

CAPÍTULO II: MÉTODO

2.1 Nivel de estudio

Se aplicó el tipo de estudio exploratorio, debido a que se generó una metodología de cálculo de huella de carbono que se adapte al modelo de producción de aceite crudo y refinado de palma elaborado en Ecuador. Para esto se analizaron diferentes modelos y metodologías desarrolladas por expertos de Malasia e Indonesia.

2.2 Modalidad de investigación

Se aplicó la modalidad de campo cuando se obtuvieron los datos en las plantaciones, extractoras y refinería de aceite de palma de las variables independientes identificadas para calcular la huella de carbono. Además la modalidad documental cuando se validó toda la información y procedimientos necesarios a través de la revisión de la documentación relevante al tema de tesis. Finalmente se utilizó la modalidad de desarrollo al generar una metodología para el cálculo de la huella de carbono en la producción de aceite crudo y refinado de palma que favorecerá a las empresas exportadoras de aceite de palma para que puedan cumplir con los requerimientos europeos de importación.

2.3 Método

El presente trabajo de tesis aplicó el método Inductivo – Deductivo. La inducción se encontró en el análisis de cada proceso inmerso en la producción del aceite crudo y refinado de palma y la deducción se encontró en el análisis y disgregación de la metodología de cálculo de huella de carbono implementada por RSPO para Malasia e Indonesia.

2.4 Población y muestra

La población del proyecto de tesis fue diferenciada en tres aspectos:

- Plantaciones de palma aceitera
 - En el último censo económico se definieron 7 establecimientos de cultivo de palma aceitera industrial a nivel nacional (FLACSO, 2012).

- Extractoras de aceite crudo de palma
 - Se definieron 51 extractoras de aceite crudo de palma en el censo económico 2010 del INEC (FLACSO, 2012).
- Refinerías de aceite de palma
 - Existen 5 refinerías de aceite de palma en el país (ANCUPA, 2010a).

Como muestra, se trabajó con los procesos de producción de palma aceitera, extracción de aceite crudo de palma y refinación de aceite crudo de palma en la siguiente proporción:

- Plantaciones de palma aceitera
 - Información de tres plantaciones industriales de palma aceitera ubicadas en San Lorenzo y Quinindé en la provincia de Esmeraldas y en Shushufindi en la provincia de Sucumbíos. Es decir con el 42.86% de la población.
- Extractoras de aceite crudo de palma
 - Información de tres extractoras de aceite crudo de palma, que se encuentran estratificadas en capacidad alta, media y baja de procesamiento (60, 40 y 10 toneladas de fruta por hora). Es decir con el 5.88% de la población.
- Refinerías de aceite de palma
 - Información de una refinería de aceite de palma. Es decir con el 20% de la población.

2.5 Selección de instrumentos de investigación

El primer método de investigación aplicado fue la observación directa, que se aplicó para identificar los procesos de producción de racimos de fruta fresca de palma, aceite crudo de palma y aceite refinado de palma.

Después se aplicó el análisis documental al revisar los procesos, registros y documentos generados por las diferentes empresas, tanto en plantación, extracción y refinería.

Para completar el análisis documental fue necesario aplicar los registros como instrumento de investigación, al recopilar en registros los resultados del análisis documental.

Finalmente se desarrolló la prueba piloto de la metodología generada para verificar su validez.

2.6 Validez y confiabilidad de instrumentos

Antes de iniciar con el desarrollo de la tesis, se validaron los instrumentos de investigación seleccionados para determinar sus vulnerabilidades y posibles ingresos de errores sistemáticos en el desarrollo. El Cuadro 4 indica el resultado del análisis de validez enfocado al posible ingreso de errores sistemáticos en el desarrollo de la tesis.

Cuadro 5. Validación de los instrumentos metodológicos

INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
Observación directa	No se puede obtener toda la información por desconocer la aplicación de los procesos unitarios en plantación, extractora y refinería. De igual manera, la información obtenida puede estar sesgada dependiendo del criterio y conocimientos existentes el momento de realizar la observación directa
Análisis documental	Los documentos de procesos y registros pueden tener datos incorrectos debido al ingreso de información incorrecta que a pesar de ser generada por medios informáticos es registrada por operadores que están sujetos a cometer errores de apreciación o representación de los datos generados.
Registro	El registro de los datos levantados a través de la observación directa y el análisis documental puede contener errores sistemáticos por no representar a la variable que se desea incluir a través del formato de registro de los mismos.
Prueba piloto	El valor obtenido en la prueba piloto puede estar sesgado o ser coincidental con respecto a los valores de huella de carbono calculados con otras metodologías.

Se validaron posibles fuentes de errores sistemáticos con los instrumentos de investigación seleccionados. Para incrementar su confiabilidad disminuyendo las posibilidades de generación de errores, se implementaron acciones específicas.

Cuadro 6. Acciones para incrementar la confiabilidad de los instrumentos de investigación

INSTRUMENTO	ACCIÓN PARA INCREMENTAR CONFIABILIDAD
Observación directa	Las visitas a los procesos e instalaciones se llevaron a cabo con la asesoría técnica e inducción de los Supervisores y Jefes de procesos en las plantaciones, extractoras y refinería. También fue necesario previo a las visitas técnicas consultar fuentes bibliográficas especializadas en palma aceitera y sus derivados.
Análisis documental	Se validó con los Supervisores y Jefes de procesos los documentos analizados, verificando su concordancia.
Registro	El formato de los registros fue simplificado para almacenar los valores de las variables y sus unidades en función a la secuencia

	establecida en el proyecto de tesis.
Prueba piloto	El valor obtenido en la prueba piloto será comparado con los valores calculados con otras metodologías y también se realizará otra prueba piloto modificando los datos de producción y el resultado se comparará con los valores calculados en otra metodología.

2.7 Operacionalización de variables

2.7.1 Variables independientes

La operacionalización de las variables independientes utilizadas en el plan de tesis es:

Cuadro 7. Operacionalización de las variables de palma aceitera

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL DE MEDICIÓN	INDICADORES
Anterior uso del suelo	Actividad desarrollada sobre la tierra actualmente alberga al cultivo	Uso del suelo	Cualitativa	Actividad realizada: Tierras forestales Otros cultivos Industrial Residencial Comercial Recreacional
Cambio de uso del tierra	Fecha cuando se implantó el cultivo		Cuantitativa	Año de implantación del cultivo
Área cultivada	Extensión que ocupa el cultivo		Cuantitativa	Superficie de cultivo en hectáreas
Fertilizante N	Nitrógeno utilizado como fertilizante en el cultivo	Materias primas	Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Fertilizante P ₂ O ₅	Óxido de fósforo utilizado como fertilizante en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Fertilizante K ₂ O	Óxido de potasio utilizado como fertilizante en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Fertilizante MgO	Óxido de magnesio utilizado como		Cuantitativa	Kilogramos anuales

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

	fertilizante en el cultivo			utilizados
Fertilizante HBO ₃	Ácido bórico utilizado como fertilizante en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Compost	Compost utilizado como fertilizante en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Fungicidas	Fungicidas utilizados en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Pesticidas	Pesticidas utilizados en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Insecticidas	Insecticidas utilizados en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Herbicidas	Herbicidas utilizados en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Transporte de N	Distancia entre el cultivo y el proveedor del nitrógeno utilizado como fertilizante		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de P ₂ O ₅	Distancia entre el cultivo y el proveedor del óxido de fósforo utilizado como fertilizante		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de K ₂ O	Distancia entre el cultivo y el proveedor del óxido de potasio utilizado como fertilizante		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de MgO	Distancia entre el cultivo y el proveedor del óxido de magnesio utilizado como fertilizante		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de HBO ₃	Distancia entre el cultivo y el proveedor del ácido bórico utilizado como fertilizante		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de compost	Distancia entre el cultivo y el proveedor del	Transporte de materias primas	Cuantitativa	Kilómetros recorridos

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

	compost utilizado como fertilizante			
Transporte de fungicidas	Distancia entre el cultivo y el proveedor de fungicidas utilizados		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de pesticidas	Distancia entre el cultivo y el proveedor de pesticidas utilizados		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de insecticidas	Distancia entre el cultivo y el proveedor de insecticidas utilizados		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de herbicidas	Distancia entre el cultivo y el proveedor de herbicidas utilizados		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Maquinaria agrícola	Consumo de combustible de la maquinaria agrícola (gasóleo)	Maquinaria	Cuantitativa	Kilogramos anuales consumidos
Consumo de agua	Caudal de agua utilizado en el cultivo		Cuantitativa	Metros cúbicos consumidos al año
Origen del agua	Fuente del agua consumida	Agua utilizada	Cualitativa	Origen: Red No red
Tipo de agua	Condiciones del agua		Cualitativa	Tipo: Potable Descalcificada Desionizada
Consumo eléctrico	Cantidad de energía utilizada en la plantación	Energía eléctrica	Cuantitativa	Kilovatios hora consumidos anualmente
Gasolina	Gasolina utilizada en otros procesos del cultivo	Combustible en otros procesos	Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Residuos orgánicos generados	Cantidad de residuos orgánicos generados en el cultivo		Cuantitativa	Kilogramos anuales generados
Compostaje propio	Degradación de los residuos orgánicos para aplicar compost en los cultivos	Residuos orgánicos	Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Reincorporación	Incorporación directa de los residuos orgánicos en la		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

	plantación			
Racimo de fruta fresca	Fruta de palma aceitera cosecha y pesada	Producto	Cuantitativa	Kilogramos anuales producidos

Cuadro 8. Operacionalización de las variables de aceite crudo de palma

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL DE MEDICIÓN	INDICADORES
Racimos de fruta fresca	Fruta de palma aceitera cosecha y pesada	Materias primas	Cuantitativa	Kilogramos anuales procesados
Lubricantes	Aditivos requeridos para el funcionamiento de la maquinaria		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Transporte de racimos de fruta fresca	Distancia entre la extractora y el cultivo	Transporte de materias primas	Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Transporte de lubricantes	Distancia entre la extractora y el proveedor de los lubricantes		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Consumo de agua	Caudal de agua utilizado en la extractora	Agua utilizada	Cuantitativa	Metros cúbicos consumidos al año
Origen del agua	Fuente del agua consumida		Cualitativa	Origen: Red No red
Tipo de agua	Condiciones del agua		Cualitativa	Tipo: Potable Descalcificada Desionizada
Consumo eléctrico	Cantidad de energía utilizada en la extractora	Energía eléctrica	Cuantitativa	Kilovatios hora consumidos anualmente
Gasolina	Gasolina utilizada en los procesos	Combustibles	Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Gasóleo	Gasóleo utilizada en los procesos		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Residuos orgánicos generados	Cantidad de residuos orgánicos generados en el cultivo	Residuos orgánicos	Cuantitativa	Kilogramos anuales generados
Cogeneración propia	Generación de energía eléctrica a través del uso de residuos orgánicos		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

Compostaje propio	Degradación de los residuos orgánicos para aplicar compost en los cultivos que proveen la fruta		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Cenizas	Residuos generados de la cogeneración eléctrica	Otros residuos generados	Cuantitativa	Kilogramos anuales generados
Vertedero de cenizas	Relleno a cielo abierto		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Compostaje propio de cenizas	Incorporación de las cenizas en el compostaje propio		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Lodos	Residuo de la clarificación del aceite crudo		Cuantitativa	Kilogramos anuales generados
Gestión externa (incineración)	Secado e incineración de los lodos por una empresa externa		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Gestión propia (compostaje)	Incorporación de los lodos en el compostaje propio		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Agua residual	Agua residual del proceso de extracción de aceite crudo de palma	Aguas residuales	Cuantitativa	Metros cúbicos anuales generados
Gestión propia	Agua residual tratada a través de procesos biológicos (pantanos artificiales)		Cuantitativa	Porcentaje de agua residual procesada
Gestión externa	Agua residual tratada a través de una empresa externa		Cuantitativa	Porcentaje de agua residual procesada
Torta de palmiste	Producción de torta de palmiste a través de procesos complementarios	Co productos	Cuantitativa	Kilogramos anuales producidos
Aceite de palmiste	Producción de aceite de palmiste a través de procesos complementarios		Cuantitativa	Kilogramos anuales producidos
Aceite crudo de palma	Producción de aceite crudo de palma extraído de la fruta fresca	Producto	Cuantitativa	Kilogramos anuales producidos

Cuadro 9. Operacionalización de las variables de aceite refinado de palma

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL DE MEDICIÓN	INDICADORES
Aceite crudo de palma	Producto principal de las Extractoras de aceite de palma	Materias primas	Cuantitativa	Kilogramos anuales procesados
Hidróxido de sodio (NaOH)	Sodio utilizado como ion monovalente que sustituya los iones divalentes de calcio y magnesio del aceite crudo		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Tierras de blanqueo (bentonita)	Material absorbente utilizado para blanquear el aceite desgomado.		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Ácido cítrico	Antioxidante utilizado para preservar el aceite blanqueado		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Nitrógeno (N ₂)	Compuesto gaseoso utilizado para completar la fracción faltante de los envases		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Lubricantes	Aditivos requeridos para el funcionamiento de la maquinaria		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Envases plásticos	Unidades plásticas utilizadas para envasar el aceite refinado RBD		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Etiquetas	Unidades plásticas utilizadas para caracterizar los envases de producto		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Aceite crudo de palma	Distancia entre la planta refinadora y la extractora de aceite crudo	Transporte de materias primas	Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Hidróxido de sodio (NaOH)	Distancia entre la planta refinadora y el proveedor del hidróxido de sodio		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Tierras de blanqueo (bentonita)	Distancia entre la planta refinadora y el proveedor de las tierras de blanqueo		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Ácido cítrico	Distancia entre la		Cuantitativa	Kilómetros

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

	planta refinadora y el proveedor del ácido cítrico			recorridos
Nitrógeno (N ₂)	Distancia entre la planta refinadora y el proveedor de nitrógeno		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Lubricantes	Distancia entre la planta refinadora y el proveedor de los lubricantes		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Envases plásticos	Distancia entre la planta refinadora y el proveedor de los envases plásticos		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Etiquetas	Distancia entre la planta refinadora y el proveedor de las etiquetas		Cuantitativa	Kilómetros recorridos
Consumo de agua	Caudal de agua utilizado en la planta industrial	Agua utilizada	Cuantitativa	Metros cúbicos consumidos al año
Origen del agua	Fuente del agua consumida		Cualitativa	Origen: Red No red
Tipo de agua	Condiciones del agua		Cualitativa	Tipo: Potable Descalcificada Desionizada
Consumo eléctrico	Cantidad de energía utilizada en la planta industrial	Energía eléctrica	Cuantitativa	Kilovatios hora consumidos anualmente
Gasolina	Gasolina utilizada en los procesos	Combustibles	Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Gasóleo	Gasóleo utilizada en los procesos		Cuantitativa	Kilogramos anuales utilizados
Cenizas	Residuos generados de los calderos	Otros residuos generados	Cuantitativa	Kilogramos anuales generados
Confinación externa	Relleno técnico de quebradas		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Compostaje propio de cenizas	Incorporación de las cenizas en el compostaje propio		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Tierras de blanqueo	Residuo de blanqueamiento del		Cuantitativa	Kilogramos anuales

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

usadas	aceite desgomado			generados
Gestión externa (incineración)	Secado e incineración de las tierras de blanqueo por una empresa externa		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Gestión propia (compostaje)	Incorporación de las tierras de blanqueo en el compostaje propio		Cuantitativa	Porcentaje de residuos utilizados
Agua residual	Agua residual del proceso de refinación de aceite de palma		Cuantitativa	Metros cúbicos anuales generados
Gestión propia	Agua residual tratada a través de una PTAR	Aguas residuales	Cuantitativa	Porcentaje de agua residual procesada
Gestión externa	Agua residual tratada a través de una empresa externa		Cuantitativa	Porcentaje de agua residual procesada
Aceite refinado de palma	Producción de aceite refinado de palma	Producto	Cuantitativa	Kilogramos anuales producidos

Cuadro 10. Operacionalización de las variables de distribución de aceite crudo y refinado de palma

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL DE MEDICIÓN	INDICADORES
País	País que importa el aceite de palma		Cualitativo	Nombre del país
Tipo de aceite	Especificación del aceite que se distribuye		Cualitativo	Aceite crudo o aceite refinado
Cantidad de aceite	Cantidad del tipo de aceite que se distribuye		Cuantitativa	Kilogramos anuales distribuidos
Transporte hasta el puerto de despacho	Distancia recorrida por los tanqueros entre la salida de producto (extractora o refinaria) hasta el puerto de Esmeraldas (despacho)	Destino final 1*	Cuantitativa	Kilogramos recorridos
Transporte de puerto a puerto	Distancia recorrida por los buques desde el puerto de Esmeraldas (despacho) hasta el puerto del país de arribo.		Cuantitativa	Kilogramos recorridos

* Existen cinco destinos y solo se exporta un tipo de aceite (refinado) por tal motivo la operacionalización de estas variables posee 5 registros.

2.7.2 Variables dependientes

La operacionalización de las variables dependientes calculadas en el plan de tesis fue:

Cuadro 11. Operacionalización de las variables dependientes

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL DE MEDICIÓN	INDICADORES
Huella de carbono de los racimos de fruta	Cantidad de gases de efecto invernadero generados por los racimos de fruta de palma	Cálculo de huellas de carbono	Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de racimos de fruta generados en el año.
Huella de carbono del aceite crudo de palma (sin distribución)	Cantidad de gases de efecto invernadero generados por el aceite crudo producido		Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de aceite crudo de palma generado en el año.
Huella de carbono del aceite refinado de palma (sin distribución)	Cantidad de gases de efecto invernadero generados por el aceite refinado producido		Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de aceite refinado de palma generado en el año.
Huella de carbono de la distribución del aceite crudo	Cantidad de gases de efecto invernadero generados por la distribución del aceite crudo		Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de aceite crudo de palma

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

				distribuido en el año.
Huella de carbono de la distribución del aceite refinado	Cantidad de gases de efecto invernadero generados por la distribución del aceite refinado		Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de aceite refinado de palma distribuido en el año.
Huella de carbono del aceite crudo de palma	Sumatoria de las huellas de carbono anteriores, siendo el valor calculado la cantidad de gases de efecto invernadero generados por la producción y distribución del aceite crudo de palma (De la cuna a la puerta)		Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de aceite crudo de palma generado y distribuido en el año.
Huella de carbono del aceite refinado de palma	Sumatoria de las huellas de carbono anteriores, siendo el valor calculado la cantidad de gases de efecto invernadero generados por la producción y distribución del aceite refinado de palma (De la cuna a la puerta)		Cuantitativa	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente anuales por kilogramo de aceite refinado de palma generado y distribuido en el año.

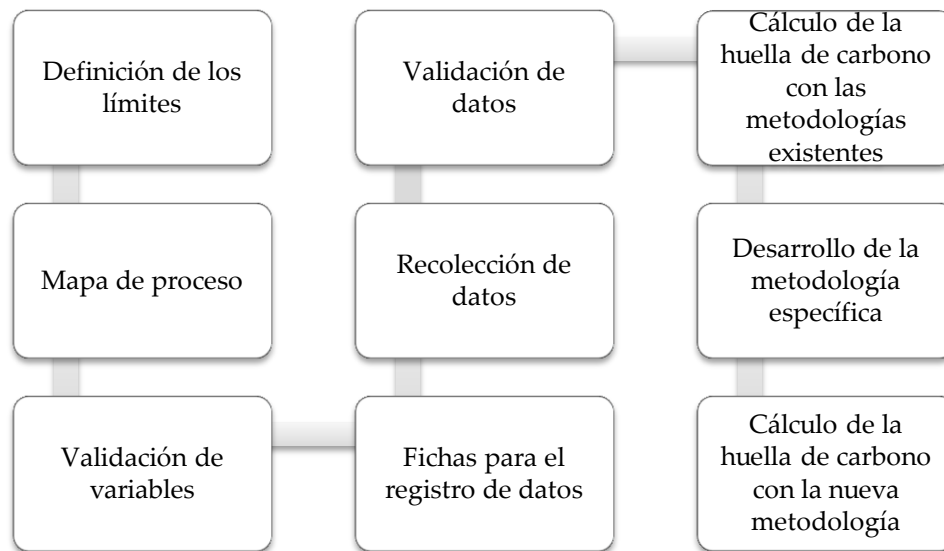
2.8 Procesamiento de datos

En referencia al diseño metodológico planteado para el desarrollo del cálculo de huella de carbono del aceite crudo y refinado de palma, se planteó el procesamiento de los datos se realizó a través de cuatro fases para que la información esté lista para desarrollar la metodología y los cálculos correspondientes, estas fases son:

1. Mapa de procesos
2. Formatos de registros

3. Recolección de datos
4. Validación de datos

Figura 2. Proceso para el desarrollo de la metodología



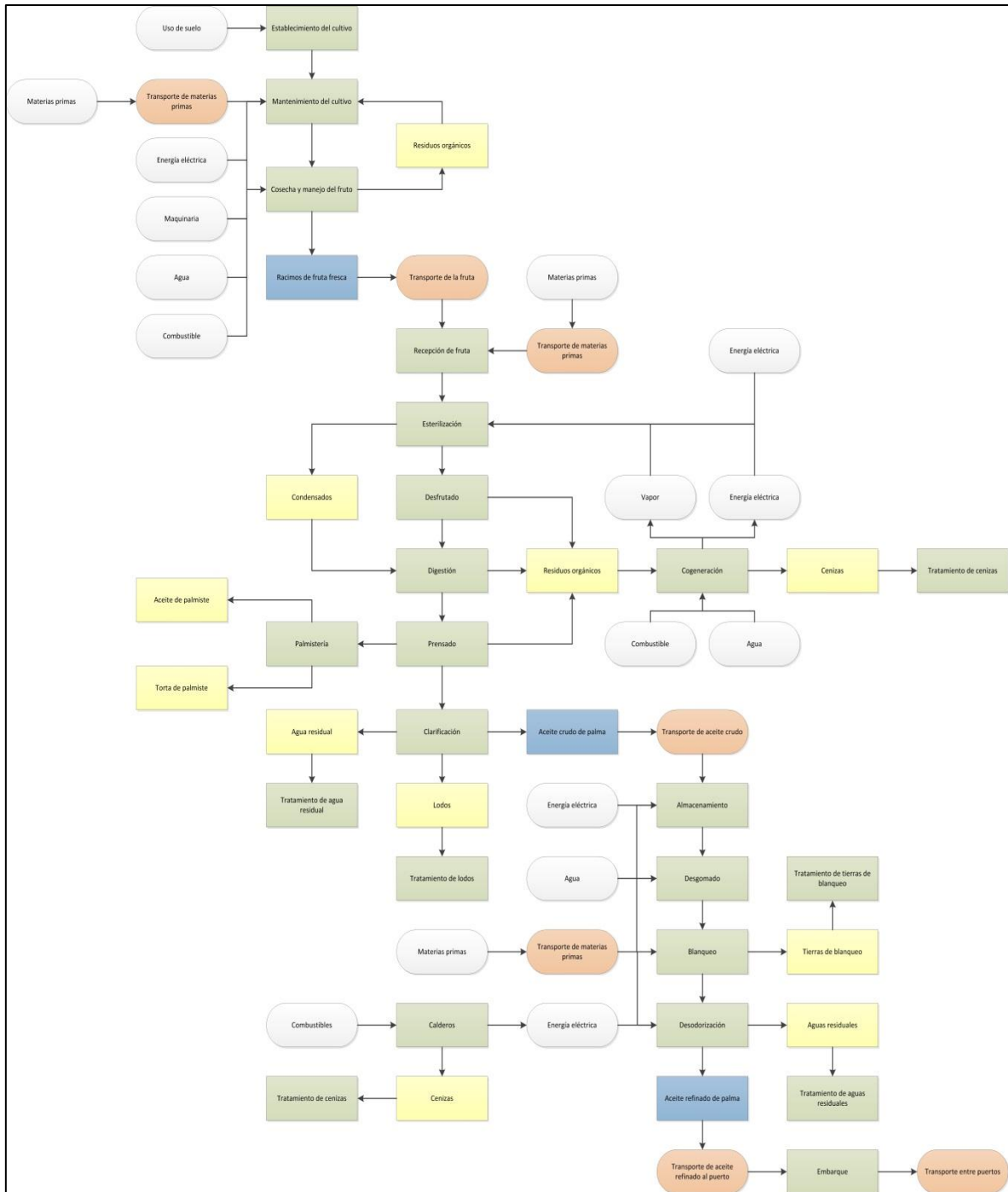
2.8.1 Mapa de procesos

Para validar los datos operacionalizados, se procedió a realizar el mapa de procesos con el conocimiento obtenido a través de la revisión de la información actual del tema y las visitas técnicas realizadas.

El mapa de procesos realizado al cultivo, extracción, refinación y distribución de aceite de palma. Con los límites fijados en referencia al criterio de cálculo de huella de carbono de la cuna a la puerta.

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

Figura 3. Mapa de procesos



2.8.2 Formatos de registros

Con el mapa de procesos desarrollado se validaron las variables seleccionadas y se generaron los formatos de registros adecuados para almacenar la

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

información que representa a las variables. Fueron cuatro registros generados, individualmente generados para:

- Datos de cultivo
- Datos de extracción
- Datos de refinación
- Datos de distribución

Tabla 1. Registro de datos de cultivo

CULTIVO DE PALMA ACEITERA											
CATEGORÍA	VARIABLE	CULTIVO 1		CULTIVO 2		CULTIVO 3		TOTAL		PROMEDIO	
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Uso del suelo	Anterior uso del suelo		-		-		-		-		-
	Cambio de uso del suelo		año		año		año		año		año
	Área cultivada		hectáreas		hectáreas		hectáreas		hectáreas		hectáreas
Materias primas	Fertilizante N		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Fertilizante P ₂ O ₅		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Fertilizante K ₂ O		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Fertilizante MgO		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Fertilizante HBO ₃		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Compost		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Fungicidas		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Pesticidas		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Insecticidas		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Herbicidas		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Transporte de materias primas	Transporte fertilizante N		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte fertilizante P ₂ O ₅		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte fertilizante K ₂ O		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte fertilizante MgO		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte fertilizante HBO ₃		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte compost		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte fungicidas		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte pesticidas		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte insecticidas		Km		Km		Km		Km		Km
	Transporte herbicidas		Km		Km		Km		Km		Km
Maquinaria	Maquinaria agrícola		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Agua utilizada	Consumo de agua		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año
	Origen del agua		-		-		-		-		-
	Tipo del agua		-		-		-		-		-
Energía eléctrica	Consumo eléctrico		kWh/año		kWh/año		kWh/año		kWh/año		kWh/año
Combustible	Gasolina		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Residuos orgánicos generados		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Residuos orgánicos	Compostaje propio		%		%		%		%		%
	Reincorporación		%		%		%		%		%
Producto	Racimos de fruta fresca		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Transporte de producto	Transporte de los racimos de fruta fresca a la extractora		Km		Km		Km		Km		Km

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

Tabla 2. Registro de datos de extracción

EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA											
CATEGORÍA	VARIABLE	EXTRACTORA 1		EXTRACTORA 2		EXTRACTORA 3		TOTAL		PROMEDIO	
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Materias primas	Racimos de fruta fresca		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Lubricantes		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Transporte de materias primas	Transporte de lubricantes		Km		Km		Km		Km		Km
Agua utilizada	Consumo de agua		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año
	Origen del agua		-		-		-		-		-
	Tipo del agua		-		-		-		-		-
Energía eléctrica	Consumo eléctrico		kWh/año		kWh/año		kWh/año		kWh/año		kWh/año
Combustibles	Gasolina		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Gasóleo		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Residuos orgánicos	Residuos orgánicos generados		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Cogeneración propia		%		%		%		%		%
	Compostaje propio		%		%		%		%		%
Otros residuos generados	Cenizas		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Vertedero de cenizas		%		%		%		%		%
	Compostaje propi de cenizas		%		%		%		%		%
	Lodos		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Incineración externa		%		%		%		%		%
	Compostaje propio		%		%		%		%		%
Aguas residuales	Agua residual		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año		m ³ /año
	Gestión propia		%		%		%		%		%
	Gestión externa		%		%		%		%		%
Co productos	Torta de palmiste		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
	Aceite de palmiste		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Producto	Aceite crudo de palma		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Transporte de producto	Transporte del aceite crudo a la refinería		Km		Km		Km		Km		Km

Tabla 3. Registro de datos de refinación

REFINACIÓN DE ACEITE DE PALMA			
CATEGORÍA	VARIABLE	REFINERÍA	
		VALOR	UNIDAD
Materias primas	Aceite crudo de palma		Kg/año
	Hidróxido de sodio		Kg/año
	Tierras de blanqueo		Kg/año
	Ácido cítrico		Kg/año
	Nitrógeno		Kg/año
	Lubricantes		Kg/año
	Envases plásticos		Kg/año
	Etiquetas		Kg/año
Transporte de materias primas	Transporte de aceite crudo de palma		Km
	Transporte de hidróxido de sodio		Km
	Transporte de tierras de blanqueo		Km
	Transporte de ácido cítrico		Km
	Transporte de nitrógeno		Km
	Transporte de lubricantes		Km
	Transporte de envases plásticos		Km
	Transporte de etiquetas		Km
Agua utilizada	Consumo de agua		m ³ /año
	Origen del agua		-
	Tipo del agua		-
Energía eléctrica	Consumo eléctrico		kWh/año
Combustibles	Gasolina		Kg/año
	Gasóleo		Kg/año
Otros residuos generados	Cenizas		Kg/año
	Vertedero de cenizas		%
	Compostaje propi de cenizas		%
	Tierras de blaqueo usadas		Kg/año
	Incineración externa		%
	Compostaje propio		%
Aguas residuales	Agua residual		m ³ /año
	Gestión propia		%
	Gestión externa		%
Producto	Aceite refinado de palma		Kg/año

Tabla 4. Registro de datos de distribución

DISTRIBUCIÓN DE ACEITE REFINADO DE PALMA														
DESTINO	LOCAL		EXPORTACIÓN											
			EXPORTACIÓN 1		EXPORTACIÓN 2		EXPORTACIÓN 3		EXPORTACIÓN 4		TOTAL		PROMEDIO	
VARIABLE	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
País	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Exportación RBD	-	Exportación RBD	-
Tipo de aceite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cantidad de aceite		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año		Kg/año
Transporte hasta puerto de despacho		Km		Km		Km		Km		Km		Km		Km
Transporte de puerto a puerto		Km		Km		Km		Km		Km		Km		Km

2.8.3 Recolección de datos

Se realizó a través de los formatos de registros desarrollados. Se realizó un trabajo diferenciado entre cultivos, extractoras y refinería, en total se levantaron 8 procesos en 4 registros, dividido de la siguiente manera:

1. Registro de cultivo
 - a. Se recolectaron datos de 3 cultivos de palma.
2. Registro de extractora
 - a. Se recolectaron datos de 3 extractoras de aceite crudo de palma.
3. Registro de refinería
 - a. Se recolectó datos de 1 refinería de aceite de palma.
4. Registro de distribución
 - a. Se recolectaron los datos de distribución del aceite refinado (RBD) de palma.

La recolección de los datos fue realizada a través de la revisión de documentación de respaldo que fue almacenado por los sistemas de manejo de información de las diferentes administraciones de los cultivos, extractoras y refinería. En algunos casos fue necesario complementar la información con datos derivados de la información obtenida, siendo esta información la de la distancia recorrida por el transporte de materias primas y productos. Para lo cual se utilizó la herramienta www.calcularruta.com.

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

Tabla 5. Datos recolectados de cultivos de palma aceitera

CULTIVO DE PALMA ACEITERA											
CATEGORÍA	VARIABLE	CULTIVO 1		CULTIVO 2		CULTIVO 3		TOTAL		PROMEDIO	
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Uso del suelo	Anterior uso del suelo	Agrícola	-	Agrícola	-	Agrícola	-	Agrícola	-	Agrícola	-
	Cambio de uso del suelo	1972,00	año	1985,00	año	1976,00	año	N/A	año	1977,67	año
	Área cultivada	4738,00	hectáreas	5131,00	hectáreas	8896,00	hectáreas	18765,00	hectáreas	6255,00	hectáreas
Materias primas	Fertilizante N	103664,00	Kg/año	112959,00	Kg/año	193334,00	Kg/año	409957,00	Kg/año	136652,33	Kg/año
	Fertilizante P ₂ O ₅	146175,00	Kg/año	163746,00	Kg/año	260430,00	Kg/año	570351,00	Kg/año	190117,00	Kg/año
	Fertilizante K ₂ O	143282,00	Kg/año	154156,00	Kg/año	270006,00	Kg/año	567444,00	Kg/año	189148,00	Kg/año
	Fertilizante MgO	326128,00	Kg/año	355575,00	Kg/año	616307,00	Kg/año	1298010,00	Kg/año	432670,00	Kg/año
	Fertilizante HBO ₃	31672,00	Kg/año	34280,00	Kg/año	59361,00	Kg/año	125313,00	Kg/año	41771,00	Kg/año
	Compost	3363791,00	Kg/año	3642796,00	Kg/año	6315609,00	Kg/año	13322196,00	Kg/año	4440732,00	Kg/año
	Fungicidas	6964,00	Kg/año	7430,00	Kg/año	13186,00	Kg/año	27580,00	Kg/año	9193,33	Kg/año
	Pesticidas	3002,00	Kg/año	3162,00	Kg/año	5526,00	Kg/año	11690,00	Kg/año	3896,67	Kg/año
	Insecticidas	2342,00	Kg/año	2426,00	Kg/año	4409,00	Kg/año	9177,00	Kg/año	3059,00	Kg/año
	Herbicidas	8217,00	Kg/año	8788,00	Kg/año	15530,00	Kg/año	32535,00	Kg/año	10845,00	Kg/año
Transporte de materias primas	Transporte fertilizante N	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte fertilizante P ₂ O ₅	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte fertilizante K ₂ O	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte fertilizante MgO	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte fertilizante HBO ₃	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte compost	40,00	Km	5,00	Km	10,00	Km	55,00	Km	18,33	Km
	Transporte fungicidas	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte pesticidas	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte insecticidas	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
	Transporte herbicidas	85,00	Km	315,00	Km	73,00	Km	473,00	Km	157,67	Km
Maquinaria	Maquinaria agrícola	87257,92	Kg/año	94506,65	Kg/año	163945,21	Kg/año	345709,78	Kg/año	115236,59	Kg/año
Agua utilizada	Consumo de agua	13901,48	m ³ /año	15165,56	m ³ /año	26212,22	m ³ /año	55279,26	m ³ /año	18426,42	m ³ /año
	Origen del agua	Red	-	Red	-	Red	-	Red	-	Red	-
	Tipo del agua	Potable	-	Potable	-	Potable	-	Potable	-	Potable	-
Energía eléctrica	Consumo eléctrico	5135,79	kWh/año	5472,78	kWh/año	9732,88	kWh/año	20341,45	kWh/año	6780,48	kWh/año
Combustible	Gasolina	1742,87	Kg/año	1886,43	Kg/año	3271,39	Kg/año	6900,69	Kg/año	2300,23	Kg/año
Residuos orgánicos	Residuos orgánicos generados	3808834,70	Kg/año	4124711,21	Kg/año	71515764,12	Kg/año	79449310,03	Kg/año	26483103,34	Kg/año
	Compostaje propio	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%
	Reincorporación	100,00	%	100,00	%	100,00	%	300,00	%	100,00	%
Producto	Racimos de fruta fresca	96584826,00	Kg/año	156216120,00	Kg/año	222576894,00	Kg/año	475377840,00	Kg/año	158459280,00	Kg/año
Transporte de producto	Transporte de los racimos de fruta fresca a la extractora	30,00	Km	5,00	Km	10,00	Km	45,00	Km	15,00	Km

Tabla 6. Datos recolectados de extractoras de aceite crudo de palma

EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA											
CATEGORÍA	VARIABLE	EXTRACTORA 1		EXTRACTORA 2		EXTRACTORA 3		TOTAL		PROMEDIO	
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Materias primas	Racimos de fruta fresca	96584826,00	Kg/año	156216120,00	Kg/año	222576894,00	Kg/año	475377840,00	Kg/año	158459280,00	Kg/año
	Lubricantes	541,00	Kg/año	1082,00	Kg/año	1638,00	Kg/año	3261,00	Kg/año	1087,00	Kg/año
Transporte de materias primas	Transporte de lubricantes	130,00	Km	320,00	Km	83,00	Km	533,00	Km	177,67	Km
Agua utilizada	Consumo de agua	55459,53	m ³ /año	110922,07	m ³ /año	166381,61	m ³ /año	332763,21	m ³ /año	110921,07	m ³ /año
	Origen del agua	No red	-	No red	-	No red	-	No red	-	No red	-
	Tipo del agua	No potable	-	No potable	-	No potable	-	No potable	-	No potable	-
Energía eléctrica	Consumo eléctrico	6386956,00	kWh/año	1138248,33	kWh/año	1707371,00	kWh/año	9232575,33	kWh/año	3077525,11	kWh/año
Combustibles	Gasolina	5082,83	Kg/año	10165,67	Kg/año	15252,50	Kg/año	30501,00	Kg/año	10167,00	Kg/año
	Gasóleo	36274,94	Kg/año	72541,30	Kg/año	108813,08	Kg/año	217629,32	Kg/año	72543,11	Kg/año
	Residuos orgánicos generados	45394868,22	Kg/año	73421576,49	Kg/año	104611140,78	Kg/año	223427585,49	Kg/año	74475861,83	Kg/año
Residuos orgánicos	Cogeneración propia	12,00	%	10,00	%	11,00	%	33,00	%	11,00	%
	Compostaje propio	88,00	%	90,00	%	89,00	%	267,00	%	89,00	%
	Cenizas	2360533,15	Kg/año	3964765,13	Kg/año	5230557,01	Kg/año	11555855,29	Kg/año	3851951,76	Kg/año
Otros residuos generados	Vertedero de cenizas	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%
	Compostaje propio de cenizas	100,00	%	100,00	%	100,00	%	300,00	%	100,00	%
	Lodos	11203839,82	Kg/año	18121069,92	Kg/año	25818919,70	Kg/año	55143829,44	Kg/año	18381276,48	Kg/año
	Incineración externa	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%
	Compostaje propio	100,00	%	100,00	%	100,00	%	300,00	%	100,00	%
Aguas residuales	Agua residual	16805759,70	m ³ /año	27181604,88	m ³ /año	38728379,56	m ³ /año	82715744,14	m ³ /año	27571914,71	m ³ /año
	Gestión propia	100,00	%	100,00	%	100,00	%	300,00	%	100,00	%
	Gestión externa	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%	0,00	%
Co productos	Torta de palmiste	1994476,66	Kg/año	3225862,88	Kg/año	4596212,86	Kg/año	9816552,40	Kg/año	3272184,13	Kg/año
	Acetate de palmiste	1385992,25	Kg/año	2241701,32	Kg/año	3193978,43	Kg/año	6821672,00	Kg/año	2273890,67	Kg/año
Producto	Acetate crudo de palma	21248661,72	Kg/año	32805385,20	Kg/año	64547299,26	Kg/año	118601346,18	Kg/año	39533782,06	Kg/año
Transporte de producto	Transporte del aceite crudo a la refinería	201,00	Km	315,00	Km	322,00	Km	838,00	Km	279,33	Km

Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma en Ecuador

Tabla 7. Datos recolectados de refinería de aceite de palma

REFINACIÓN DE ACEITE DE PALMA			
CATEGORÍA	VARIABLE	REFINERÍA	
		VALOR	UNIDAD
Materias primas	Aceite crudo de palma	118601346,18	Kg/año
	Hidróxido de sodio	13046148,08	Kg/año
	Tierras de blanqueo	1186013,46	Kg/año
	Ácido cítrico	59300,67	Kg/año
	Nitrógeno	35580,40	Kg/año
	Lubricantes	1605,74	Kg/año
	Envases plásticos	576285,03	Kg/año
	Etiquetas	48077,21	Kg/año
Transporte de materias primas	Transporte de aceite crudo de palma	279,33	Km
	Transporte de hidróxido de sodio	414,00	Km
	Transporte de tierras de blanqueo	414,00	Km
	Transporte de ácido cítrico	414,00	Km
	Transporte de nitrógeno	414,00	Km
	Transporte de lubricantes	19,00	Km
	Transporte de envases plásticos	31,00	Km
	Transporte de etiquetas	31,00	Km
Agua utilizada	Consumo de agua	3166440,00	m ³ /año
	Origen del agua	No red	-
	Tipo del agua	No potable	-
Energía eléctrica	Consumo eléctrico	14769231,00	kWh/año
Combustibles	Gasolina	11753,56	Kg/año
	Gasóleo	83882,34	Kg/año
Otros residuos generados	Cenizas	944213,26	Kg/año
	Confinación externa	100,00	%
	Compostaje propio de cenizas	0,00	%
	Tierras de blanqueo usadas	1328335,08	Kg/año
	Incineración externa	100,00	%
	Compostaje propio	0,00	%
Aguas residuales	Agua residual	2943360,00	m ³ /año
	Gestión propia	100,00	%
	Gestión externa	0,00	%
Producto	Aceite refinado de palma	108140707,55	Kg/año

Tabla 8. Datos recolectados de distribución de aceite refinado de palma

DISTRIBUCIÓN DE ACEITE REFINADO DE PALMA													
DESTINO	LOCAL		EXPORTACIÓN										
	VARIABLE	VALOR	UNIDAD	EXPORTACIÓN 1	EXPORTACIÓN 2	EXPORTACIÓN 3	EXPORTACIÓN 4	TOTAL	PROMEDIO				
Pais		Ecuador	-	Colombia	-	Brasil	-	Panamá	-	Exportación	-	Exportación	-
Tipo de aceite		RBD	-	RBD	-	RBD	-	RBD	-	RBD	-	RBD	-
Cantidad de aceite		81519023,35	Kg/año	9087142,12	Kg/año	6531383,48	Kg/año	1322521,29	Kg/año	9680637,21	Kg/año	26621684,10	Kg/año
Transporte hasta puerto de despacho		288,00	Km	0,00	Km	296,00	Km	296,00	Km	888,00	Km	222,00	Km
Transporte de puerto a puerto		0,00	Km	450,00	Km	9900,00	Km	12000,00	Km	3400,00	Km	25750,00	Km

2.8.4 Validación de datos

Los datos recolectados fueron validados individualmente con los Jefes de procesos, los Administradores y los Directores o Gerentes de planta a través de reuniones conjuntas realizadas por cada proceso levantado. Durante las

validaciones se identificó que toda la información recolectada era adecuada y representaba a la producción establecida en cada proceso. Se consideró al Sistema de Gestión de Calidad implementado en todos los procesos evaluados como el motivo principal para que toda la información esté clara y almacenada adecuadamente.