia

4.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Para el tratamiento estadístico se procedió a desarrollar una prueba no paramétrica de independencia con ayuda de la aplicación Chi-Cuadrado para definir si las actividades de las áreas involucradas influyen en la HC de algún Alcance, Por otro lado se evaluó con un gráfico de cajas y bigotes la distribución de todos los resultados obtenidos por área

entre los tres Alcances.

4.6.1. Prueba no Paramétrica de Independencia Con Chi-Cuadrado

Para esta prueba se tomaron en cuenta todas las áreas involucradas y sus actividades (ver Tabla 19) para evaluar si guardan o no relación con el cálculo total de la HC en cualquiera de sus tres Alcances (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3), para poder así realizar el conteo de esta frecuencia, de esta manera se obtuvo la Tabla 48.

Tabla 48: Frecuencias de influencia de cada área en el cálculo de la Huella de Carbono

Áreas Involucradas	SI	NO	TOTAL
Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad, ONG, RRCC y Contabilidad)	21	30	51
Almacén	13	24	37
Centro Medico	7	28	35
Geología	5	31	36
Ingeniería (Geotecnia, Topografía y Oficina Técnica)	5	29	34
Medio Ambiente	17	20	37
Mina (Pervol y Operaciones)	55	23	78
Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Departamento Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)	20	13	33
Cocina	8	23	31
Empresa Contratistas	5	30	35
TOTAL	156	251	407

FUENTE: Elaboración propia.

A continuación se define la hipótesis de estudio y la hipótesis nula (H_p y H_o), de las cuales la primera es la que va a definir nuestro caso de estudio, es decir si realmente guardan o no relación las actividades desarrolladas en las áreas con el cálculo de la HC total, entonces:

- Hp: Las actividades de las áreas involucradas guardan relación con el cálculo de la Huella de Carbono total en cualquiera de los tres Alcances (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3).
- Ho: Las actividades de las áreas involucradas no guardan relación con el cálculo de la Huella de Carbono total en cualquiera de los tres Alcances (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3).

Seguidamente se define el valor de probabilidad con el cual se llevara a cabo la distribución Chi- Cuadrado, en este caso será de:

$$\alpha = 0,01$$

Tabla 49: Valores esperados calculados del cuadro 48 de frecuencias de influencia de cada área

Áreas Involucradas	SI	NO	TOTAL
Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad, ONG, RRCC y Contabilidad)	19,55	31,45	51
Almacén	14,18	22,82	37
Centro Medico	13,42	21,58	35
Geología	13,80	22,20	36
Ingeniería (Geotecnia, Topografía y Oficina Técnica)	13,03	20,97	34
Medio Ambiente	14,18	22,82	37
Mina (Pervol y Operaciones)	29,90	48,10	78
Planta (PAD, Laboratorio Metalúrgico, Departamento Eléctrico, Laboratorio Químico y Planta de Procesos)	12,65	20,35	33
Cocina	11,88	19,12	31
Empresa Contratistas	13,42	21,58	35
TOTAL	156	251	407

FUENTE: Elaboración propia

Complementariamente, se hallan los valores esperados, que son, el valor del producto de los totales por columna y fila, divididos entre el total de todos los valores que se señalan en la Tabla 48 (ver Tabla 49).

A continuación se hallan los grados de libertad, que son el producto de la cantidad de

frecuencias menos uno por la cantidad de áreas involucradas menos uno, tal y como se indica a continuación:

$$gl = (m-1)*(k-1) = (2-1)*(10-1) = 9$$

$$gl = 9$$

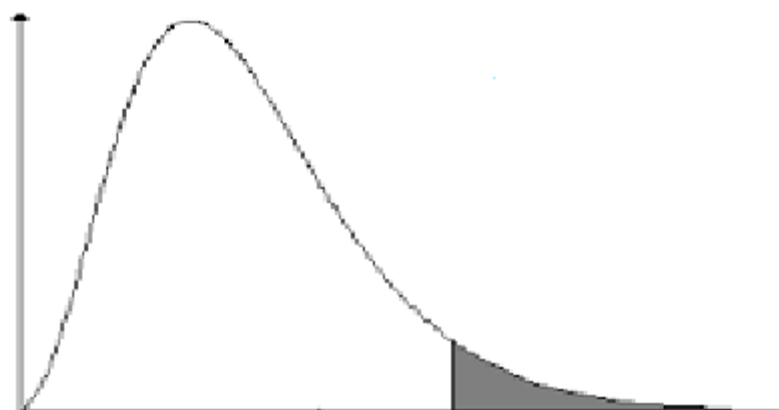
Inmediatamente después de hallar los “gl” se procede a calcular el Chi-Cuadrado (X^2c) para determinar si se rechaza o se acepta la H_p , así pues la fórmula para hallar el X^2c es la siguiente:

$$X^2c = \sum \sum (\theta_{ij} - e_{ij})^2 / e_{ij}; \delta > 1 \text{ y } n > 50 \text{ ó } \sum \sum (|\theta_{ij} - e_{ij}| - 0,5)^2 / e_{ij}; n < 50 \text{ ó } \delta = 1,$$

En esta ocasión estamos frente al primer caso, debido a que el tamaño de la muestra “n” es mayor que 50. Entonces calculando los valores tenemos el siguiente resultado.

$$X^2c = 75,06$$

Por último se evalúa el Chi-Cuadrado según los gl y la probabilidad (α), con ayuda de la tabla estadística del curso de Métodos Estadísticos para la Investigación I de la Universidad Nacional Agraria la Molina, así pues tenemos la siguiente distribución.



$$X^2(0,99; 9) = 21,666$$

Por último se concluye que; a un grado de confianza, $\alpha = 0,01$, existe evidencia estadística para aceptar la H_p , por lo tanto “*Las actividades de las áreas involucradas guardan relación con el cálculo de la Huella de Carbono total en cualquiera de los tres Alcances (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3)*”.

4.6.2. Grafico de cajas y bigotes

Basándonos en los datos obtenidos en la Tabla 24, se elaboró el siguiente grafico de cajas y bigotes (ver Figura 23):

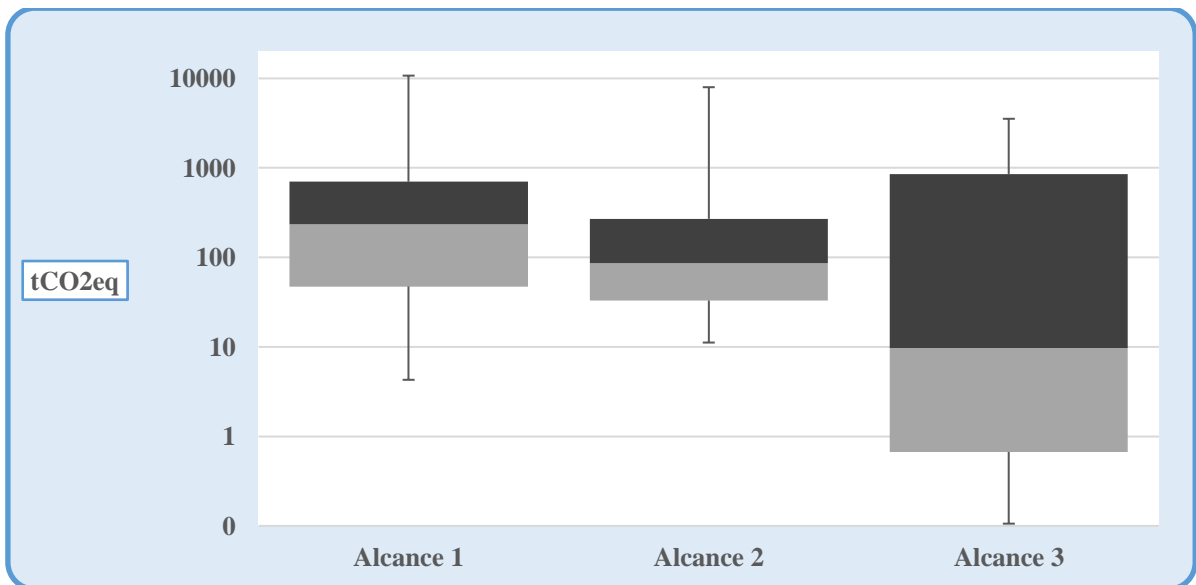


Figura 25: Gráfico de cajas y bigotes (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3)

FUENTE: Elaboración propia basándonos en los datos de la Tabla 33

En la figura anterior se puede observar que en el Alcance 1 el 50 por ciento de los resultados son iguales o mayores que 188,81 tCO₂eq, a diferencia del Alcance 2 en donde el 50 por ciento son iguales o mayores que 52,90 tCO₂eq y el Alcance 3 en donde el 50 por ciento son iguales o mayores que 9,01 tCO₂eq. Adicionalmente se puede observar que los resultados obtenidos en el Alcance 3 son más dispersos que los resultados obtenidos en el Alcance 1 e incluso más que los resultados obtenidos en el Alcance 2, así también se puede observar que el máximo del Alcance 1 es superior al Alcance 2 y este superior al Alcance 3, por esto a pesar de que el Alcance 3 tenga mayor diversidad de datos no representa en su totalidad mayores emisiones de GEI que el Alcance 2 y el Alcance 1.

V. CONCLUSIONES

- La HC generada en el año 2017 para la Unidad Minera de Oro a Tajo Abierto que procesa mineral por el método Merrill Crowe fue de 26411,93 tCO₂eq. Cabe resaltar que el área involucrada que contribuye más a las emisiones de GEI es el área de Operaciones Mina con 11214,83 tCO₂eq (42,46 por ciento), seguido de Planta con 10908,46 tCO₂eq (41,30 por ciento).
- El Alcance que contribuye más a las emisiones de GEI y por ende a la HC es el Alcance 1 con 11934,05 tCO₂eq (45 por ciento), seguido por el Alcance 2 con 8186,16 tCO₂eq (31 por ciento) y por último el Alcance 3 con 6291,73 tCO₂eq (24 por ciento).
- La propuesta de mejora se basó en optimizar el consumo de combustible en la fundición, reutilizar los aceites residuales para la voladura, producir biogás a partir de los residuos sólidos orgánicos de la unidad minera, aplicar compuestos orgánicos “DustTreat DC9112” como reemplazo del riego de vías para disminuir el polvo, realizar cultivos o plantaciones como compensación de las emisiones, implantar buenas prácticas para el manejo de equipos pesados e implementar ecoeficiencia en energía eléctrica en toda la unidad minera, que en total dio como resultado una reducción de 1138,36 tCO₂eq que equivale al 4,31% de la HC total de la Unidad Minera.

VI. RECOMENDACIONES

- El presente estudio es una iniciativa que sirve para la Unidad Minera estudiada, con miras a elaborar mejoras en sus procesos y actividades con el fin de reducir la HC calculada.
- Debido a que el Alcance 1 es el más representativo, se recomienda mayor control en el consumo de combustibles y lubricantes en la Unidad Minera.
- Se invita a las demás Unidades Mineras a realizar el cálculo de las emisiones de GEI respectivos para enriquecer la data de emisiones de GEI por Unidades Mineras y poder realizar comparaciones representativas que nos ayuden en estudios y mejoras futuras.
- Se recomienda usar el dato de consumo de geomembranas y elaborar su Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para determinar la cantidad de emisiones que representa, debido a que no fue tomado en cuenta por que no existen Factores de Emisión en la bibliografía respecto a este material.
- Se recomienda a la comunidad científica seguir realizando investigaciones sobre las medidas de reducción citadas en esta investigación para seguir aportando a la ciencia con nuevos estudios y ensayos en el rubro.
- Plantear programas de ahorro de energía eléctrica, monitoreadas y con objetivos claros para toda la Unidad Minera.

- Con los estudios consecutivos en esta y otras Unidades Mineras se podría implementar un software para realizar el cálculo y la determinación de emisiones en el rubro de una manera más práctica, así también se podría tener una base de datos más completa y responsable de todas las actividades de la Unidad Minera.
- Realizar estudios de captura de carbono en función a las especies nativas de la localidad con el fin de tener un dato más acertado de las cantidades de CO₂ capturado en función a cada especie.
- Plantear una política para la compra de bienes y servicios con bajo aporte de carbono. De esta manera se puede garantizar desde el inicio de la cadena de producción una reducción de la Huella de Carbono.
- Se recomienda calcular Factores de Emisión propios del País, e inclusive para cada rubro, de tal manera que se pueda estimar una Huella de Carbono más exacta. Esto se podría conseguir con el apoyo en investigación por parte del estado y la empresa privada.
- Se sugiere que los mantenimientos periódicos que se le dan a todos los equipos en la Unidad Minera tengan un enfoque de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- Se recomienda nombrar una brigada para el seguimiento y la sostenibilidad de las propuestas de mejora planteadas y su desarrollo efectivo.
- Se recomienda mantener toda la base de datos actualizada y más ordenada para futuros estudios, debido a que la búsqueda de información fue compleja al no haber un orden y encontrar información que en principio estuvo dispersa.
- Mantener un mejor registro de la gestión de residuos sólidos con el objetivo de ser más precisos en cálculos futuros.

- Se recomienda realizar un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para la Unidad Minera, usando las propuestas de mejora planteadas, con el fin de participar en el mercado de carbono y obtener ganancias económicas basadas en la protección ambiental.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrientos, E.E.; Molina, M.J. 2014. Medida de la Huella de Carbono en una Empresa de Fabricación de Briquetas. Trabajo de Titulación para optar el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 102 p.
- Bustos, J, F. 2011. Análisis de la HC en una Empresa Minera del Cobre en Chile. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Chile. 198 p.
- Burga, G.S.F.; Ordoñez, P.M. 2014. Medida de Huella de Carbono en un Parque Temático con Propuesta de Reducción y Mitigación de Gases de Efecto Invernadero. Trabajo de Titulación para Optar el Título de Ingeniero en Gestión Empresarial y Biólogo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 101 p.
- Butler, J.H.; Montzka, S.A. 2018. The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI). NOAA Earth System Research Laboratory. Global Monitoring Division. National Oceanic & Atmospheric Administration. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>
- Calle, C.C.; Guzmán, R. 2001. Cálculo de la HC del Ecolodge Uculmano Ubicado en el Sector de La Suiza, Distrito de Chontabamba, Provincia de Oxapampa, Región Pasco. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 52 p.

- Cárdenas, D.B. 2017. Cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Informe Profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Bibliotecología y Ciencias de la Información, Universidad Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 141 p.

- Cerna, L.M. 2016. Medida de la Huella de Carbono en la Perforación de un Pozo de Gas Natural en la Selva Peruana. Trabajo de Titulación para Optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 57 p.

- Chang, R.; College, W.; Ramírez, M.; Zugazagoltía, R.; Lanto, M, A.; Bascuñan, A.; Ponce, S.; Ramírez, J.; Reza, J, C.; Núñez, F.; Solís, E.; Pantoja, J, S.; Gayoso, E. 2002. Capítulo 10. Enlace químico II: geometría molecular e hibridación de orbitales atómicos. Química. 7 ed. México D.F. México. 992 p.

- Cilloniz, M.; Guardia, X. 2014. Comparación entre la HC Generada Durante el Ciclo de Vida de la Bosta y del GLP como Combustibles en Cocinas de Viviendas Rurales del Centro Poblado Puncuni, en Puno. Trabajo de Titulación para Optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 156 p.

- Comité de Operaciones del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC). 2017. Estadísticas Anuales. Producción termoeléctrica y consumo de combustibles del SEIN. Rendimiento promedio anual. Disponible en: <http://www.coes.org.pe/Portal/Publicaciones/Estadisticas/>

- Común, K.E.; Saavedra, A.M. 2017. Estimación de la Huella de Carbono de la Comunidad Universitaria Proveniente de Fuentes Móviles Utilizados para Desplazarse hacia la UNALM. Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 95 p.

- Cuba, R.M.; Sotil, M.I. 2015. Determinación de la Huella de Carbono de las Actividades Administrativas del Instituto Metropolitano Protransporte de Lima. Trabajo de Titulación para Optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 76 p.

- Dammert, A.; Molinelli, F. 2007. Panorama de la Minería en el Perú. Lima, Perú. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. 200 p.

- Dávila, J.F.; Varela, D.S. 2014. Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Carrera de Ingeniería Ambiental. Quito, Ecuador. 90 p.

- Fernández-Reyes, R. 2015. La Comunicación de la Huella de Carbono como Herramienta ante el Cambio Climático. Razón y Palabra 19 (89).

- Ferraro, R.; Gareis, M, C.; Zulaica, L. 2013. Aportes para la estimación de la huella de carbono en los grandes asentamientos urbanos de Argentina. Revista Colombiana de Geografía 22 (2): 87 – 106.

- Flachowsky, G. 2011. Carbon-footprints for food of animal origin, reduction potentials and research need. Journal of Applied Animal Research 39 (1): 2-14.

- Gaete, R.; Luarte, J, L.; Benavides, R.; Sáez, A. 2012. Modelo Conceptual de Reducción de la Huella de Carbono Mediante Auditoria de los Combustibles Utilizados en la Producción de Cobre, Aplicado en el Caso de una Compañía Minera Chilena. Artículos Tesis Magister en Economía Energética UTFSM 1 (1): 52 – 74.

- Galarza, C, E. 2016. Estimación de la Huella de Carbono según la ISO 14064-1 Alcance 1 y 2 de una Planta Productora de Concreto Premezclado y Prefabricado. Trabajo de Titulación para Optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental,

Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú. 77 p.

- García, M, O. 2016. Análisis de la Huella de Carbono de una Industria de Concreto y Agregados en sus tres Alcances. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Perú. 131 p.
- Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático (GCCICC) y Oficina Catalana del Canvi Climatic (OCCC), 2011. Guía Práctica para el Cálculo de Emisiones de GEI (GEI). Catañula, España.
- Gómez, J. Reporte Huella de Carbono Minera Doña Inés de Collahuasi SCM. 2015. Tarapacá, Chile. Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. 41 p.
- Guerra, L. 2007. Construcción de la HC y Logro de Carbono Neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar al grado de Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 94 p.
- Gulf. 2011. Product Information. Aceite Lubricante multigrado para Motores Diésel de última generación. Gulf Superfleet Supreme SAE 15W-40 API CI-4/SL. 3 p.
- Huheey, pps. A-21 to A-34; T.L. Cottrell, "The Strengths of Chemical Bonds," 2nd ed., Butterworths, London, 1958; B. de B. Darwent, "National Standard Reference Data Series," National Bureau of Standards, No. 31, Washington, DC, 1970; S.W. Benson, J. Chem. Educ., 42, 502 (1965). 2003. Disponible en: <http://www.chem.tamu.edu/rgroup/connell/linkfiles/bonds.pdf>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016.

Redacción de Referencias Bibliográficas: Normas técnicas para ciencias agroalimentarias por IICA. 5 ed. San José. Costa Rica. 71 p.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Cuarto Informe de Evaluación. Primer grupo de trabajo (WGI): las bases científico físicas.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Preparado por National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
- Ísmodes, F.; Labó, R.; Rodríguez, A. 2017. Anuario Minero Perú 2017. Lima, Perú. Ministerio de Energía y Minas. 138 p.
- Jerí, M, A.; Velásquez, J, E. 2016. Cálculo de la Huella de Carbono en una Empresa de Fabricación e Instalación de Pisos de Madera. Trabajo de Titulación para optar por el Título Profesional de Ingeniero Ambiental e Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 86 p.
- Ligardi, C.; Comunian, F.; Sáez, A. 2012. Estudio de Eficiencia Energética del Sistema de Ventilación Principal para la Mina Chuquicamata Subterránea. Artículos Tesis Magíster en Economía Energética UTFSM 1 (1): 18 – 26.
- Linde Colombia S.A. 2010. Hoja de seguridad del material (MSDS). Metano CH₄. Disponible en: http://www.linde-gas.co/es/images/SEGURIDADMETANO_tcm148-76220.pdf
- Martínez, R. 2012. Cálculo y Evaluación de la Certificación de la Huella de CO₂ del Grupo SACYR Vallehermoso en el año 2010. Proyecto fin de carrera para obtener el Título de Ingeniería Técnica de Minas, Especialidad en Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos, Escuela Técnica Superior de Ingeniero de

Minas. España. 76 p.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2009. Guía de Ecoeficiencia para Empresas. 150 p.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2009. Guía de Ecoeficiencia para Instituciones del Sector Público. 108 p.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2016. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos. Guía N° 1: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero, Sector Energía, Categorías: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas. 80 p.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2016. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos. Guía N° 3: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero, Sector Procesos Industriales y Uso de Productos, Categorías: Industrias de los Minerales, Industria Química e Industria de los Metales. 86 p.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2011. Guía Práctica para Desarrolladores de Proyectos MDL. Lima, Perú. 134 p.
- Molina, J.; Ortiz, I, M. 2012. Implantación de Energías Renovables y Estimación de la Huella de Carbono en el Municipio de Blanca (Murcia), Papeles de Geografía 55-56 (2012): 121 – 135.
- Myhre, G.; Shindell, D.; Bréon, F.-M.; Collins, W.; Fuglestedt, J.; Huang, J.; Koch, D.; Lamarque, J.-F.; Lee, D.; Mendoza, B.; Nakajima, T.; Robock, A.; Stephens, G.; Takemura, T.; Zhang, H. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative

Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). 2018. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Global Monitoring Division. Earth System Research Laboratory. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>
- National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). 2018. Trends in Atmospheric Methane. Global Monitoring Division. Earth System Research Laboratory. Disponible en https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/
- National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). 2018. Nitrous Oxide (N₂O) – Combined Data Set. Halocarbons and other Atmospheric Trace Gases. Global Monitoring Division. Earth System Research Laboratory. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/N2O.html>
- Oviedo, Del C.M.P. 2018. Evaluación de las Metodologías para el Desarrollo del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Industrial. Trabajo monográfico para optar el Título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria la Molina Lima. Perú. 72 p.
- Pemex, Gas y Petroquímica Básica. 2000. Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas. Gas Natural. Disponible en: http://www.gas.pemex.com/NR/rdonlyres/1D3E1128-E8A5-4CD1-B04C-DBC7CEFC0592/0/msdsgasnatural_02.pdf
- Ponce, R.R.; Rodríguez, D.A.M. 2016. Determinación de la HC del Country Club El Bosque – Sede Chosica. Trabajo de Titulación para Optar el Título de Ingeniero

Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 73 p.

- Refinería la Pampilla S.A. 2007. Ficha de datos de seguridad (Conforme al D.S. 026-94-EM). Petróleo Diésel N° 2. Lima, Perú. Disponible en: https://www.repsol.com/imagenes/pe_es/fds%20diesel%202_tcm18-208362.pdf
- Refinería la Pampilla S.A. 2007. Ficha de datos de seguridad (Conforme al D.S. 026-94-EM). Petróleo Industrial 6. Lima, Perú. Disponible en: https://www.repsol.com/imagenes/pe_es/petroleo_industrial6_168179_tcm18-208314.pdf
- REPSOL, PE. 2016. Ficha de datos de seguridad – Diésel B5 (DB5 S-50). Conforme al reglamento CE N° 1907/2006 – REACH y Reglamento CE N° 1272/2008 – CLP. Lima, PE. Disponible en: https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/DieseB5S50_tcm76-83277.pdf
- REPSOL, PE. 2016. Ficha de datos de seguridad – Gasohol 90 Plus. Conforme al reglamento CE N° 1907/2006-REACH y Reglamento CE N° 1272/2008 – CLP. Lima, PE. Disponible en: https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/GASOHOL90PLUS_tcm76-83283.pdf
- REPSOL, PE. 2016. Ficha de datos de seguridad – Gas Licuado de Petróleo. Conforme al reglamento CE N° 1907/2006-REACH y Reglamento CE N° 1272/2008 – CLP. Lima, PE. Disponible en: https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/2GLP_tcm76-84132.pdf
- REPSOL, PE. 2016. Ficha de datos de seguridad – Petróleo Industrial 500. Conforme al reglamento CE N° 1907/2006-REACH y Reglamento CE N° 1272/2008 – CLP. Lima, PE. Disponible en: https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/PETROLEOINDUSTRIAL500_tcm76-83282.pdf

- Rodas, S.G. 2014. Estimación y Gestión de la HC del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar. Trabajo presentado al consejo de la facultad de ciencias ambientales y agrícolas, previo a conferírsele el título de Ingeniero Ambiental en el grado académico de licenciado, Universidad Rafael Landívar. Guatemala de Asunción. Guatemala. 119 p.

- Rodríguez, R, A.; Belfort, A.; Maris, S. 2014. Gestión ambiental empresarial: cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola. *Gestión y Ambiente* 17 (1): 159 – 172.

- Rojas, C.; Sáez, A.; Benavides, R. 2012. Aplicación de Sistemas Híbridos en Maquinaria Minera, Opciones y Beneficios. *Artículos Tesis Magister en Economía Energética UTFSM* 1 (1): 37 – 51.

- Saavedra, K. 2017. Cálculo de la Huella de Carbono de EDEGEL S.A.A. en el Año 2014, según metodología de la norma ISO 1406-1. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura. Piura. Perú. 385 p.

- Sapag, N. 2001. *Evaluación de Proyectos de Inversión en la Empresa*. 1 ed. Prentice Hall, Buenos Aires. Argentina. 416 p.

- Semyraz, D. 2006. *Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Decisiones Económicas – Estudio de Mercado – Técnicas de Pronostico – Estudio Técnico – Estudio Económico-Financiero – Análisis de Rentabilidad – Análisis de Riesgo*. 1 ed. Librería Editorial. Buenos Aires, Argentina. 688 p.

- Suez. 2017. Water Technologies & Solutions, fact sheet. DusTreat DC9112. Disponible en: [file:///C:/Users/PSG/Downloads/pfg288en%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PSG/Downloads/pfg288en%20(1).pdf)

- Teichmann, D.; Schempp, C. 2013. Calculation of GHG Emissions of Waste Management Projects. Joint Assistance to Support Projects in European Regions

(JASPERS). JASPERS Knowledge Economy and Energy Division. Staff Working Papers. 30 p.

- Torres, B. 2015. Herramienta Web para la Medición de la HC en el Programa Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena. Tesis para optar el Grado de Ingeniero de Sistemas, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias. Colombia. 98 p.
- Torres, L.K. 2016. Determinación de la Relación entre la Huella de Carbono y los Conocimientos, Actitudes y Practicas de los Estudiantes del Nivel Secundario y el Personal del Colegio “Mi Jesús”, mediante Cuestionarios sobre Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Tesis presentada para optar el Título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Peruana Unión. Lima. Perú. 124 p.
- Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). 2013. Curso: “Métodos Estadísticos para la Investigación I”, Capítulo I: Aplicaciones de la Distribución Chi Cuadrado, Prueba de Independencia y Tablas Estadísticas.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2017. Portal Académico del CCH. Unidad 2. Electronegatividad, Enlace covalente no polar, Enlace covalente polar, Enlace iónico.
- Valcárcel, G. 2017. Calentamiento Global y Acciones de Comunicación del Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible de la Universidad de Lima: Conocimiento de su Comunidad Universitaria y Experiencias en Otras Universidades. Trabajo de Investigación para optar el Título Profesional de Licenciado en Comunicación, Universidad de Lima. Lima. Perú. 35 p.
- Valderrama, J, O.; Espíndola, C.; Quezada, R. 2011. Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. Formación Universitaria 4 (3): 3 – 12.

- Vela, E.E. 2017. Propuesta de Reducción de Gases de Efecto Invernadero Mediante Medición de Huella de Carbono en la Operación de Transportes Sánchez Polo de Ecuador. Trabajo de Titulación Modalidad Proyecto de Investigación para la Obtención del Título de Ingeniera Química, Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador. 72 p.

- Vergé, X.P.C.; Maxime, D.; Dyer, J.A.; Desjardins, R.L.; Arcand, Y.; Vanderzaag, A. 2013. Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. *Journal of Dairy Science* 96 (9): 6091 – 6104.

- Villalobos, D.E.; Baca, L.G. 2018. Determinación de la Huella de Carbono según Metodología Greenhouse Gas Protocol Aplicado al Área de Ingeniería Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Año 2016 – 2017. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ingeniería de Procesos. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Arequipa. Perú. 199 p.

- Viteri, F.R. 2013. Calculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Proyecto de Grado previo a la obtención del Magister en Sistemas de Gestión Ambiental, Escuela Politécnica del Ejército. Vicerrectorado de Investigación y Vinculación con la Colectividad. Unidad de Gestión de Postgrados. Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción. Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental, Quito. Ecuador. 106 p.

- Viteri, M.G. 2015. Desarrollo de la Huella de Carbono Corporativa como Indicador Ambiental en la Empresa Novacero S.A. Planta Lasso. Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos para optar el Título de Ingeniería Ambiental en Prevención y Remediación, Universidad de las Américas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Quito. Ecuador. 173 p.

- Wilches, F.D.; Suárez, C.D. 2016. Evaluación de la Huella de Carbono en la Producción de Bloque de Arcilla en Ladrillera “Los Cristales”. Especialización en

Gerencia Ambiental, Universidad Libre de Colombia. Instituto de Posgrados, Bogotá. Colombia. 142 p.

- WRI – WBCSD (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development). 2013. Carbon Trust. Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1, 0). Barrow, M.; Buckley, B.; Caldicott, T.; Cumberlege, T.; Hsu, J.; Kaufman, S.; Ramm, K.; Rich, D.; Temple-Smith, W.; Cummis, C.; Draucker, L.; Khan, S.; Ranganathan, J.; Sotos, M. 162 p.

- WRI – WBCSD (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development). 2004. The Greenhouse Protocol. A corporate and Reporting Standard. Revised Edition. 116 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Encuestas utilizadas para la recopilación de información relevante para el cálculo de la huella de carbono

Encuesta para el cálculo de Huella de Carbono respecto al consumo de suministros
1, ¿A qué área pertenece?
2, ¿Cuantos equipos gestiona su área?
3, ¿Qué tipo de combustibles usan?
4, ¿Cuál fue el consumo total de combustibles en el año 2017?
5, ¿Qué otros insumos o materiales usa el área al que pertenece (Papel, Acero, Cal, Nitrato de Amonio, Sílice, Cemento, Peróxido Hidróxido, Hidróxido de Sodio, Gas, Cloruro de Sodio, Oxígeno, Carbonato de Calcio y/o Cianuro)?
6, ¿Qué cantidad de estos se ha utilizado en el año 2017?

FUENTE: Elaboración propia

Encuesta para el cálculo de Huella de Carbono respecto a la recolección, tratamiento y disposición de RRSS – Área de Medio Ambiente	
1, ¿Qué cantidad de residuos metálicos se colectaron separadamente para clasificar y reciclar en el año 2017?	
2, ¿Qué cantidad de residuos plásticos se colectaron separadamente para clasificar y reciclar en el año 2017?	
3, ¿Qué cantidad de residuos papel y cartón se colectaron separadamente para clasificar y reciclar en el año 2017?	
4, ¿Qué cantidad de residuos de vidrio se colectaron separadamente para clasificar y reciclar en el año 2017?	
5, ¿Qué cantidad de residuos orgánicos se colectaron separadamente para compostaje en el año 2017?	
6, ¿Qué cantidad de residuos generales se colectaron separadamente para incineración en el año 2017?	
7, ¿Qué cantidad de residuos generales se colectaron separadamente para relleno sanitario en el año 2017?	

FUENTE: Elaboración propia

Encuesta para el cálculo de Huella de Carbono respecto al transporte de insumos a la Unidad Minera - Área de Almacén
1, ¿Qué tipo de insumo/suministros recepciona con frecuencia (Cianuro, Combustible, Nitrato de Amonio, Alimentos y/o Materiales Varios)?
2, ¿Cuál es la procedencia del insumo que recepciona?
3, ¿Cuál es la distancia recorrida desde la procedencia hasta la Unidad Minera?
4, ¿Cuál es la capacidad del equipo de carga que transporta el insumo mencionado?

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 2: Valores Calóricos Netos (VCN) y Factores de Emisión (FE)

Valores Calóricos Netos (VCN) por defecto y límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95% ¹				
Descripción en español del tipo de combustible		Valor calórico neto (TJ/Gg)	Inferior	Superior
Petróleo crudo		42,3	40,1	44,8
Orimulsión		27,5	27,5	28,3
Gas natural licuado		44,2	40,9	46,9
Gasolina	Gasolina para motores	44,3	42,5	44,8
	Gasolina para la aviación	44,3	42,5	44,8
	Gasolina para motor a reacción	44,3	42,5	44,8
Queroseno para motor a reacción		44,1	42	45
Otro queroseno		43,8	42,4	45,2
Esquisto bituminoso		38,1	32,1	45,2
Gas/Diésel Oil		43	41,4	43,3
Fuelóleo residual		40,4	39,8	41,7
Gases licuados de petróleo		47,3	44,8	52,2
Etano		46,4	44,9	48,8
Nafta		44,5	41,8	46,5
Alquitrán		40,2	33,5	41,2
Lubricantes		40,2	33,5	42,3
Coque de petróleo		32,5	29,7	41,9
Sustancia para alimentación a procesos de refinerías		43	36,3	46,4
Otro petróleo	Gas de refinería ²	49,5	47,5	50,6
	Ceras de parafina	40,2	33,7	48,2
	Espíritu blanco y SBP	40,2	33,7	48,2
	Otros productos del petróleo	40,2	33,7	48,2
Antracita		26,7	21,6	32,2
Carbón de coque		28,2	24	31
Otro carbón bituminoso		25,8	19,9	30,5
Carbón sub-bituminoso		18,9	11,5	26
Lignito		11,9	5,5	21,6
Esquisto bituminoso y arena impregnada de alquitrán		8,9	7,1	11,1
Briquetas de carbón de lignito		20,7	15,1	32
Combustible evidente		20,7	15,1	32
Coque	Coque para horno de coque y coque de lignito	28,2	25,1	30,2
	Coque de gas	28,2	25,1	30,2
Alquitrán de hulla ³		28	14,1	55
Gases derivados	Gas de fábrica de gas ⁴	38,7	19,6	77
	Gas de horno de coque ⁵	38,7	19,6	77
	Gas de alto horno ⁶	2,47	1,2	5
	Gas de horno de oxígeno para aceros ⁷	7,06	3,8	15
Gas natural		48	46,5	50,4

...continuación

Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)		10	7	18
Desechos industriales		NA	NA	NA
Óleos de desecho⁸		40,2	20,3	80
Turba		9,76	7,8	12,5
Biocombustibles sólidos	Madera/Desechos de madera⁹	15,6	7,9	31
	Lejía de sulfito (licor negro)¹⁰	11,8	5,9	23
	Otra biomasa sólida primaria¹¹	11,6	5,9	23
	Carbón vegetal¹²	29,5	14,9	58
Biocombustibles líquidos	Biogasolina¹³	27	13,6	54
	Biodiésel¹⁴	27	13,6	54
	Otros biocombustibles líquidos¹⁵	27,4	13,8	54
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero¹⁶	50,4	25,4	100
	Gas de digestión de lodos cloacales¹⁷	50,4	25,4	100
	Otro biogás¹⁸	50,4	25,4	100
Otros combustibles	Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)	11,6	6,8	18
<p>Notas:</p> <p>1 Límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95 por ciento, suponiendo distribuciones lognormales, ajustado a un conjunto de datos, sobre la base de los informes de inventarios nacionales, los datos de la AIE y los datos nacionales disponibles. Se presenta una descripción más detallada en la sección 1.5.</p> <p>2 Datos japoneses; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>3 EFDB; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>4 Gas de horno de coque; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>5-7 Datos en pequeñas cantidades de Japón y el Reino Unido; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>8 Para los óleos de desecho se toman los valores de los «lubricantes»</p> <p>9 EFDB; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>10 Datos japoneses; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>11 Biomasa sólida; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>12 EFDB; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>13-14 Número teórico de etanol; rango de incertidumbre: dictamen de expertos;</p> <p>15 Biomasa líquida; rango de incertidumbre: dictamen de expertos</p> <p>16 -18 Número teórico de metano rango de incertidumbre: dictamen de expertos;</p>				

FUENTE: IPCC (2006)

Factores de Emisión de CO2 por efecto del transporte terrestre y rangos de incertidumbre ^a			
Tipo de combustible	Por defecto (kg/TJ)	Inferior	Superior
Gasolina para motores	69 300	67 500	73 000
Gas/Diésel Oil	74 100	72 600	74 800
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600
Queroseno	71 900	70 800	73 700
Lubricantes ^b	73 300	71 900	75 200
Gas natural comprimido	56 100	54 300	58 300
Gas natural licuado	56 100	54 300	58 300

Fuente: Cuadro 1.4 del capítulo Introducción del Volumen Energía.
Notas:
a Los valores representan el 100 por ciento de oxidación del contenido de carbono del combustible.
b Véase el Recuadro 3.2.4 Lubricantes en la combustión móvil para obtener una orientación acerca de los usos de los lubricantes.

FUENTE: IPCC (2006)

Factores de Emisión por defecto de N2O y CH4 del transporte terrestre y rangos de incertidumbre (a)						
Tipo de combustible / Categoría representativa de vehículo	CH4 (kg/TJ)			N2O (kg/TJ)		
	Por defecto	Inferior	Superior	Por defecto	Inferior	Superior
Gasolina para motores – sin controlar (b)	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Gasolina para motores – catalizador de oxidación (c)	25	7,5	86	8	2,6	24
Gasolina para motores – vehículo para servicio ligero con poco kilometraje, modelo 1995 o más nuevo (d)	3,8	1,1	13	5,7	1,9	17
Gas / Diésel Oil (e)	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Gas natural (f)	92	50	1 540	3	1	77
Gas licuado de petróleo (g)	62	na	na	0.2	na	na
Etanol, camiones Estados Unidos (h)	260	77	880	41	13	123
Etanol, automóviles, Brasil (i)	18	13	84	na	na	na

Fuentes: USEPA (2004b), AEMA (2005a), TNO (2003) y Borsari (2005) CETESB (2004 & 2005) con las hipótesis que se presentan a continuación. Se derivaron los rangos de incertidumbre de los datos incluidos en Lipman y Delucchi (2002), con excepción del etanol en los automóviles.

(a) Con excepción de los automóviles que funcionan con GLP y etanol, los valores por defecto se derivan de las fuentes indicadas con los valores VCN declarados en el capítulo Introducción del volumen Energía, los valores de densidad declarados por la Administración de Información de Energía de Estados Unidos; y los siguientes valores de consumo de combustible supuestos y representativos: 10 km/l para los vehículos con motores para gasolina; 5 km/l para los vehículos diésel; 9 km/l para los vehículos a gas natural (se supone que es equivalente a los vehículos a gasolina); 9 km/l para los vehículos que funcionan con etanol. Si están disponibles los valores reales y representativos de la economía del combustible, se recomienda utilizarlos con los datos de uso total de combustible, para estimar los datos totales de distancias recorridas, que luego deben multiplicarse por los factores de emisión del Nivel 2 para N2O y CH4.

(b) El valor por defecto sin controlar de la gasolina para motores se basa en el valor de USEPA (2004b) para un vehículo ligero a gasolina de los Estados Unidos (automóvil): sin controlar, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Si las motocicletas representan una parte significativa de la población nacional de vehículos, los compiladores del inventario deben ajustar hacia abajo el factor de emisión por defecto dado.

(c) Gasolina para motores: el valor por defecto del catalizador de oxidación de los vehículos ligeros se basa en el valor de USEPA (2004b) para un vehículo ligero a gasolina de los Estados Unidos (automóvil): catalizador de oxidación, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Si las motocicletas representan una parte significativa de la población nacional de vehículos, los compiladores del inventario deben ajustar hacia abajo el factor de emisión por defecto dado.

(d) Gasolina para motores: el valor por defecto de los vehículos ligeros modelo 1995 o más nuevos se basa en el valor de USEPA (2004b) para un vehículo ligero a gasolina de los Estados Unidos (automóvil): Nivel 1, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Si las motocicletas representan una parte significativa de la población nacional de vehículos, los compiladores del inventario deben ajustar hacia abajo el factor de emisión por defecto dado.

(e) El valor diésel por defecto se basa en el valor de la AEMA (2005a) para un camión pesado diésel europeo, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro.

(f) Los valores por defecto e inferiores del gas natural se basaron en un estudio de TNO (2003), realizado usando vehículos europeos y ciclos de pruebas en los Países Bajos. Hay mucha incertidumbre para el N2O. La USEPA (2004b) tiene un valor por defecto de 350 kg CH4/TJ y 28 kg N2O/TJ para un automóvil de GNC de Estados Unidos, convertido usando los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Los límites superior e inferior también fueron tomados de USEPA (2004b)

(g) El valor por defecto para las emisiones de metano del GLP, considerando para un valor de calefacción bajo de 50 MJ/kg y se obtuvo 3,1 g CH4/kg GLP de TNO (2003). No se proporcionaron rangos de incertidumbre.

(h) El valor por defecto del etanol se basa en el valor de la USEPA (2004b) para un camión pesado a etanol de Estados Unidos, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro.

(i) Datos obtenidos en vehículos brasileños por Borsari (2005) y CETESB (2004 & 2005). Para los modelos 2003 nuevos, el mejor caso es: 51,3 kg THC/TJ combustible y 26,0 por ciento de CH4 en THC. Para los vehículos de 5 años de antigüedad: 67 kg THC/TJ combustible y 27,2 por ciento de CH4 en THC. Para los de 10 años de antigüedad: 308 kg THC/TJ combustible y 27,2 por ciento de CH4 en THC.

FUENTE: IPCC (2006)

Factores de Emisión por defecto para la combustión estacionaria en las Industrias Energéticas (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)										
Combustible	CO2			CH4			N2O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Petróleo crudo	73 300	71 000	75 500	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Orimulsión	r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas natural licuado	r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gasolina	Gasolina para motores	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para la aviación	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para motor a reacción	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Queroseno para motor a reacción	r 71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro queroseno	71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Esquisto bituminoso	73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas/Diésel Oil	74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Fuelóleo residual	77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Etano	61 600	56 500	68 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Nafta	73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Lubricantes	73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Coque de petróleo	r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Alimentación a procesos de refinерías	73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro petróleo	Gas de refinería	n57 600	48 200	69 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Ceras de parafina	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Espíritu blanco y SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Otros productos del petróleo	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2

...continuación

Antracita		98 300	94 600	101 000	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Carbón de coque		94 600	87 300	101 000	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Otro carbón bituminoso		94 600	89 500	99 700	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Carbón sub-bituminoso		96 100	92 800	100 000	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Lignito		101 000	90 900	115 000	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Esquisto bituminoso y alquitrán		107 000	90 200	125 000	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Briquetas de carbón de lignito		97 500	87 300	109 000	n 1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Combustible evidente		97 500	95 700	109 000	1	0,3	3	n 1,5	0,5	5
Coque	Coque para horno de coque	r 107 000	95 700	119 000	1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
	Coque de gas	r 107 000	95 700	119 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Alquitrán de hulla		n 80 700	68 200	95 300	n 1	0,3	3	r 1,5	0,5	5
Gases derivados	Gas de fábricas de gas	n 44 000	37 300	54 100	n 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de horno de coque	n 44 000	37 300	54 100	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de alto horno	n 260 000	219 000	308 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de horno de oxígeno para aceros	n 182 000	145 000	202 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Gas natural		56 100	54 300	58 300	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)		n 91 700	73 300	121 000	30	10	100	4	1,5	15
Desechos industriales		n 143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1,5	15
Oleos de desecho		n 73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1,5	15
Turba		106 000	100 000	108 000	n 1	0,3	3	n 1,5	0,5	5
Biocombustibles sólidos	Madera / Desechos de madera	n 112 000	95 000	132 000	30	10	100	4	1,5	15
	Lejía de sulfito (licor negro) ^(a)	n 95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	Otra biomasa sólida primaria	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1,5	15
	Carbón vegetal	n 112 000	95 000	132 000	200	70	600	4	1,5	15
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Biodiesel	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Otros biocombustibles líquidos	n 79 600	67 100	95 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2

...continuación

Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de digestión de lodos cloacales	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Otro biogás	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Otros combustibles no fósiles	Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1,5	15
<p>(a) Incluye el CO2 derivado de la biomasa emitido desde la unidad de combustión de licor negro y el CO2 derivado de la biomasa emitido desde el horno de cal de la planta de kraft.</p> <p>n Indica un factor de emisión nuevo que no estaba presente en las <i>Directrices del IPCC de 1996</i></p> <p>r Indica un factor de emisión que se revisó a partir de las <i>Directrices del IPCC de 1996</i></p>										

Anexo 3: Cálculo del Factor de Emisión para energía eléctrica a partir de los datos del COES-SINAC

Empresa	Energía (1)	Tipo de combustible (1)	Consumo de combustible (1)	Densidad	Consumo de combustible	Valor calórico neto ⁽⁷⁾	Factor de emisión de CO ₂ ⁽⁷⁾	Factor de emisión de CH ₄ ⁽⁷⁾	Factor de emisión de N ₂ O ⁽⁷⁾	Huella de carbono
	(GW.h)		L	kg/L	Gg	TJ/Gg	kgCO ₂ /T J	kgCH ₄ /T J	kgN ₂ O/T J	tCO ₂ eq
AIPSA										
C.T. Paramonga - TV	81,52	BZ			321,14	11,60	100.000	300,00	4,00	407.758,71
AURORA										
C.T. Maple Etanol - TV	0,17	BZ			0,70	11,60	100.000	300,00	4,00	892,51
CERRO VERDE										
C.T. Recka - TG1	3,35	D2	1.074.996,17	0,87 ⁽²⁾	0,94	43,00	74.100	3,00	0,60	2.989,75
ECELIM										
C.T. La Gringa V - G1,G2	11,80	BG	7.531.234,36	0,671 ⁽³⁾	5,05	50,40	54.600	5,00	0,10	13.948,72
EGASA										
C.T. Mollendo - G1,G2,G3	29,09	D2	7.150.412,37	0,87 ⁽²⁾	6,22	43,00	74.100	3,00	0,60	19.886,52
C.T. Pisco - TG1,TG2	501,63	GN	164.082.419,76	0,61 ⁽⁴⁾	100,09	48,00	56.100	1,00	0,10	269.784,93
C.T. Chilina Sulzer - SLZ1,SLZ2	32,90	R500 / D2	7.709.915,84	0,98 ⁽⁵⁾	7,56	40,40	77.400	3,00	0,60	23.700,60
C.T. Chilina TG	0,11	D2	58.734,42	0,87 ⁽²⁾	0,05	43,00	74.100	3,00	0,60	163,35
EGESUR										
C.T. Independencia	150,69	GN	35.907.307,60	0,61 ⁽⁴⁾	21,90	48,00	56.100	1,00	0,10	59.038,93
ELECTROPERU										
C.T. Tumbes - MAK1,MAK2	1,73	D2 / R6	418.605,78	0,97 ⁽⁶⁾	0,41	40,40	77.400	3,00	0,60	1.273,68
ENEL GENERACIÓN										
C.T. Ventanilla TG3 GAS	836,57	GN	247.178.319,81	0,61 ⁽⁴⁾	150,78	48,00	56.100	1,00	0,10	406.411,52
C.T. Ventanilla TG4 GAS	924,73	GN	271.957.731,19	0,61 ⁽⁴⁾	165,89	48,00	56.100	1,00	0,10	447.153,92
C.T. Ventanilla D2	15,20	D2	4.193.943,80	0,87 ⁽²⁾	3,65	43,00	74.100	3,00	0,60	11.664,08
C.T. Santa Rosa UTI 5 GAS	11,10	GN	4.070.263,57	0,61 ⁽⁴⁾	2,48	48,00	56.100	1,00	0,10	6.692,34
C.T. Santa Rosa UTI 5 D2	0,39	D2	154.540,40	0,87 ⁽²⁾	0,13	43,00	74.100	3,00	0,60	429,80
C.T. Santa Rosa UTI 6 GAS	7,84	GN	2.830.195,43	0,61 ⁽⁴⁾	1,73	48,00	56.100	1,00	0,10	4.653,42
C.T. Santa Rosa UTI 6 D2	0,56	D2	209.198,68	0,87 ⁽²⁾	0,18	43,00	74.100	3,00	0,60	581,82
C.T. Santa Rosa WTG GAS	10,48	GN	3.714.455,00	0,61 ⁽⁴⁾	2,27	48,00	56.100	1,00	0,10	6.107,32
ENEL PIURA										

...continuación

C.T. Santa Rosa WTG D2	0,68	D2	275.932,95	0,87(2)	0,24	43,00	74.100	3,00	0,60	767,42
C.T. Santa Rosa TG 8 GAS	509,04	GN	142.154.175,00	0,61(4)	86,71	48,00	56.100	1,00	0,10	233.730,43
TGN4 Malacas (GN)	445,33	GN	151.729.613,28	0,61(4)	92,56	48,00	56.100	1,00	0,10	249.474,40
TGN5 Reserva Fría Talara (GN)	91,34	GN	28.554.777,76	0,61(4)	17,42	48,00	56.100	1,00	0,10	46.949,87
TGN5 Reserva Fría Talara (D2)	0,87	D2	61.100,00	0,87(2)	0,05	43,00	74.100	3,00	0,60	169,93
TGN6 Malacas (GN)	20,85	GN	6.440.952,59	0,61(4)	3,93	48,00	56.100	1,00	0,10	10.590,24
ENGIE										
C.T. Chilca I - TG11,TG12,TG13	3441,01	GN	998.082.410,99	0,61(4)	608,83	48,00	56.100	1,00	0,10	1.641.050,85
C.T. Chilca II - TG41	221,78	GN	62.514.931,01	0,61(4)	38,13	48,00	56.100	1,00	0,10	102.787,28
C.T. Ilo 2 - TV	673,70	CAR BÓN			245,49	28,20	94.600	10,00	1,50	659.597,02
C.T. Nepi - TG41,TG42,TG43	9,46	D2	3.301.468,63	0,87(2)	2,87	43,00	74.100	3,00	0,60	9.181,95
C.T. R.F. Planta Ilo -TG1,TG2,TG3	6,99	D2	2.323.871,31	0,87(2)	2,02	43,00	74.100	3,00	0,60	6.463,08
C.T. ILO1 Catkato	0,10	D2	20.809,29	0,87(2)	0,02	43,00	74.100	3,00	0,60	57,87
C.T. ILO1 - TG1, TG2	11,62	D2	5.100.604,61	0,87(2)	4,44	43,00	74.100	3,00	0,60	14.185,66
C.T. ILO1 - TV3,TV4	74,44	R500	24.203.236,79	0,98(5)	23,72	40,40	77.400	3,00	0,60	74.401,76
FÉNIX POWER										
C.T. Fenix - TG11,TG12	2703,19	GN	733.538.983,00	0,61(4)	447,46	48,00	56.100	1,00	0,10	1.206.087,55
IEP PERÚ										
C.T. Reserva Fría Pucallpa	2,18	D2	906.236,40	0,87(2)	0,79	43,00	74.100	3,00	0,60	2.520,40
C.T. Reserva Fría Puerto Maldonado	0,88	D2	365.373,06	0,87(2)	0,32	43,00	74.100	3,00	0,60	1.016,17
KALPA GENERACION S.A.										
Las Flores - TG1	264,81	GN	77.354.743,53	0,61(4)	47,19	48,00	56.100	1,00	0,10	127.186,96
C.T. Kallpa - TG1,TG2,TG3	2021,87	GN	587.151.190,92	0,61(4)	358,16	48,00	56.100	1,00	0,10	965.396,20
PETRAMAS										
C.T. Huaycoloro	29,64	BG	18.765.400,20	0,671(3)	12,59	50,40	54.600	5,00	0,10	34.755,69
C.T. La Gringa V	0,50	BG	345.423,64	0,671(3)	0,23	50,40	54.600	5,00	0,10	639,76
PLANTA ETEN										
C.T. Reserva Fría Eten -TG1,TG2	6,91	D2	2.021.850,71	0,87(2)	1,76	43,00	74.100	3,00	0,60	5.623,11
SAMAY										
C.T. Puerto Bravo - TG1,TG2,TG3,TG 4	656,93	D2	192.545.587,00	0,87(2)	167,51	43,00	74.100	3,00	0,60	535.502,32
SDE PIURA										
C.T. Tablazo -TG1	9,70	GN	6.860.685,64	0,61(4)	4,19	48,00	56.100	1,00	0,10	11.280,37
SDF ENERGIA										

...continuación

C.T. Oquendo - TG1	234,17	GN	68.530.311,71	0,61 ⁽⁴⁾	41,80	48,00	56.100	1,00	0,10	112.677,80
SHOUGESA										
C.T. San Nicolás - TV1,TV2,TV3	19,43	R500	7.066.510,00	0,98 ⁽⁵⁾	6,93	40,40	77.400	3,00	0,60	21.722,75
C.T. San Nicolás - Cummins	0,22	D2	61.700,00	0,87 ⁽²⁾	0,05	43,00	74.100	3,00	0,60	171,60
TERMOCHILCA										
C.T. Sto. Domingo de Los Olleros - TG1	621,21	GN	175.321.036,00	0,61 ⁽⁴⁾	106,95	48,00	56.100	1,00	0,10	288.263,51
TERMOSELVA										
C.T. Aguaytía - TG1,TG2	126,19	GN	43.619.799,79	0,61 ⁽⁴⁾	26,61	48,00	56.100	1,00	0,10	71.719,84
Total (tCO₂eq)										8.117.103,72
Consumo de energía termoeléctrica (COES-SINAC) en MWh										14.824.900,52
Factor de emisión en tCO₂/MWh										0,5475

(1) COES-SINAC (2017)

(2) Refinería la Pampilla S.A. (2007)

(3) Linde Colombia S.A. (2010)

(4) Pemex (2000)

(5) REPSOL (2016)

(6) Refinería la Pampilla S.A. (2006)

(7) IPCC (2006)

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 4: Factores de emisión para gestión y disposición final de residuos sólidos

Factores de emisión para gestión y disposición final de residuos sólidos		
Residuos Metálicos colectados separadamente para clasificar y reciclar	0	tCO ₂ eq / t residuo
Plástico colectado separadamente para clasificar y reciclar	0	tCO ₂ eq / t residuo
Papel y Cartón colectado separadamente para clasificar y reciclar	2,5	tCO ₂ eq / t residuo
Vidrio colectado separadamente para clasificar y reciclar	0	tCO ₂ eq / t residuo
Residuos Orgánicos recolectados separadamente para compostaje	0,9	tCO ₂ eq / t residuo
Residuos para Incineración	0,3	tCO ₂ eq / t residuo
Residuos Generales para Relleno Sanitario	0,9	tCO ₂ eq / t residuo

FUENTE: Teichmann y Schempp (2013)

Anexo 5: Formato de generación de Residuos Sólidos en la Unidad Minera

Formato de generación de Residuos Sólidos en la Unidad Minera										
FECHA:	MES:									
TIPO DE DESECHO	CANTIDAD GENERADA / DIA									
	Administración	Almacén	Centro Medico	Geología	Ingeniería	Medio Ambiente	Operaciones Mina	Planta	Cocina	Empresa Contratista
1. Generales										
Peso (kg)										
2. Orgánicos										
Peso (kg)										
3. Metálicos										
Peso (kg)										
4. Papeles y Cartones										
Peso (kg)										
5. Vidrios										
Peso (kg)										
6. Botellas PET										
Peso (kg)										
7. Contaminados con HC (Trapos impregnados, mangueras, otros)										
Peso (kg)										
8. Baterías usadas										
Peso (kg)										

...continuación

9. Filtros de aceite										
Peso (kg)										
10. Maderas/Planchas de madera/Trozos de madera										
Peso (kg)										
11. Fluorescentes										
Peso (kg)										
12. Baldes de Zinc										
Peso (kg)										
13. Agua Oleosa										
Volumen (Gal)										
14. Tierra contaminada con HC										
Peso (kg)										
15. Tuberías										
Peso (kg)										
16. Geomembrana										
Peso (kg)										
17. Cilindro Metálicos										
Peso (kg)										
18. Bolsas de Cemento										
Peso (kg)										

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 6: Factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por peso y distancia

Factores de emisión de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O por peso y distancia						
Vehículo y Tamaño	Región	CO ₂	Unidad del Numerador del CO ₂	Unidad del Denominador del CO ₂	Factor de Conversión	Unidad del Denominador del CO ₂
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Rígido - Tamaño del Motor 3,5 - 7,5 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Rígido - Tamaño del Motor 7,5 - 17 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Rígido - Tamaño del Motor >17 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Rígido - Tamaño del Motor Desconocido	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Articulado - Tamaño del Motor 3,5 - 33 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Articulado - Tamaño del Motor >33 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Articulado - Tamaño del Motor Desconocido	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Pesado - Tipo Desconocido	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Ligero - Petro - Tamaño del Motor ≤1,25 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada

...continuación

Vehículo de Carretera - Vehículo Ligerero - Diésel - Tamaño del Motor ≤3,5 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Ligerero - GLP o GCN - Tamaño del Motor ≤3,5 toneladas	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada
Vehículo de Carretera - Vehículo Ligerero - Combustible Desconocido	Otras	0,297	Kilogramo	Tonelada Milla Corta	1,459972	km-tonelada

FUENTE: GHG Protocol

Tipo de Vehículo	Región	CH ₄	Unidad del Numerador del CH ₄	Unidad del Denominador del CH ₄	N ₂ O	Unidad del Numerador del N ₂ O	Unidad del Denominador del N ₂ O	Factor de Conversión	Unidad del Denominador del CO ₂
Vehículos Pesados y Ligereros	Otras	0,0035	Gramos	Tonelada Milla Corta	0,0027	Gramos	Tonelada Milla Corta	1,45997	km-tonelada

FUENTE: GHG Protocol

Anexo 7: Cálculos de la Huella de Carbono para el Alcance 1

Cantidad	Equipo	Combustible	Tipo de Fuente	Consumo de Combustible (Gal/año) ⁽¹⁾	Densidad (kg/L) ^{(2),(3)}	Consumo de combustible (Gg)	Valor Calórico Neto (TJ/Gg) ^{(4),(5)}	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ) ^{(4),(5)}	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ) ^{(4),(5)}	Factor de Emisión N2O (kg/TJ) ^{(4),(5)}	tCO ₂ eq	Participación
3	Ambulancia	Diésel B5	Móvil	445,8	0,87	0,0014682	40,88	70395	3,7	3,71	4,29	0,0363%
8	Cisternas	Diésel B5	Móvil	18428,79	0,87	0,0606917	40,88	70395	3,7	3,71	177,35	1,5016%
1	Camión Fabrica	Diésel B5	Móvil	2589	0,87	0,0085264	40,88	70395	3,7	3,71	24,92	0,2110%
26	Camioneta	Diésel B5	Móvil	23230,3	0,87	0,0765045	40,88	70395	3,7	3,71	223,56	1,8929%
4	Cargador Frontal	Diésel B5	Móvil	68574,77	0,87	0,2258377	40,88	70395	3,7	3,71	659,94	5,5877%
1	Construcción de PAD de lixiviación 1.7ha	Diésel B5	Móvil	152	0,87	0,0005006	40,88	70395	3,7	3,71	1,46	0,0124%
8	Excavadora	Diésel B5	Móvil	230490,98	0,87	0,7590775	40,88	70395	3,7	3,71	2218,16	18,7813%
1	Grúa	Diésel B5	Móvil	241	0,87	0,0007937	40,88	70395	3,7	3,71	2,32	0,0196%
2	Grupo Electrogeno	Diésel B5	Estacionaria	23276,79	0,87	0,0766576	40,88	70395	2,85	0,57	221,32	1,8740%
8	Luminaria	Diésel B5	Móvil	8104,2	0,87	0,0266896	40,88	70395	3,7	3,71	77,99	0,6604%
1	Montacargas	Diésel B5	Móvil	536	0,87	0,0017652	40,88	70395	3,7	3,71	5,16	0,0437%
2	Motoniveladora	Diésel B5	Móvil	14265,67	0,87	0,0469812	40,88	70395	3,7	3,71	137,29	1,1624%
1	Ómnibus	Diésel B5	Móvil	2668,9	0,87	0,0087895	40,88	70395	3,7	3,71	25,68	0,2175%
3	Perforadora	Diésel B5	Móvil	144775,67	0,87	0,4767907	40,88	70395	3,7	3,71	1393,27	11,7969%
3	Retroexcavadora	Diésel B5	Móvil	6625,1	0,87	0,0218185	40,88	70395	3,7	3,71	63,76	0,5398%
1	Rodillo compactador	Diésel B5	Móvil	416,47	0,87	0,0013716	40,88	70395	3,7	3,71	4,01	0,0339%
1	Supervisión	Diésel B5	Estacionaria	1663,7	0,87	0,0054791	40,88	70395	2,85	0,57	15,82	0,1339%
12	Tractor	Diésel B5	Móvil	95062,44	0,87	0,3130698	40,88	70395	3,7	3,71	914,84	7,7460%
52	Volquete	Diésel B5	Móvil	464348,98	0,87	1,5292436	40,88	70395	3,7	3,71	4468,72	37,8369%
7	Ventas	Diésel B5	Móvil	42764,62	0,87	0,1408370	40,88	70395	3,7	3,71	411,55	3,4846%
1	Fundición	Diésel B5	Estacionaria	27277,21	0,87	0,0898322	40,88	70395	2,85	0,57	259,36	2,1960%
1	Voladura	Diésel B5	Estacionaria	52456,07	0,87	0,1727539	40,88	70395	2,85	0,57	498,77	4,2231%
1	Medio Ambiente - GE	Diésel B5	Estacionaria	99,3	0,87	0,0003270	40,88	70395	2,85	0,57	0,94	0,0080%
11810,48	100%											

...continuación

1	Cisterna	Gasolina 90	Móvil	175	0,769	0,0005091	44,3	69300	3,8	5,7	1,60	79,01%
1	Carguío	Gasolina 90	Móvil	5	0,769	0,0000145	44,3	69300	3,8	5,7	0,05	2,26%
1	Est. Arqueológicos	Gasolina 90	Móvil	10	0,769	0,0000291	44,3	69300	3,8	5,7	0,09	4,51%
1	Trabajos varios - Geología Mina	Gasolina 90	Móvil	31,5	0,769	0,0000916	44,3	69300	3,8	5,7	0,29	14,22%
2,02	100%											
2	Luminaria	Lubricante	Móvil	4	0,89	0,0000135	40,2	73300	3	0,6	0,04	1,28%
2	Grupo Electrónico	Lubricante	Estacionaria	309	0,89	0,0010410	40,2	73300	3	0,6	3,08	98,72%
3,12	100%											
1	Cocina	GLP	Estacionaria	18702	0,56	0,0396451	47,3	63100	1	0,1	118,43	100%
118,43	100%											
11934,05												

- (1) Recopilación de datos de la Unidad Minera
- (2) Repsol (2016)
- (3) Gulf (2011)
- (4) IPCC (2006)
- (5) MINAM (2016)

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 8: Consumo de combustibles y alternativa de combustible para los equipos de la Unidad Minera

Ambulancia	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	146,87	0,87	40,88	0,00522	70395	3,7	3,71	0,37	56100,00	1,00	0,10	0,29	63100,00	1,00	0,10	0,33
Febrero	122,27	0,87	40,88	0,00435	70395	3,7	3,71	0,31	56100,00	1,00	0,10	0,24	63100,00	1,00	0,10	0,27
Marzo	158,23	0,87	40,88	0,00563	70395	3,7	3,71	0,40	56100,00	1,00	0,10	0,32	63100,00	1,00	0,10	0,36
Abril	118,10	0,87	40,88	0,0042	70395	3,7	3,71	0,30	56100,00	1,00	0,10	0,24	63100,00	1,00	0,10	0,27
Mayo	185,49	0,87	40,88	0,0066	70395	3,7	3,71	0,47	56100,00	1,00	0,10	0,37	63100,00	1,00	0,10	0,42
Junio	107,13	0,87	40,88	0,00381	70395	3,7	3,71	0,27	56100,00	1,00	0,10	0,21	63100,00	1,00	0,10	0,24
Julio	107,13	0,87	40,88	0,00381	70395	3,7	3,71	0,27	56100,00	1,00	0,10	0,21	63100,00	1,00	0,10	0,24
Agosto	75,71	0,87	40,88	0,00269	70395	3,7	3,71	0,19	56100,00	1,00	0,10	0,15	63100,00	1,00	0,10	0,17
Septiembre	223,34	0,87	40,88	0,00794	70395	3,7	3,71	0,57	56100,00	1,00	0,10	0,45	63100,00	1,00	0,10	0,50
Octubre	163,15	0,87	40,88	0,0058	70395	3,7	3,71	0,41	56100,00	1,00	0,10	0,33	63100,00	1,00	0,10	0,37
Noviembre	158,99	0,87	40,88	0,00565	70395	3,7	3,71	0,40	56100,00	1,00	0,10	0,32	63100,00	1,00	0,10	0,36
Diciembre	121,13	0,87	40,88	0,00431	70395	3,7	3,71	0,31	56100,00	1,00	0,10	0,24	63100,00	1,00	0,10	0,27
TOTAL	1687,54	--	--	0,06	--	--	--	4,29	--	--	--	3,37	--	--	--	3,79

Cisterna	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	3242,20	0,87	40,88	0,11531	70395	3,7	3,71	8,24	56100,00	1,00	0,10	6,48	63100,00	1,00	0,10	7,28
Febrero	4279,03	0,87	40,88	0,15219	70395	3,7	3,71	10,88	56100,00	1,00	0,10	8,55	63100,00	1,00	0,10	9,61
Marzo	3702,89	0,87	40,88	0,1317	70395	3,7	3,71	9,41	56100,00	1,00	0,10	7,40	63100,00	1,00	0,10	8,32
Abril	4682,55	0,87	40,88	0,16654	70395	3,7	3,71	11,90	56100,00	1,00	0,10	9,35	63100,00	1,00	0,10	10,52
Mayo	7485,65	0,87	40,88	0,26623	70395	3,7	3,71	19,03	56100,00	1,00	0,10	14,95	63100,00	1,00	0,10	16,81
Junio	7841,21	0,87	40,88	0,27888	70395	3,7	3,71	19,93	56100,00	1,00	0,10	15,66	63100,00	1,00	0,10	17,61
Julio	7403,01	0,87	40,88	0,26329	70395	3,7	3,71	18,82	56100,00	1,00	0,10	14,79	63100,00	1,00	0,10	16,63
Agosto	7891,44	0,87	40,88	0,28066	70395	3,7	3,71	20,06	56100,00	1,00	0,10	15,76	63100,00	1,00	0,10	17,73
Septiembre	6399,61	0,87	40,88	0,22761	70395	3,7	3,71	16,27	56100,00	1,00	0,10	12,78	63100,00	1,00	0,10	14,37
Octubre	6029,78	0,87	40,88	0,21445	70395	3,7	3,71	15,33	56100,00	1,00	0,10	12,04	63100,00	1,00	0,10	13,54
Noviembre	7650,69	0,87	40,88	0,2721	70395	3,7	3,71	19,45	56100,00	1,00	0,10	15,28	63100,00	1,00	0,10	17,18
Diciembre	3152,45	0,87	40,88	0,11212	70395	3,7	3,71	8,01	56100,00	1,00	0,10	6,30	63100,00	1,00	0,10	7,08
TOTAL	69760,53	--	--	2,4811	--	--	--	177,35	--	--	--	139,32	--	--	--	156,69

Camión Fabrica	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	393,68	0,87	40,88	0,014	70395	3,7	3,71	1,00	56100,00	1,00	0,10	0,79	63100,00	1,00	0,10	0,88
Febrero	919,85	0,87	40,88	0,03272	70395	3,7	3,71	2,34	56100,00	1,00	0,10	1,84	63100,00	1,00	0,10	2,07
Marzo	916,07	0,87	40,88	0,03258	70395	3,7	3,71	2,33	56100,00	1,00	0,10	1,83	63100,00	1,00	0,10	2,06
Abril	802,51	0,87	40,88	0,02854	70395	3,7	3,71	2,04	56100,00	1,00	0,10	1,60	63100,00	1,00	0,10	1,80
Mayo	1040,99	0,87	40,88	0,03702	70395	3,7	3,71	2,65	56100,00	1,00	0,10	2,08	63100,00	1,00	0,10	2,34
Junio	955,82	0,87	40,88	0,03399	70395	3,7	3,71	2,43	56100,00	1,00	0,10	1,91	63100,00	1,00	0,10	2,15
Julio	734,37	0,87	40,88	0,02612	70395	3,7	3,71	1,87	56100,00	1,00	0,10	1,47	63100,00	1,00	0,10	1,65
Agosto	1052,34	0,87	40,88	0,03743	70395	3,7	3,71	2,68	56100,00	1,00	0,10	2,10	63100,00	1,00	0,10	2,36
Septiembre	181,70	0,87	40,88	0,00646	70395	3,7	3,71	0,46	56100,00	1,00	0,10	0,36	63100,00	1,00	0,10	0,41
Octubre	1650,44	0,87	40,88	0,0587	70395	3,7	3,71	4,20	56100,00	1,00	0,10	3,30	63100,00	1,00	0,10	3,71
Noviembre	1152,66	0,87	40,88	0,04099	70395	3,7	3,71	2,93	56100,00	1,00	0,10	2,30	63100,00	1,00	0,10	2,59
Diciembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
TOTAL	9800,43	--	--	0,3486	--	--	--	24,92	--	--	--	19,57	--	--	--	22,01

Camioneta	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	6329,96	0,87	40,88	0,22513	70395	3,7	3,71	16,09	56100,00	1,00	0,10	12,64	63100,00	1,00	0,10	14,22
Febrero	8051,19	0,87	40,88	0,28635	70395	3,7	3,71	20,47	56100,00	1,00	0,10	16,08	63100,00	1,00	0,10	18,08
Marzo	7103,32	0,87	40,88	0,25263	70395	3,7	3,71	18,06	56100,00	1,00	0,10	14,19	63100,00	1,00	0,10	15,95
Abril	7696,50	0,87	40,88	0,27373	70395	3,7	3,71	19,57	56100,00	1,00	0,10	15,37	63100,00	1,00	0,10	17,29
Mayo	7400,48	0,87	40,88	0,2632	70395	3,7	3,71	18,81	56100,00	1,00	0,10	14,78	63100,00	1,00	0,10	16,62
Junio	8298,38	0,87	40,88	0,29514	70395	3,7	3,71	21,10	56100,00	1,00	0,10	16,57	63100,00	1,00	0,10	18,64
Julio	7616,24	0,87	40,88	0,27088	70395	3,7	3,71	19,36	56100,00	1,00	0,10	15,21	63100,00	1,00	0,10	17,11
Agosto	7760,85	0,87	40,88	0,27602	70395	3,7	3,71	19,73	56100,00	1,00	0,10	15,50	63100,00	1,00	0,10	17,43
Septiembre	8691,68	0,87	40,88	0,30912	70395	3,7	3,71	22,10	56100,00	1,00	0,10	17,36	63100,00	1,00	0,10	19,52
Octubre	7560,98	0,87	40,88	0,26891	70395	3,7	3,71	19,22	56100,00	1,00	0,10	15,10	63100,00	1,00	0,10	16,98
Noviembre	7830,50	0,87	40,88	0,2785	70395	3,7	3,71	19,91	56100,00	1,00	0,10	15,64	63100,00	1,00	0,10	17,59
Diciembre	3596,14	0,87	40,88	0,1279	70395	3,7	3,71	9,14	56100,00	1,00	0,10	7,18	63100,00	1,00	0,10	8,08
TOTAL	87936,21	--	--	3,1275	--	--	--	223,56	--	--	--	175,62	--	--	--	197,52

Cargador Frontal	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	33849,51	0,87	40,88	1,20388	70395	3,7	3,71	86,06	56100,00	1,00	0,10	67,60	63100,00	1,00	0,10	76,03
Febrero	53872,33	0,87	40,88	1,916	70395	3,7	3,71	136,96	56100,00	1,00	0,10	107,59	63100,00	1,00	0,10	121,00
Marzo	21060,36	0,87	40,88	0,74902	70395	3,7	3,71	53,54	56100,00	1,00	0,10	42,06	63100,00	1,00	0,10	47,30
Abril	6685,72	0,87	40,88	0,23778	70395	3,7	3,71	17,00	56100,00	1,00	0,10	13,35	63100,00	1,00	0,10	15,02
Mayo	25375,61	0,87	40,88	0,9025	70395	3,7	3,71	64,51	56100,00	1,00	0,10	50,68	63100,00	1,00	0,10	57,00
Junio	34185,55	0,87	40,88	1,21583	70395	3,7	3,71	86,91	56100,00	1,00	0,10	68,27	63100,00	1,00	0,10	76,79
Julio	6276,44	0,87	40,88	0,22323	70395	3,7	3,71	15,96	56100,00	1,00	0,10	12,54	63100,00	1,00	0,10	14,10
Agosto	5069,95	0,87	40,88	0,18032	70395	3,7	3,71	12,89	56100,00	1,00	0,10	10,13	63100,00	1,00	0,10	11,39
Septiembre	4527,54	0,87	40,88	0,16102	70395	3,7	3,71	11,51	56100,00	1,00	0,10	9,04	63100,00	1,00	0,10	10,17
Octubre	31715,34	0,87	40,88	1,12798	70395	3,7	3,71	80,63	56100,00	1,00	0,10	63,34	63100,00	1,00	0,10	71,24
Noviembre	18721,81	0,87	40,88	0,66585	70395	3,7	3,71	47,60	56100,00	1,00	0,10	37,39	63100,00	1,00	0,10	42,05
Diciembre	18243,48	0,87	40,88	0,64884	70395	3,7	3,71	46,38	56100,00	1,00	0,10	36,44	63100,00	1,00	0,10	40,98
TOTAL	259538,62	--	--	9,2322	--	--	--	659,94	--	--	--	518,43	--	--	--	583,06

Excavadora	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	39790,87	0,87	40,88	1,41519	70395	3,7	3,71	101,16	56100,00	1,00	0,10	79,47	63100,00	1,00	0,10	89,38
Febrero	54647,16	0,87	40,88	1,94356	70395	3,7	3,71	138,93	56100,00	1,00	0,10	109,14	63100,00	1,00	0,10	122,74
Marzo	64546,12	0,87	40,88	2,29562	70395	3,7	3,71	164,10	56100,00	1,00	0,10	128,91	63100,00	1,00	0,10	144,98
Abril	91485,60	0,87	40,88	3,25374	70395	3,7	3,71	232,58	56100,00	1,00	0,10	182,71	63100,00	1,00	0,10	205,49
Mayo	91262,00	0,87	40,88	3,24579	70395	3,7	3,71	232,01	56100,00	1,00	0,10	182,27	63100,00	1,00	0,10	204,99
Junio	83147,25	0,87	40,88	2,95718	70395	3,7	3,71	211,38	56100,00	1,00	0,10	166,06	63100,00	1,00	0,10	186,76
Julio	81191,44	0,87	40,88	2,88762	70395	3,7	3,71	206,41	56100,00	1,00	0,10	162,15	63100,00	1,00	0,10	182,37
Agosto	81273,89	0,87	40,88	2,89055	70395	3,7	3,71	206,62	56100,00	1,00	0,10	162,32	63100,00	1,00	0,10	182,55
Septiembre	76259,47	0,87	40,88	2,71221	70395	3,7	3,71	193,87	56100,00	1,00	0,10	152,30	63100,00	1,00	0,10	171,29
Octubre	75736,82	0,87	40,88	2,69363	70395	3,7	3,71	192,55	56100,00	1,00	0,10	151,26	63100,00	1,00	0,10	170,11
Noviembre	84982,72	0,87	40,88	3,02246	70395	3,7	3,71	216,05	56100,00	1,00	0,10	169,72	63100,00	1,00	0,10	190,88
Diciembre	48179,53	0,87	40,88	1,71353	70395	3,7	3,71	122,49	56100,00	1,00	0,10	96,22	63100,00	1,00	0,10	108,22
TOTAL	872502,86	--	--	31,031	--	--	--	2218,16	--	--	--	1742,54	--	--	--	1959,75

Grúa	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Febrero	185,49	0,87	40,88	0,0066	70395	3,7	3,71	0,47	56100,00	1,00	0,10	0,37	63100,00	1,00	0,10	0,42
Marzo	196,84	0,87	40,88	0,007	70395	3,7	3,71	0,50	56100,00	1,00	0,10	0,39	63100,00	1,00	0,10	0,44
Abril	174,13	0,87	40,88	0,00619	70395	3,7	3,71	0,44	56100,00	1,00	0,10	0,35	63100,00	1,00	0,10	0,39
Mayo	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Junio	196,84	0,87	40,88	0,007	70395	3,7	3,71	0,50	56100,00	1,00	0,10	0,39	63100,00	1,00	0,10	0,44
Julio	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Agosto	158,99	0,87	40,88	0,00565	70395	3,7	3,71	0,40	56100,00	1,00	0,10	0,32	63100,00	1,00	0,10	0,36
Septiembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Octubre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Noviembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Diciembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
TOTAL	912,28	--	--	0,0324	--	--	--	2,32	--	--	--	1,82	--	--	--	2,05

Luminaria	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	1470,63	0,87	40,88	0,0523	70395	3,7	3,71	3,74	56100,00	1,00	0,10	2,94	63100,00	1,00	0,10	3,30
Febrero	2167,15	0,87	40,88	0,07708	70395	3,7	3,71	5,51	56100,00	1,00	0,10	4,33	63100,00	1,00	0,10	4,87
Marzo	2187,97	0,87	40,88	0,07782	70395	3,7	3,71	5,56	56100,00	1,00	0,10	4,37	63100,00	1,00	0,10	4,91
Abril	2239,07	0,87	40,88	0,07963	70395	3,7	3,71	5,69	56100,00	1,00	0,10	4,47	63100,00	1,00	0,10	5,03
Mayo	3104,04	0,87	40,88	0,1104	70395	3,7	3,71	7,89	56100,00	1,00	0,10	6,20	63100,00	1,00	0,10	6,97
Junio	2757,67	0,87	40,88	0,09808	70395	3,7	3,71	7,01	56100,00	1,00	0,10	5,51	63100,00	1,00	0,10	6,19
Julio	2983,66	0,87	40,88	0,10612	70395	3,7	3,71	7,59	56100,00	1,00	0,10	5,96	63100,00	1,00	0,10	6,70
Agosto	2687,64	0,87	40,88	0,09559	70395	3,7	3,71	6,83	56100,00	1,00	0,10	5,37	63100,00	1,00	0,10	6,04
Septiembre	2956,41	0,87	40,88	0,10515	70395	3,7	3,71	7,52	56100,00	1,00	0,10	5,90	63100,00	1,00	0,10	6,64
Octubre	3098,36	0,87	40,88	0,11019	70395	3,7	3,71	7,88	56100,00	1,00	0,10	6,19	63100,00	1,00	0,10	6,96
Noviembre	3230,85	0,87	40,88	0,11491	70395	3,7	3,71	8,21	56100,00	1,00	0,10	6,45	63100,00	1,00	0,10	7,26
Diciembre	1794,28	0,87	40,88	0,06381	70395	3,7	3,71	4,56	56100,00	1,00	0,10	3,58	63100,00	1,00	0,10	4,03
TOTAL	30677,72	--	--	1,0911	--	--	--	77,99	--	--	--	61,27	--	--	--	68,91

Montacargas	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	53,00	0,87	40,88	0,00188	70395	3,7	3,71	0,13	56100,00	1,00	0,10	0,11	63100,00	1,00	0,10	0,12
Febrero	200,63	0,87	40,88	0,00714	70395	3,7	3,71	0,51	56100,00	1,00	0,10	0,40	63100,00	1,00	0,10	0,45
Marzo	210,09	0,87	40,88	0,00747	70395	3,7	3,71	0,53	56100,00	1,00	0,10	0,42	63100,00	1,00	0,10	0,47
Abril	211,98	0,87	40,88	0,00754	70395	3,7	3,71	0,54	56100,00	1,00	0,10	0,42	63100,00	1,00	0,10	0,48
Mayo	219,55	0,87	40,88	0,00781	70395	3,7	3,71	0,56	56100,00	1,00	0,10	0,44	63100,00	1,00	0,10	0,49
Junio	216,53	0,87	40,88	0,0077	70395	3,7	3,71	0,55	56100,00	1,00	0,10	0,43	63100,00	1,00	0,10	0,49
Julio	183,21	0,87	40,88	0,00652	70395	3,7	3,71	0,47	56100,00	1,00	0,10	0,37	63100,00	1,00	0,10	0,41
Agosto	230,91	0,87	40,88	0,00821	70395	3,7	3,71	0,59	56100,00	1,00	0,10	0,46	63100,00	1,00	0,10	0,52
Septiembre	213,50	0,87	40,88	0,00759	70395	3,7	3,71	0,54	56100,00	1,00	0,10	0,43	63100,00	1,00	0,10	0,48
Octubre	71,17	0,87	40,88	0,00253	70395	3,7	3,71	0,18	56100,00	1,00	0,10	0,14	63100,00	1,00	0,10	0,16
Noviembre	151,42	0,87	40,88	0,00539	70395	3,7	3,71	0,38	56100,00	1,00	0,10	0,30	63100,00	1,00	0,10	0,34
Diciembre	67,00	0,87	40,88	0,00238	70395	3,7	3,71	0,17	56100,00	1,00	0,10	0,13	63100,00	1,00	0,10	0,15
TOTAL	2028,98	--	--	0,0722	--	--	--	5,16	--	--	--	4,05	--	--	--	4,56

Motoniveladora	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	5277,13	0,87	40,88	0,18768	70395	3,7	3,71	13,42	56100,00	1,00	0,10	10,54	63100,00	1,00	0,10	11,85
Febrero	5734,90	0,87	40,88	0,20397	70395	3,7	3,71	14,58	56100,00	1,00	0,10	11,45	63100,00	1,00	0,10	12,88
Marzo	5494,52	0,87	40,88	0,19542	70395	3,7	3,71	13,97	56100,00	1,00	0,10	10,97	63100,00	1,00	0,10	12,34
Abril	5238,44	0,87	40,88	0,18631	70395	3,7	3,71	13,32	56100,00	1,00	0,10	10,46	63100,00	1,00	0,10	11,77
Mayo	5396,59	0,87	40,88	0,19193	70395	3,7	3,71	13,72	56100,00	1,00	0,10	10,78	63100,00	1,00	0,10	12,12
Junio	4574,67	0,87	40,88	0,1627	70395	3,7	3,71	11,63	56100,00	1,00	0,10	9,14	63100,00	1,00	0,10	10,28
Julio	3878,00	0,87	40,88	0,13792	70395	3,7	3,71	9,86	56100,00	1,00	0,10	7,75	63100,00	1,00	0,10	8,71
Agosto	3715,38	0,87	40,88	0,13214	70395	3,7	3,71	9,45	56100,00	1,00	0,10	7,42	63100,00	1,00	0,10	8,35
Septiembre	3221,38	0,87	40,88	0,11457	70395	3,7	3,71	8,19	56100,00	1,00	0,10	6,43	63100,00	1,00	0,10	7,24
Octubre	4368,36	0,87	40,88	0,15536	70395	3,7	3,71	11,11	56100,00	1,00	0,10	8,72	63100,00	1,00	0,10	9,81
Noviembre	4678,54	0,87	40,88	0,1664	70395	3,7	3,71	11,89	56100,00	1,00	0,10	9,34	63100,00	1,00	0,10	10,51
Diciembre	2423,50	0,87	40,88	0,08619	70395	3,7	3,71	6,16	56100,00	1,00	0,10	4,84	63100,00	1,00	0,10	5,44
TOTAL	54001,41	--	--	1,9206	--	--	--	137,29	--	--	--	107,85	--	--	--	121,29

Ómnibus	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	936,89	0,87	40,88	0,03332	70395	3,7	3,71	2,38	56100,00	1,00	0,10	1,87	63100,00	1,00	0,10	2,10
Febrero	1169,69	0,87	40,88	0,0416	70395	3,7	3,71	2,97	56100,00	1,00	0,10	2,34	63100,00	1,00	0,10	2,63
Marzo	855,50	0,87	40,88	0,03043	70395	3,7	3,71	2,17	56100,00	1,00	0,10	1,71	63100,00	1,00	0,10	1,92
Abril	1035,31	0,87	40,88	0,03682	70395	3,7	3,71	2,63	56100,00	1,00	0,10	2,07	63100,00	1,00	0,10	2,33
Mayo	946,35	0,87	40,88	0,03366	70395	3,7	3,71	2,41	56100,00	1,00	0,10	1,89	63100,00	1,00	0,10	2,13
Junio	573,49	0,87	40,88	0,0204	70395	3,7	3,71	1,46	56100,00	1,00	0,10	1,15	63100,00	1,00	0,10	1,29
Julio	768,44	0,87	40,88	0,02733	70395	3,7	3,71	1,95	56100,00	1,00	0,10	1,53	63100,00	1,00	0,10	1,73
Agosto	836,58	0,87	40,88	0,02975	70395	3,7	3,71	2,13	56100,00	1,00	0,10	1,67	63100,00	1,00	0,10	1,88
Septiembre	878,22	0,87	40,88	0,03123	70395	3,7	3,71	2,23	56100,00	1,00	0,10	1,75	63100,00	1,00	0,10	1,97
Octubre	911,53	0,87	40,88	0,03242	70395	3,7	3,71	2,32	56100,00	1,00	0,10	1,82	63100,00	1,00	0,10	2,05
Noviembre	759,35	0,87	40,88	0,02701	70395	3,7	3,71	1,93	56100,00	1,00	0,10	1,52	63100,00	1,00	0,10	1,71
Diciembre	431,54	0,87	40,88	0,01535	70395	3,7	3,71	1,10	56100,00	1,00	0,10	0,86	63100,00	1,00	0,10	0,97
TOTAL	10102,88	--	--	0,3593	--	--	--	25,68	--	--	--	20,18	--	--	--	22,69

Perforadora	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	22731,10	0,87	40,88	0,80845	70395	3,7	3,71	57,79	56100,00	1,00	0,10	45,40	63100,00	1,00	0,10	51,06
Febrero	35289,94	0,87	40,88	1,25511	70395	3,7	3,71	89,72	56100,00	1,00	0,10	70,48	63100,00	1,00	0,10	79,27
Marzo	37184,46	0,87	40,88	1,32249	70395	3,7	3,71	94,53	56100,00	1,00	0,10	74,26	63100,00	1,00	0,10	83,52
Abril	36179,70	0,87	40,88	1,28675	70395	3,7	3,71	91,98	56100,00	1,00	0,10	72,26	63100,00	1,00	0,10	81,26
Mayo	39388,71	0,87	40,88	1,40088	70395	3,7	3,71	100,14	56100,00	1,00	0,10	78,67	63100,00	1,00	0,10	88,47
Junio	58896,32	0,87	40,88	2,09468	70395	3,7	3,71	149,73	56100,00	1,00	0,10	117,63	63100,00	1,00	0,10	132,29
Julio	42705,97	0,87	40,88	1,51886	70395	3,7	3,71	108,57	56100,00	1,00	0,10	85,29	63100,00	1,00	0,10	95,92
Agosto	52644,19	0,87	40,88	1,87232	70395	3,7	3,71	133,84	56100,00	1,00	0,10	105,14	63100,00	1,00	0,10	118,25
Septiembre	51762,04	0,87	40,88	1,84095	70395	3,7	3,71	131,59	56100,00	1,00	0,10	103,38	63100,00	1,00	0,10	116,26
Octubre	59478,22	0,87	40,88	2,11538	70395	3,7	3,71	151,21	56100,00	1,00	0,10	118,79	63100,00	1,00	0,10	133,60
Noviembre	77898,78	0,87	40,88	2,77052	70395	3,7	3,71	198,04	56100,00	1,00	0,10	155,58	63100,00	1,00	0,10	174,97
Diciembre	33875,86	0,87	40,88	1,20482	70395	3,7	3,71	86,12	56100,00	1,00	0,10	67,66	63100,00	1,00	0,10	76,09
TOTAL	548035,28	--	--	19,491	--	--	--	1393,27	--	--	--	1094,52	--	--	--	1230,96

Retroexcavadora	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	897,14	0,87	40,88	0,03191	70395	3,7	3,71	2,28	56100,00	1,00	0,10	1,79	63100,00	1,00	0,10	2,02
Febrero	2787,95	0,87	40,88	0,09916	70395	3,7	3,71	7,09	56100,00	1,00	0,10	5,57	63100,00	1,00	0,10	6,26
Marzo	2203,11	0,87	40,88	0,07835	70395	3,7	3,71	5,60	56100,00	1,00	0,10	4,40	63100,00	1,00	0,10	4,95
Abril	1911,63	0,87	40,88	0,06799	70395	3,7	3,71	4,86	56100,00	1,00	0,10	3,82	63100,00	1,00	0,10	4,29
Mayo	4003,07	0,87	40,88	0,14237	70395	3,7	3,71	10,18	56100,00	1,00	0,10	7,99	63100,00	1,00	0,10	8,99
Junio	2823,92	0,87	40,88	0,10043	70395	3,7	3,71	7,18	56100,00	1,00	0,10	5,64	63100,00	1,00	0,10	6,34
Julio	2497,61	0,87	40,88	0,08883	70395	3,7	3,71	6,35	56100,00	1,00	0,10	4,99	63100,00	1,00	0,10	5,61
Agosto	1547,48	0,87	40,88	0,05504	70395	3,7	3,71	3,93	56100,00	1,00	0,10	3,09	63100,00	1,00	0,10	3,48
Septiembre	2242,86	0,87	40,88	0,07977	70395	3,7	3,71	5,70	56100,00	1,00	0,10	4,48	63100,00	1,00	0,10	5,04
Octubre	1586,09	0,87	40,88	0,05641	70395	3,7	3,71	4,03	56100,00	1,00	0,10	3,17	63100,00	1,00	0,10	3,56
Noviembre	2102,80	0,87	40,88	0,07479	70395	3,7	3,71	5,35	56100,00	1,00	0,10	4,20	63100,00	1,00	0,10	4,72
Diciembre	475,07	0,87	40,88	0,0169	70395	3,7	3,71	1,21	56100,00	1,00	0,10	0,95	63100,00	1,00	0,10	1,07
TOTAL	25078,72	--	--	0,8919	--	--	--	63,76	--	--	--	50,09	--	--	--	56,33

Rodillo Compactador	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Febrero	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Marzo	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Abril	177,80	0,87	40,88	0,00632	70395	3,7	3,71	0,45	56100,00	1,00	0,10	0,36	63100,00	1,00	0,10	0,40
Mayo	1398,71	0,87	40,88	0,04975	70395	3,7	3,71	3,56	56100,00	1,00	0,10	2,79	63100,00	1,00	0,10	3,14
Junio	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Julio	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Agosto	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Septiembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Octubre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Noviembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
Diciembre	0,00	0,87	40,88	0	70395	3,7	3,71	0,00	56100,00	1,00	0,10	0,00	63100,00	1,00	0,10	0,00
TOTAL	1576,51	--	--	0,0561	--	--	--	4,01	--	--	--	3,15	--	--	--	3,54

Tractor	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	21618,10	0,87	40,88	0,76886	70395	3,7	3,71	54,96	56100,00	1,00	0,10	43,17	63100,00	1,00	0,10	48,56
Febrero	23765,45	0,87	40,88	0,84523	70395	3,7	3,71	60,42	56100,00	1,00	0,10	47,46	63100,00	1,00	0,10	53,38
Marzo	27557,82	0,87	40,88	0,98011	70395	3,7	3,71	70,06	56100,00	1,00	0,10	55,04	63100,00	1,00	0,10	61,90
Abril	35684,08	0,87	40,88	1,26913	70395	3,7	3,71	90,72	56100,00	1,00	0,10	71,27	63100,00	1,00	0,10	80,15
Mayo	41916,41	0,87	40,88	1,49078	70395	3,7	3,71	106,56	56100,00	1,00	0,10	83,71	63100,00	1,00	0,10	94,15
Junio	34970,34	0,87	40,88	1,24374	70395	3,7	3,71	88,90	56100,00	1,00	0,10	69,84	63100,00	1,00	0,10	78,55
Julio	27038,20	0,87	40,88	0,96163	70395	3,7	3,71	68,74	56100,00	1,00	0,10	54,00	63100,00	1,00	0,10	60,73
Agosto	27039,07	0,87	40,88	0,96166	70395	3,7	3,71	68,74	56100,00	1,00	0,10	54,00	63100,00	1,00	0,10	60,73
Septiembre	32729,03	0,87	40,88	1,16403	70395	3,7	3,71	83,21	56100,00	1,00	0,10	65,37	63100,00	1,00	0,10	73,51
Octubre	34309,44	0,87	40,88	1,22024	70395	3,7	3,71	87,22	56100,00	1,00	0,10	68,52	63100,00	1,00	0,10	77,06
Noviembre	34087,58	0,87	40,88	1,21235	70395	3,7	3,71	86,66	56100,00	1,00	0,10	68,08	63100,00	1,00	0,10	76,57
Diciembre	19134,79	0,87	40,88	0,68054	70395	3,7	3,71	48,65	56100,00	1,00	0,10	38,22	63100,00	1,00	0,10	42,98
TOTAL	359850,31	--	--	12,798	--	--	--	914,84	--	--	--	718,68	--	--	--	808,27

Volquetes	Litros	Densidad (kg/l)	VCN (TJ/Gg)	Energía (TJ)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (Diésel B5)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GNV)	Factor de Emisión CO2 (kg/TJ)	Factor de Emisión CH4 (kg/TJ)	Factor de Emisión N2O (kg/TJ)	tCO2eq (GLP)
Enero	90957,50	0,87	40,88	3,23496	70395	3,7	3,71	231,24	56100,00	1,00	0,10	181,66	63100,00	1,00	0,10	204,30
Febrero	140173,28	0,87	40,88	4,98535	70395	3,7	3,71	356,36	56100,00	1,00	0,10	279,95	63100,00	1,00	0,10	314,85
Marzo	137777,30	0,87	40,88	4,90013	70395	3,7	3,71	350,27	56100,00	1,00	0,10	275,16	63100,00	1,00	0,10	309,47
Abril	165702,12	0,87	40,88	5,8933	70395	3,7	3,71	421,26	56100,00	1,00	0,10	330,94	63100,00	1,00	0,10	372,19
Mayo	177712,85	0,87	40,88	6,32046	70395	3,7	3,71	451,80	56100,00	1,00	0,10	354,92	63100,00	1,00	0,10	399,17
Junio	183723,28	0,87	40,88	6,53423	70395	3,7	3,71	467,08	56100,00	1,00	0,10	366,93	63100,00	1,00	0,10	412,67
Julio	154658,72	0,87	40,88	5,50053	70395	3,7	3,71	393,19	56100,00	1,00	0,10	308,88	63100,00	1,00	0,10	347,38
Agosto	146046,49	0,87	40,88	5,19423	70395	3,7	3,71	371,29	56100,00	1,00	0,10	291,68	63100,00	1,00	0,10	328,04
Septiembre	149899,40	0,87	40,88	5,33126	70395	3,7	3,71	381,09	56100,00	1,00	0,10	299,37	63100,00	1,00	0,10	336,69
Octubre	157716,42	0,87	40,88	5,60928	70395	3,7	3,71	400,96	56100,00	1,00	0,10	314,99	63100,00	1,00	0,10	354,25
Noviembre	167900,84	0,87	40,88	5,97149	70395	3,7	3,71	426,85	56100,00	1,00	0,10	335,33	63100,00	1,00	0,10	377,13
Diciembre	85483,07	0,87	40,88	3,04026	70395	3,7	3,71	217,32	56100,00	1,00	0,10	170,72	63100,00	1,00	0,10	192,01
TOTAL	1757751,27	--	--	62,515	--	--	--	4468,72	--	--	--	3510,53	--	--	--	3948,13

Anexo 9: Medidas propuestas para ecoeficiencia energética

1. Medidas propuestas para ecoeficiencia energética

- Luz Natural

- Siempre que sea posible, aprovechar la luz natural.
- Colocar domos o “tragaluces” traslucidos para que la luz solar entre a las oficinas de forma difusa y no cree problemas de deslumbramiento.
- Se debe considerar lozas o pisos de color claro para mejorar la reflectividad y reducir la cantidad de luz absorbida por el piso.
- Las paredes y los techos de las oficinas deberían ser de color claro (blanco) y presentar un acabado liso y ligeramente mate.
- Para lograr una mayor eficiencia de las luminarias se recomienda mantener una altura de techo estándar (2,5 a 2,7 metros), en todas las oficinas.
- Retirar las luminarias quemadas y/o defectuosa puesto a que causan un consumo innecesario de electricidad
- Mantener las luminarias y las ventanas limpias para facilitar el paso de la luz
- Diseñar los circuitos de iluminación de las áreas de tal forma que sea posible ajustar la operación de las lámparas según la disponibilidad de luz natural y las necesidades de iluminación. Por ejemplo; activar la iluminación por líneas.

- Equipos eléctricos, computadoras y equipos ofimáticos en general

- Los equipos de oficina y equipos eléctricos se deben mantener apagados cuando no se usan y desenchufados en todo momento que sea posible.
- Las computadoras se deberán apagar en la hora del refrigerio. En el caso que se dificulte esta acción, por lo menos se deberá apagar el monitor.

2. Cuadro de control para buenas prácticas en el uso eficiente de energía eléctrica

Estado			Buenas prácticas para el uso eficiente de la energía	Plazo
Concluido	Pendiente	Inaplicable	Corto plazo (1 a 12 meses) – C Mediano plazo (> 12 a 36 meses) – M Largo plazo (> 36 a 60 meses) - L	
			Políticas para el uso eficiente de la energía	
			Diseñar, desarrollar, e implementar las políticas, lineamientos, estándares o compromisos que la Unidad Minera debe cumplir para llevar el uso eficiente de la energía eléctrica.	
			Comunicar las políticas a las partes interesadas: comunidades, empleados, empresas contratistas, proveedores, clientes, con el fin de que tomen conciencia y cumplan con los lineamientos.	
			Estructura de las oficinas	
			Aprovechar la luz natural y el calor solar para las oficinas actuales y también para las nuevas.	
			Utilizar fuentes de energía renovables, como paneles solares.	
			Estructura y mantenimiento de instalaciones	
			Designar al departamento eléctrico para que establezca y realice el programa de mantenimiento.	
			Las áreas o ambientes que se utilizan con poca frecuencia deben tener interruptores automáticos de apagado para la iluminación.	
			Instalar sensores infrarrojos o controles activados por la luz del día para verificar si las luces se apagan tan pronto como hay suficiente luz natural.	
			Usar supresores de pico para los equipos de oficina, para evitar los consumos excesivos de energía eléctrica.	
			Ahorro de energía en iluminación y equipos de oficina	
			Tomar en cuenta los criterios ambientales tales como; consumo de energía, facilidad de reparación, tiempo de vida útil, facilidad para el reciclaje, al comprar dispositivos de iluminación, equipos de oficina (PC, impresoras, fax, entre otros) y otro tipo de aparatos eléctricos.	
			Utilizar fluorescentes ahorradores	
			Aprovechar la luz natural	
			Abrir las cortinas para que entre suficiente luz natural.	
			Controlar la iluminación externa con luces infrarrojas de movimiento.	
			De preferencia usar equipos multifuncionales para generar un ahorro de energía eléctrica.	
			Evitar secar objetos en las termas calefactoras.	
			Campañas para promover la participación de los empleados	
			Diseñar concursos para motivar a los colaboradores de la unidad minera a ahorrar energía eléctrica	
			Instalar un buzón de sugerencia para temas ambientales de manera que los actores interesados tengan un rol proactivo, que pueden ser parte de las soluciones y sientan que pueden aportar sus ideas para beneficio común.	
			Formar e informar a todo el personal de la unidad minera las posibilidades de ahorro de energía eléctrica en su lugar de trabajo u campamentos. Algunas de las recomendaciones para dar al personal, mediante rótulos, intranet, talleres, stickers, mensajería, etc., son: <ul style="list-style-type: none"> - Apague las luces cuando no se estén utilizando. - Encienda la PC solo inmediatamente antes de usarlo. - Apague los monitores en caso de ausencia de más de 15 min. - Apague las PC y monitores en caso de ausencia de más de 30 min. - Apague los equipos de oficina en la noche. - Use protectores de pantalla de color negro, permite ahorrar energía. - Usar supresor de picos para ahorro de electricidad en equipos de oficina. 	

...continuación

			Monitoreo, estadística y difusión de metas y logros	
			Elaborar programas de monitoreo para hacer seguimiento al consumo de energía. Involucrar a todo el personal de la unidad minera.	
			Diseñar registros del consumo mensual de energía y su costo.	
			Designar una brigada que se encargue de monitorear el uso eficiente de la energía.	
			Establecer y determinar la periodicidad con que deben llevarse a cabo los mantenimientos a los sistemas de energía.	
			Indicar y exigir al personal de vigilancia rectificar que los equipos están apagados cuando el personal no está en las oficinas.	
			Establecer un periodo base, realizar un diagnóstico inicial, fijar metas para los siguientes periodos y comparar al final de cada periodo. Compartir las cifras periódicamente en la presentación de los Índices de Desempeño de Seguridad (IDS), y/o en la presentación de los Key Performance Indicators (KPI), cada semana y cada mes.	
			Incluir las metas y logros en todas las publicaciones de la unidad minera, para mantener una cultura corporativa enfocada hacia la eficiencia energética.	

FUENTE: Elaboración propia, adaptado del MINAM (2009)

Anexo 10: Datos adicionales de la prueba no-paramétrica

1. Datos adicionales de la prueba no-paramétrica

- Para conseguir la frecuencia respecto a que actividades si guardaban relación o no guardaban relación directa con la emisión de GEI respecto a cada área de la unidad minera, se detalló las actividades que se realizaban en la actividad y se realizó un cuadro de doble entrada para especificar en cuanta frecuencia influye o no influye la actividad en la generación de GEI. Las actividades citadas fueron las siguientes; “Consumo de combustibles”, “Consumo de energía eléctrica”, “Uso de papel”, “Embarques”, “Consumo de insumos”, “Estudios arqueológicos” y “Generación y disposición final de residuos sólidos”.

Finalmente, se obtuvo 407 datos de frecuencia que fueron divididos como se indica a continuación:

Áreas	Administración		Almacén		Centro Medico		Geología		Ingeniería		Medio Ambiente		Mina		Planta		Cocina		Contratas		Total
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI ^(*)	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Guarda relación																					
Consumo de Combustibles	19	0	6	0	3	0	4	0	2	0	5	0	52	0	9	0	5	0	3	0	108
Consumo de Energía Eléctrica	1	6	1	6	1	6	0	7	0	7	1	6	1	0	1	0	1	0	0	7	52
Uso de Papel	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	10
Embarques	0	5	4	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	1	4	0	5	49
Consumo de Insumos	0	11	1	10	2	9	0	11	2	9	2	9	1	10	9	0	0	11	1	10	108
Estudios Arq.	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	10
Generación y disposición de RRSS	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	7	0	0	7	0	7	0	7	0	7	70
TOTAL	21	30	13	24	7	28	5	31	5	29	17	20	55	23	20	13	8	23	5	30	407

(*) Se tomó en cuenta solo la mitad de los valores

FUENTE: Elaboración propia

De esta forma, con los valores totales de las frecuencias que “SI” y “NO” influyen en la generación de emisiones de GEI se crea la nueva tabla que se cita en el mismo ejercicio.

2. Elaboración de las cajas y bigotes

Para elaborar el diagrama de cajas y bigotes se hizo uso del programa “Microsoft Excel”. Los pasos a seguir se detallan a continuación:

- Tomar los datos de los tres Alcances por separado para realizar los cálculos respectivos.
- Realizar los cálculos de los valores mínimo, primer cuartil (Q1), segundo cuartil (Q2), tercer cuartil (Q3) y los valores máximos
- Para realizar el cálculo del valor mínimo y valor máximo se usaron las fórmulas que se indican a continuación; “=MIN(‘rango de valores’)” y “=MAX(‘rango de valores’)”, respectivamente, en este caso el valor mínimo fue de “4,29” y el valor máximo fue de “10 046,11”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3	Áreas	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3						
4	Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad)	318,77	297,55	1,21						
5	Almacén	74,31	16,46	2400,51						
6	Centro	4,29	11,19	0,11		Valor/Alcance	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
7	Geología	549,60		0,26		Min	=MIN(B4:B13)	11,19	0,11	0,11
8	Ingeniería (Geotecnia, Topografía y Oficina)	17,61		11,47		Q1	43,14	21,81	0,56	11,33
9	Medio	32,75	27,16	6,56		Q2 = Mediana	188,81	52,90	9,01	70,00
10	Mina (Pervoly	10046,11	70,00	1098,72		Q3	464,44	183,77	846,23	415,88
11	Planta (PAD, Lab. Metalúrgico, Dpto. Eléctrico, Lab.	513,00	7710,90	2684,55		Max	10046,11	7710,90	2684,55	10046,11
12	Cocina	124,61	52,90	88,77						
13	Empresas contratistas	253,00		0,35						

- Para realizar el cálculo del Q1, Q2 y Q3, se usó la fórmula que se indica a continuación; “=CUARTIL (‘rango de valores’; ‘cuartil’)”, en los tres casos los valores fueron; “43,14”, “188,81” y “464,44”.

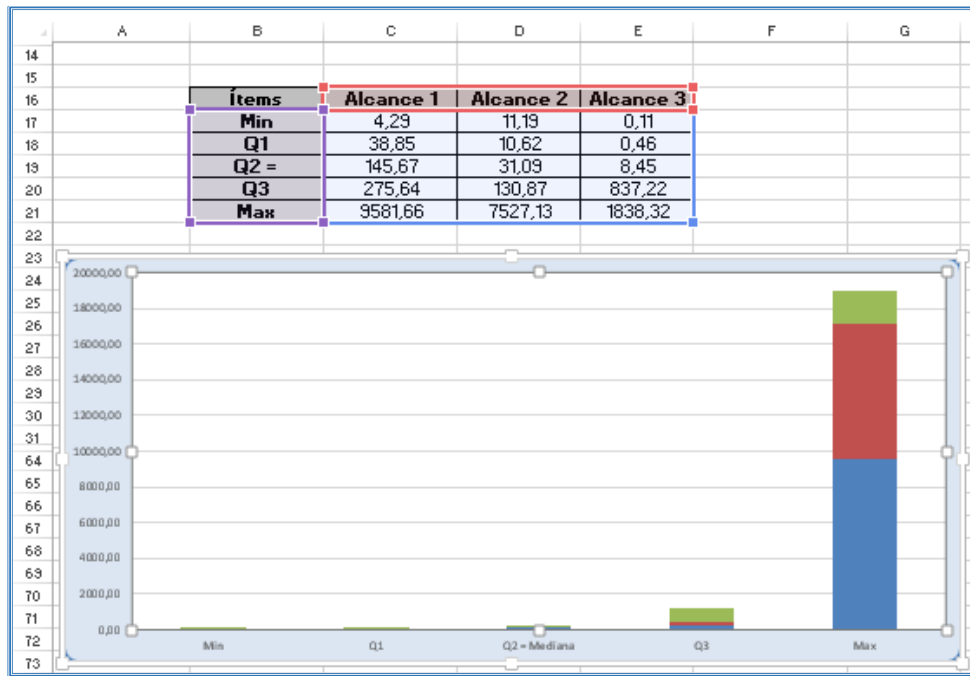
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3	Áreas	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3						
	Administración (Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad)	318,77	297,55	1,21						
4	Almacén	74,31	16,46	2400,51		Valor/Alcance	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
5	Centro	4,29	11,19	0,11		Min	4,29	11,19	0,11	0,11
6	Geología	549,60		0,26		Q1	=CUARTIL(B4:B13;1)	21,81	0,56	11,33
7	Ingeniería (Geotecnia, Topografía y Oficina)	17,61		11,47		Q2 = Mediana	188,81	52,90	9,01	70,00
8	Medio	32,75	27,16	6,56		Q3	464,44	183,77	846,23	415,88
9	Mina (Pervoly	10046,11	70,00	1098,72		Max	10046,11	7710,90	2684,55	10046,11
10	Planta (PAD, Lab. Metalúrgico, Dpto. Eléctrico, Lab.	513,00	7710,90	2684,55						
11	Cocina	124,61	52,90	88,77						
12	Empresas contratistas	253,00		0,35						
13										

- Seguidamente, para efectos de elaborar el gráfico de cajas y bigotes se calculará los “anchos” entre los valores “Mínimos”, “Q1”, “Q2”, “Q3” y “Máximos”, tal y como se indica a continuación:

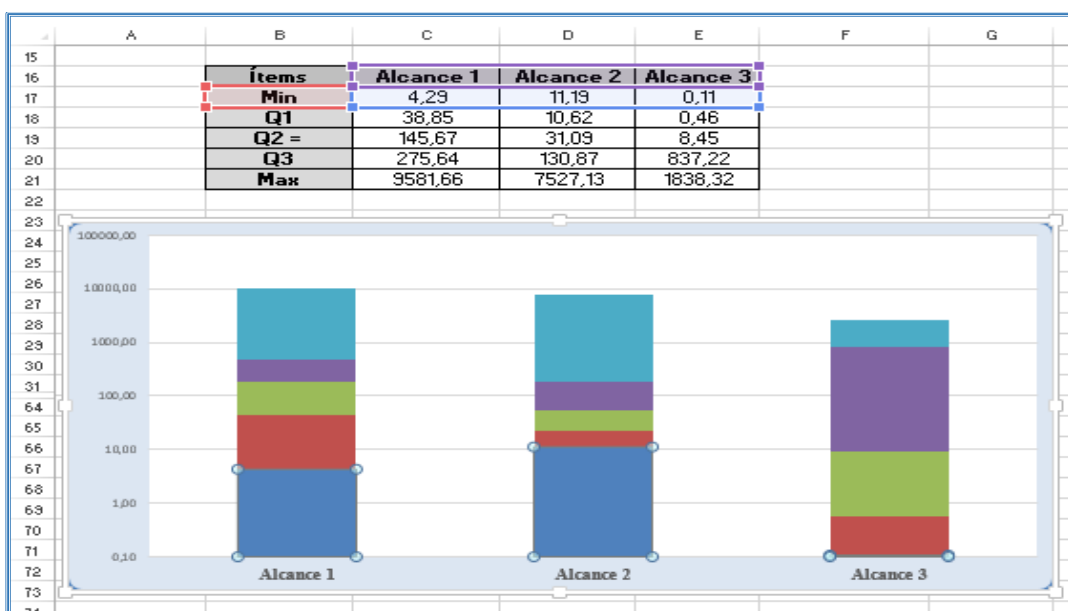
Alcance	Alcance 1		Alcance 2		Alcance 3	
	Valores	Anchos	Valores	Anchos	Valores	Anchos
Ítems						
Min	4,29	4,29	11,19	11,19	0,11	0,11
Q1	43,14	38,85	21,81	10,62	0,56	0,46
Q2 = Mediana	188,81	145,67	52,90	31,09	9,01	8,45
Q3	464,44	275,64	183,77	130,87	846,23	837,22
Max	10046,11	9581,66	7710,90	7527,13	2684,55	1838,32

FUENTE: Elaboración propia

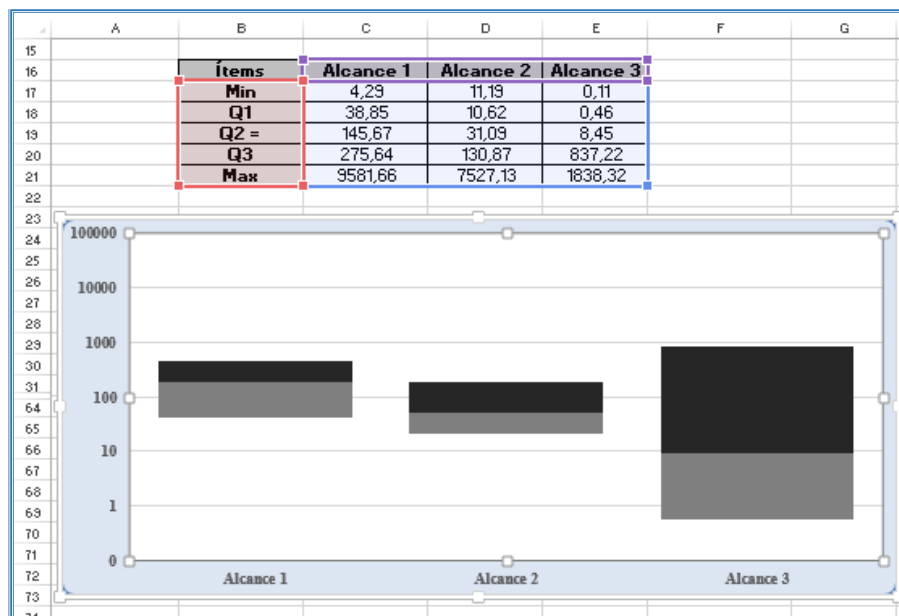
- Inmediatamente con los valores de los “anchos” se comienza a elaborar el gráfico de cajas y bigotes. En primer lugar se seleccionan los valores y se lleva a cabo la construcción de una gráfica de barras del tipo “columna apilada”.



- A continuación se debe elegir la opción “seleccionar datos” y a continuación “cambiar fila / columna”. Es importante también que con el fin de apreciar mejor el grafico se modifique los valores en escala logarítmica, para esto se debe seleccionar la barra de valores del eje “EjeVertical” seleccionar la opción “dar formato a eje” y en el apartado de “opciones de eje” activar la opción de “Escala logarítmica”, a continuación tendremos un gráfico como el que aparece a continuación:

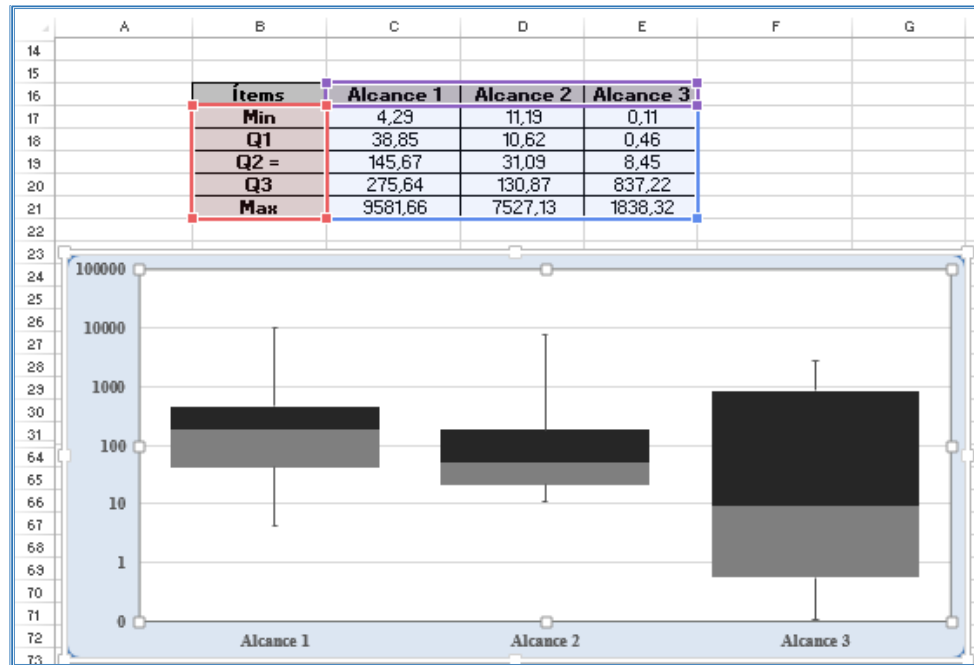


- A continuación se procede a construir las cajas, para esto se procederá a desaparecer los bloques azules, rojos y turquesas de la siguiente manera; seleccionar la opción “dar formato a eje” en cada uno de los grupos de barras ya mencionado, a continuación ubicar la opción “Relleno y línea” y seleccionar “sin relleno”, por último se propuso utilizar los colores plomo y negro tal como se ve a continuación, así también se optó por aumentar el ancho de las barras para una mejor apreciación usando las opción “Opciones de serie” y colocar un “Ancho de intervalo” de 30%, con todo lo cual el grafico quedara de la siguiente manera:



- Para construir los bigotes se debe seleccionar la “caja invisible” inmediatamente superior y la caja negra de las cajas creadas en el apartado anterior e inmediatamente realizar lo que se indica a continuación; para construir los bigotes inferiores se debe seleccionar la las barras inferiores e ir a la opción “DISEÑO”, inmediatamente seleccionar “Agregar elemento de grafico” y elegir la opción “barras de error”, en esta lista elegir “Más opciones de barras de error”, luego en la barra de modificación de datos ubicarse en “Opciones de barras de error” y en este apartado modificar en el apartado de “dirección” la opción de “Ambos” por “Menos”, así también en la barra de “Cuantía de error” cambiar el porcentaje por “100”. Por otro lado para obtener los bigotes superiores, realizar los primeros tres pasos anteriores con la barra negra superior y en seguida seleccionar en el apartado “Dirección” la opción “Mas”, así también en la barra “Cuantía de error” la opción

“Personalizar” y en la opción “Especificar valor”, seleccionar en “Valor de error positivo” los tres valores máximos hallados anteriormente como “anchos”. Al concluir todos estos pasos nos debe quedar un gráfico como el que se muestra a continuación:



- Luego de obtener el grafico correspondiente ya se puede proceder al análisis y discusión con los datos hallados con el nombre de “valores”.

Anexo 11:

1. Ejercicio de cálculo de la Huella de Carbono de un equipo perteneciente al Alcance 1

- Tomaremos como ejemplo a las Ambulancias de la unidad minera. Así pues, en el periodo de Enero a Diciembre del 2017 se tuvieron en funcionamiento en total tres (3), ambulancias.
- Luego de realizar los pasos previos al cálculo de la Huella de Carbono del equipo mencionado, se toma el dato de nuestro interés; el consumo total por año:
 - o Ambulancia Hyundai, Placa COJ-716: 145,3 gal/año; **550,02 L/año**; 45,84 L/mes
 - o Ambulancia Mahindra EUE-334: 285,5 gal/año; **1080,73 L/año**; 90,06 L/mes
 - o Ambulancia Mahindra EUE-770: 15 gal/año; **56,78 L/año**; 4,73 L/mes
- El siguiente paso, para facilidad de la operación, es convertir el consumo anual de l/año a Gg/año. Esto se realiza usando el dato de densidad correspondiente para el Diésel B5 (0,87 kg/l)¹.
 - o Consumo anual (kg/año) = 1687,54 L/año x 0,87 kg/L x 10⁻⁶
= 0,0014682 Gg/año
- El siguiente paso es calcular la energía en “TJ” para el consumo específico de estas unidades. Para esto se debe usar el Valor Calórico Neto (VCN), del Diésel B5, el cual tiene un valor de “40,88 TJ/Gg”
 - o Energía (TJ) = Consumo anual (Gg/año) x VCN (TJ/Gg)
= 0,0600 TJ
- A continuación, se calculan los pesos de los gases de efecto invernadero correspondientes al CO₂, CH₄ y N₂O usando los Factores de Emisión “70 395 kg/TJ”, “3,7 kg/TJ” y “3,71 kg/TJ” respectivamente.
 - o kgCO₂ = Energía (TJ) x FE N₂O (kgCO₂/TJ)
= 0,0600 TJ x 70 395 kg/TJ
= 4 224,98 kgCO₂
 - o kgCH₄ = Energía (TJ) x FE CH₄ (kgch₄/TJ)

$$= 0,0600 \text{ TJ} \times 3,7 \text{ kg/TJ}$$

$$= \underline{\underline{0,2221 \text{ kgCH}_4}}$$

$$\circ \text{ kgN}_2\text{O} = \text{Energía (TJ)} \times \text{FE N}_2\text{O (kgN}_2\text{O/TJ)}$$

$$= 0,0600 \text{ TJ} \times 3,71 \text{ kg/TJ}$$

$$= \underline{\underline{0,2227 \text{ kgN}_2\text{O}}}$$

- Por último se calcula las tCO₂eq sumando y convirtiendo los pesos moleculares de cada GEI en kgCO₂ usando los PCG correspondientes a cada GEI y dividiendo entre 1000 para obtener el resultado final en la unidad correspondiente.

$$\circ \text{ Entonces: } t\text{CO}_2\text{eq} = (\text{kgCO}_2\text{eq} + \text{kgCH}_4 \times \text{PCG CH}_4 + \text{kgN}_2\text{O} \times \text{PCG N}_2\text{O})/1000$$

$$= (4\ 224,98 \text{ kgCO}_2 + 0,2221 \text{ kgCH}_4 \times 28 + 0,2227 \text{ kg N}_2\text{O} \times 265)/1000 = \underline{\underline{4,29 \text{ tCO}_2\text{eq} \checkmark}}$$

2. Ejercicio de cálculo de la Huella de Carbono del Alcance 2

- Tomaremos como ejemplo al área de Planta. Así pues, en el periodo de Enero a Diciembre del 2017 se identificó que el área de Planta realizó el consumo de energía eléctrica de manera muy frecuente en sus actividades de Lavado de mineral con solución cianurada, clarificación (Merrill Crowe), Secado del precipitado y fundición y análisis de minerales del laboratorio químico.
- Luego de realizar la solicitud correspondiente de la información al área encargada (Dpto. Eléctrico), se realizó la suma y se obtuvo el total de 14 083,0254 KWh
- El siguiente paso fue determinar la Huella de Carbono usando el FE calculado del COES-SINAC que fue de 0,5475 tCO₂ / MWh
 - $t\text{CO}_2\text{eq} = \text{MWh} \times \text{FE}$
 - $= 14\ 083,0254 \text{ KWh} \times 0,5475 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$
 - $= \underline{\underline{7\ 710,90 \text{ tCO}_2\text{eq} \checkmark}}$

3. Ejercicio de cálculo de la Huella de Carbono del Alcance 3

3.1. Consumo de papel

- Tomaremos como ejemplo al área de Administración. Debido a que es el área más representativa en cuanto a consumo de papel. Cabe resaltar que se desmenuzo el área de Administración en áreas auxiliares de apoyo administrativo, como Sistemas, Bienestar Social, RRHH, Seguridad, ONG, RRCC y Contabilidad.
- A partir del reporte de los datos facilitados por el área de Almacén Central se obtuvieron los siguientes resultados:
 - o Tipo de papel: A4; A3
 - o Gramaje: 75 gr/m²; 75gr/m²
 - o Nro. de hojas usadas:139 500 hojas; 500 hojas
 - o Área: 0,0624 m²; 0,1247 m²
- A continuación se procederán a realizar las ecuaciones correspondientes para llegar a las emisiones de GEI totales de área de consumo de papel ³
 - o Peso por hoja (gr) = Gramaje (gr/m²) x Área (m²)
$$= 75 \text{ gr/m}^2 \times 0,0624 \text{ m}^2 = 4,68 \text{ gr/hoja} \dots(1)$$
$$= 75 \text{ gr/m}^2 \times 0,1247 \text{ m}^2 = 9,35 \text{ gr/hoja} \dots(2)$$
 - o Peso total (kg) = (Peso por hoja (gr/hoja) x Cantidad de hojas) / 1000
$$= (4,68 \text{ gr/hoja} \times 139\,500 \text{ hojas}) / 1000 = 652,86 \text{ kg} \dots(1)$$
$$= (9,35 \text{ gr/hoja} \times 500 \text{ hojas}) / 1000 = 4,675 \text{ kg} \dots(2)$$
 - o tCO₂eq = Peso total (kg) x FE ³
$$= 652,86 \text{ kg} \times 0,00184 \text{ tCO}_2\text{eq/kg} = 1,201262 \text{ tCO}_2\text{eq} \dots(1)$$
$$= 4,675 \text{ kg} \times 0,00184 \text{ tCO}_2\text{eq/kg} = 0,008602 \text{ tCO}_2\text{eq} \dots(2)$$
 - o Entonces: (1) + (2) = **1,21 tCO₂eq** ✓

3.2. Consumo de insumos

- Tomaremos como ejemplo al área de Planta. Debido a que es el área que cuenta con un consumo significativo de Oxido de Cal (CaO).
- A partir del reporte de los datos facilitados por el área de Almacén Central se obtuvo que el consumo de cal fue de 2 269 500 kg de CaO.

- Entonces, con ayuda de los factores de emisión que se investigaron en el documento “Guía N° 3 – Elaboración de Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero, Sector Procesos Industriales y Uso de Productos, Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los Metales” Se tiene la siguiente ecuación
- Emisiones por consumo de insumos (tCO₂eq) = (CI (kg) x FE insumo)/10000
- Basándonos en los datos mencionados reemplazamos los valores correspondientes.
- Emisiones por consumo de insumos (tCO₂eq) = (2 269 5000 kg CaO x 0,7665 kgCO₂eq / kg CaO)/ 1000
- Emisiones por consumo de insumos (tCO₂eq) = **1 739,57 tCO₂eq** ✓

3.3. Generación y disposición final de residuos solidos

- Tomaremos como ejemplo a la generación de residuos orgánicos, debido a que es el residuo solido más representativo y con más volumen dentro de la unidad minera.
- A partir de los reportes diarios de residuos sólidos que se realizan en el área de Medio Ambiente se obtuvo que la generación de residuos orgánicos fue de 109 882,79 kg
- Entonces, con ayuda de los factores de emisión que nos facilitaron Teichmann y Schempp (2013), tenemos la siguiente ecuación:
 - o Emisión (tCO₂eq) = PTRRSS (ton) x FE (tCO₂ / t residuo)
 - o Basándonos en los datos del Cuadro 10 reemplazamos los valores correspondientes.
 - o Emisión (tCO₂eq) = 109,88 ton x 0,008 tCO₂eq / t residuo) = **0,88 tCO₂eq** ✓

3.4. Embarque de materiales e insumos

- Tomaremos como ejemplo al transporte de Nitrato de Amonio, debido a que es una actividad que se lleva a cabo con mucha frecuencia, ya que es

un ingrediente clave para la Voladura.

- A partir de las guías de remisión reportadas por el área de Almacén Central y luego de haber procesado todos los datos, se obtuvieron los datos de viajes, tonelaje y distancias.
- Entonces, tenemos la siguiente ecuación:
 - Emisiones (tCO₂eq) = Carga (ton) x Distancia (km) x viajes x [FECO₂ (tCO₂/ton-km) + PCGCH₄ x FECH₄ (tCH₄/ton-km) + PCGN₂O x FEN₂O (tN₂O/ton-km)]

 - Reemplazando:
 - Emisiones (tCO₂eq) = 29,70 ton x 563 km x 85 [4,3361 x 10⁻⁴ + 28 x 5,1099 x 10⁻⁹ + 265 x 3,9419 x 10⁻⁹]
 - Emisiones (tCO₂eq) = **620,52 tCO₂eq** ✓