

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“GENERACIÓN DE UNA METODOLOGÍA LOCAL PARA EL CÁLCULO DE
LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE CRUDO Y
REFINADO DE PALMA ELABORADO EN ECUADOR”**

Realizado por:

NEPTALÍ ARMANDO ECHEVERRÍA LLUMIPANTA

Director del proyecto:

DR. CARLOS ORDÓÑEZ

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 11 de septiembre de 2014

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, NEPTALÍ ARMANDO ECHEVERRÍA LLUMIPANTA, con cédula de identidad # 171115330-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Neptalí Armando Echeverría Llumipanta

C.C.: 171115330-2

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“GENERACIÓN DE UNA METODOLOGÍA LOCAL PARA EL CÁLCULO DE
LA HUELLA DE CARBONO DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE CRUDO Y
REFINADO DE PALMA ELABORADO EN ECUADOR”**

Realizado por:

NEPTALÍ ARMANDO ECHEVERRÍA LLUMIPANTA

como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

CARLOS ORDÓÑEZ

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Carlos Ordóñez

DIRECTOR

Los profesores informantes:

JORGE OVIEDO

KATTY CORAL

Después de revisar el trabajo presentado,
lo califican como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

Jorge Oviedo

Katty Coral

Quito, 11 de septiembre de 2014

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi esposa Mireya y a mi hija Ana Sofía, quienes son mi fuente de felicidad y motivación que me permite seguir adelante.

A mis padres, Sixto Cristóbal y María Teresa, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor y apoyo incondicional.

Cada logro que alcance es por y para ustedes.

AGRADECIMIENTO

A mis hermanos Inés y Cristóbal, a mi cuñado Luis y a mi sobrino Alejandro, por su apoyo, confianza y ejemplo que me ha permitido cumplir mis objetivos.

Al Dr. Carlos Ordóñez y a la Ing. Katty Coral, por su aporte académico y su amistad, que me ha permitido crecer profesionalmente.

A los Ing. Jorge Oviedo y Fábio Villalba, por su aporte en esta tesis.

A la Universidad Internacional SEK, por formar profesionales de gran valor para el país.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
Palabras clave.....	1
ABSTRACT.....	2
Key words.....	2
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 El problema de investigación.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.1.1 Diagnóstico.....	3
1.1.1.2 Pronóstico.....	3
1.1.1.3 Control del pronóstico.....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	4
1.1.3 Sistematización del problema.....	4
1.1.4 Objetivo general.....	5
1.1.5 Objetivos específicos.....	5
1.1.6 Justificaciones.....	5
1.2 Marco teórico.....	6
1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.....	6
1.2.1.1 Palma aceitera.....	6
1.2.1.1.1 Productos.....	7
1.2.1.1.2 Cultivo y manejo.....	8
1.2.1.1.2.1 Establecimiento de la plantación.....	8
1.2.1.1.2.2 Manejo de la plantación.....	9
1.2.1.1.2.3 Cosecha.....	11
1.2.1.1.3 Palma aceitera en el Ecuador.....	11
1.2.1.1.3.1 Extensión y ubicación geográfica.....	12

1.2.1.2	Aceite de palma.....	12
1.2.1.2.1	Producción mundial.....	13
1.2.1.2.2	Extracción.....	13
1.2.1.2.3	Refinación.....	15
1.2.1.2.3.1	Refinación física.....	16
1.2.1.2.3.2	Refinación química.....	17
1.2.1.2.3.3	Comparación composicional.....	18
1.2.1.2.4	Fraccionamiento.....	18
1.2.1.3	Huella de carbono.....	19
1.2.1.3.1	Cambio climático.....	19
1.2.1.3.2	Emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura e industria alimenticia.....	20
1.2.1.3.3	Cálculo de la huella de carbono.....	20
1.2.1.3.3.1	Variables a medir.....	20
1.2.1.3.3.2	Metodologías de cálculo de huella de carbono.....	21
1.2.1.3.3.2.1	Normas ISO.....	22
1.2.1.3.3.2.2	GHG Protocol.....	22
1.2.1.3.3.2.3	Bilan Carbone y BX X30-323.....	23
1.2.1.3.3.2.4	PAS 2050 / 2060.....	23
1.2.1.3.3.3	Comparación de las metodologías de cálculo de la huella de carbono.....	24
1.2.2	Adopción de una perspectiva teórica.....	24
1.2.3	Marco conceptual.....	24
1.2.4	Hipótesis.....	25
1.2.5	Identificación y caracterización de variables.....	25
CAPÍTULO II: MÉTODO.....		30

2.1	Nivel de estudio.....	30
2.2	Modalidad de investigación.....	30
2.3	Método.....	30
2.4	Población y muestra.....	30
2.5	Selección de instrumentos de investigación.....	31
2.6	Validez y confiabilidad de instrumentos.....	32
2.7	Operacionalización de variables.....	33
2.7.1	Variables independientes.....	33
2.7.2	Variables dependientes.....	41
2.8	Procesamiento de datos.....	42
2.8.1	Mapa de procesos.....	43
2.8.2	Formatos de registros.....	44
2.8.3	Recolección de datos.....	47
2.8.4	Validación de datos.....	49
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....		51
3.1	Levantamiento de información.....	51
3.1.1	Cálculo de la huella de carbono del aceite crudo de palma aplicando la “calculadora” desarrollada por RSPO.....	54
3.1.1.1	Descripción de la herramienta.....	55
3.1.1.2	Variables utilizadas.....	56
3.1.1.3	Resultados obtenidos.....	60
3.2	Desarrollo de la metodología local.....	61
3.2.1	Estructura de la metodología desarrollada.....	61
3.2.2	Metodología desarrollada.....	62
3.2.3	Cálculo de huellas de carbono.....	65
3.2.3.1	Cálculo de la huella de carbono en la producción de racimos de	

	fruta de palma aceitera aplicando la metodología local desarrollada.....	65
3.2.3.2	Cálculo de la huella de carbono en la producción de aceite crudo de palma aplicando la metodología local desarrollada....	66
3.2.3.3	Cálculo de la huella de carbono en la producción de aceite refinado de palma aplicando la metodología local desarrollada.	67
3.3	Presentación y análisis de resultados.....	69
3.3.1	Análisis de resultados.....	70
3.3.1.1	Huella de carbono de los racimos de fruta de palma aceitera.....	70
3.3.1.2	Huella de carbono al aceite crudo de palma.....	72
3.3.1.3	Huella e carbono del aceite refinado de palma distribuido en Ecuador.....	73
3.3.1.4	Huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido a Europa.....	74
3.3.2	Comparación de las metodologías y resultados obtenidos.....	76
3.3.2.1	Huella de carbono del cultivo de palma aceitera.....	76
3.3.2.2	Huella de carbono de la extractora de aceite de palma.....	79
3.3.2.3	Huella de carbono de los productos.....	82
3.4	Aplicación práctica.....	83
	CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	84
4.1	Conclusiones.....	84
4.2	Recomendaciones.....	85
	CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS.....	86
5.1	Referencias bibliográficas.....	86
5.2	Anexos: Tablas de datos recopilados de los procesos.....	88
5.2.1	Tabla de datos del cultivo de palma aceitera.....	88

5.2.2	Tabla de datos de la extracción de aceite crudo de palma.....	89
5.2.3	Tabla de datos de la refinación de aceite de palma.....	90
5.2.4	Tabla de datos de la distribución de aceite refinado de palma...	91
5.3	Anexos: Hojas de cálculo de la huella de carbono de los productos de palma aceitera.....	92
5.3.1	Hoja de cálculo con los datos del cultivo.....	92
5.3.2	Hoja de cálculo con los datos de la extracción.....	93
5.3.3	Hoja de cálculo con los datos de la refinación.....	94
5.3.4	Hoja de cálculo con los datos de la distribución.....	95
5.3.5	Hoja de cálculo de la huella de carbono del cultivo.....	95
5.3.6	Hoja de cálculo de los factores de emisión del cultivo.....	97
5.3.7	Hoja de cálculo de la huella de carbono de la extracción.....	99
5.3.8	Hoja de cálculo de los factores de emisión de la extracción.....	101
5.3.9	Hoja de cálculo de la huella de carbono de la refinación.....	102
5.3.10	Hoja de cálculo de los factores de emisión de la refinación.....	104
5.3.11	Hoja de cálculo de la huella de carbono de la distribución.....	105
5.3.12	Hoja de cálculo de los factores de emisión de la distribución.....	106
5.3.13	Hoja de cálculo de los resultados de huella de carbono.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Registro de datos de cultivo.....	45
Tabla 2.	Registro de datos de extracción.....	46
Tabla 3.	Registro de datos de refinación.....	46
Tabla 4.	Registro de datos de distribución.....	47
Tabla 5.	Datos recolectados de cultivos de palma aceitera.....	48
Tabla 6.	Datos recolectados de extractoras de aceite crudo de palma.....	48
Tabla 7.	Datos recolectados de refinería de aceite de palma.....	49
Tabla 8.	Datos recolectados de distribución de aceite refinado de palma.	49
Tabla 9.	Datos promedio de cultivo de palma aceitera.....	51
Tabla 10.	Datos promedio de extractora de aceite crudo de palma.....	52
Tabla 11.	Datos de refinería de aceite de palma.....	53
Tabla 12.	Datos de distribución del aceite refinado de palma.....	54
Tabla 13.	Comparación de las variables de la herramienta y las variables levantadas en la tesis.....	56
Tabla 14.	Resultados obtenidos del cultivo de palma aceitera.....	60
Tabla 15.	Resultados obtenidos de la extractora de aceite crudo de palma	60
Tabla 16.	Cálculo de emisiones de GEI de la Categoría Combustión de Combustibles de la Hoja de cálculo de huella de carbono del cultivo de palma aceitera.....	65
Tabla 17.	Huella de carbono del cultivo de palma aceitera calculada con la metodología local desarrollada.....	66
Tabla 18.	Huella de carbono de la extractora de aceite crudo de palma calculada con la metodología local desarrollada.....	67
Tabla 19.	Huella de carbono de la refinación de aceite de palma calculada con la metodología local desarrollada (no incluye	

	distribución).....	68
Tabla 20.	Huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido en Ecuador calculada con la metodología local desarrollada.....	68
Tabla 21.	Huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido a Europa calculada con la metodología local desarrollada.....	69
Tabla 22.	Análisis composicional del resultado de huella de carbono de los racimos de palma aceitera.....	70
Tabla 23.	Variables que forman parte de la categoría Materias Primas del cálculo de huella de carbono del cultivo de palma aceitera.....	71
Tabla 24.	Análisis composicional del resultado de huella de carbono del aceite crudo de palma.....	72
Tabla 25.	Variables que forman parte de la categoría residuos orgánicos del cálculo de huella de carbono de la extractora de aceite crudo.....	72
Tabla 26.	Análisis composicional del resultado de huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido en Ecuador.....	73
Tabla 27.	Variables que forman parte de la categoría Materias primas del cálculo de huella de carbono de la refinería de aceite de palma..	74
Tabla 28.	Análisis composicional del resultado de huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido a Europa.....	75
Tabla 29.	Variables que forman parte de la categoría Materias primas del cálculo de huella de carbono de la refinería de aceite de palma..	75
Tabla 30.	Categorías utilizadas para calcular las emisiones de GEI en los procesos que forman parte del cultivo de palma aceitera según las dos metodologías comparadas.....	76
Tabla 31.	Análisis de las emisiones de GEI obtenidas con las dos	

	metodologías de cálculo.....	77
Tabla 32.	Categorías utilizadas para calcular las emisiones de GEI en los procesos que forman parte de la extractora de aceite crudo de palma según las dos metodologías comparadas.....	79
Tabla 33.	Análisis de las emisiones de GEI obtenidas con las dos metodologías de cálculo.....	80
Tabla 34.	Comparación de resultados de huella de carbono de los tres productos obtenidos por las diferentes metodologías.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Extensión y ubicación de los cultivos de palma aceitera en el Ecuador.....	12
Cuadro 2.	Comparación composicional entre el aceite CPO y el aceite RBD.....	18
Cuadro 3.	Comparación de las principales metodologías de uso internacional para medir las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero.....	24
Cuadro 4.	Variables utilizadas en la generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma elaborado en Ecuador.....	25
Cuadro 5.	Validación de los instrumentos metodológicos.....	32
Cuadro 6.	Acciones para incrementar la confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	32
Cuadro 7.	Operacionalización de las variables de palma aceitera.....	33
Cuadro 8.	Operacionalización de las variables de aceite crudo de palma...	36
Cuadro 9.	Operacionalización de las variables de aceite refinado de palma.....	38
Cuadro 10.	Operacionalización de las variables de distribución de aceite crudo y refinado de palma.....	40
Cuadro 11.	Operacionalización de las variables dependientes.....	41
Cuadro 12.	Estructura de la calculadora para el cálculo de la huella de carbono, creada por el GHG de RSPO.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Extracción de aceite crudo de palma.....	14
Figura 2.	Proceso para el desarrollo de la metodología.....	43
Figura 3.	Mapa de procesos.....	44
Figura 4.	Emisiones de GEI de las categorías que conforman el cálculo de la huella de carbono de los racimos de fruta de palma aceitera..	71
Figura 5.	Emisiones de GEI de las categorías que conforman el cálculo de la huella de carbono del aceite crudo de palma.....	73
Figura 6.	Emisiones de GEI de las categorías que conforman el cálculo de la huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido en Ecuador.....	74
Figura 7.	Emisiones de GEI de las categorías que conforman el cálculo de la huella de carbono del aceite refinado de palma distribuido a Europa.....	76