

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO DE INYECCIÓN PARA LA ABSORCIÓN
RADICULAR DEL PLAGUICIDA MONOCROTOFOS EN LA ESPECIE ELAEIS
GUINEENSIS (PALMA DE ACEITE)

AUTORES

JULIETH KATHERINE PEDRAZA SOLANO
ALVARO MANTILLA BLANCO
KAROL MAURICIO EGEA PEREZ

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA EN INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
BARRANCABERMEJA
FECHA DE PRESENTACIÓN: (12-02-2018)

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA INYECCIÓN DE QUIMICOS,
EN EL TRATAMIENTO RADICULAR DE LAS PALMAS DE ACEITE

AUTORES

JULIETH KATHERINE PEDRAZA SOLANO
ALVARO MANTILLA BLANCO
KAROL MAURICIO EGEA PEREZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

DIRECTOR

INGENIERO ELKIN HUMBERTO VILLALOBOS GÓMEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
BARRANCABERMEJA
FECHA DE PRESENTACIÓN: (12-02-2018)

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Nota de Aceptación

Trabajo de grado titulado: Diseño de un sistema
hidráulico para la inyección de químicos, en el
tratamiento radicular de las palmas de aceite.

Presentado por: JULIETH KATHERINE PEDRAZA
SOLANO, ALVARO MANTILLA BLANCO KAROL
MAURICIO EGEA PEREZ Para optar el título de
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.



Firma del jurado

Firma del Jurado

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

DEDICATORIA

Dedico inicialmente la elaboración de este proyecto a Dios quien me dio la
fortaleza suficiente para seguir adelante en todo momento, por ser el principal
promotor de conocimiento y sabiduría a mi vida. Asimismo, es un honor para mí
agradecer a mi familia en especial a mis padres por su apoyo incondicional,
motivación y compañía durante estos años

JULIETH KATHERINE PEDRAZA SOLANO

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Es para mí un honor dirigir el desarrollo de este proyecto investigativo a mi padre celestial, por ser mi fortaleza y mi sustento en los momentos que sentía desfallecer, asimismo, agradezco por orientarme en cada momento de mi vida, a mis padres, amigos, compañeros de trabajo y demás personas que hicieron posible este logro que hoy por hoy doy por cumplido.

ALVARO MANTILLA BLANCO

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Le doy gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, por su
dirección y guía, por ser principal proveedor de bendiciones. A mis padres,
docentes y demás personas que estuvieron apoyándome a lo largo del proceso
para poder dar por terminado este trabajo.

KAROL MAURICIO EGEA PEREZ

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente nos gustaría agradecer a Dios quien fue pieza fundamental para el desarrollo de esta meta, por bendecirnos y darnos fuerzas para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. Agradecemos a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo apoyo fundamental en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidad.

A la Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja y a todos sus respetados docentes, por su dedicación en cada clase, por proyectarnos hacia un mejor futuro lleno de triunfos, por su inmensa paciencia y enseñanza que nos guiaron en todo momento para que nuestras metas se hicieran realidad. Expresamos nuestro agradecimiento al ingeniero ELKIN HUMBERTO VILLALOBOS por su esfuerzo, tiempo, y dedicación, quien con, su experiencia, su y su motivación transmitida fueron de gran ayuda en todo momento de nuestro ciclo profesional, debido a que siempre estuvo para orientarnos en las dificultades que se nos fueron presentando en el trayecto del desarrollo del proyecto investigativo.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	18
INTRODUCCIÓN	20
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	22
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	24
1.3. OBJETIVOS.....	26
1.3.1. Objetivo general	26
1.3.2. Objetivos específicos.....	26
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	27
2. MARCO REFERENCIAL	34
2.1. MARCO TEÓRICO.....	34
2.2. MARCO HISTÓRICO	34
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	54
2.3.1. Elementos que intervienen en el diseño del sistema de hidráulico.....	54
2.3.1.1 Válvulas de control de flujo.....	54
2.3.1.2 Actuadores hidráulicos	55
2.3.1.3 Válvulas reguladoras de presión hidráulica	55
2.3.1.4 Bomba de pistones en línea	55
2.3.1.5 Controles electro hidráulico	55

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

2.3.2. Tipo de control electro hidráulico.....	56
2.3.2.1 Servo hidráulico (servo válvulas).....	56
2.3.2.2 Manómetros de presión.....	57
2.3.2.3 Presostato diferencial de aceite.....	57
2.3.2.4 Fluidos Hidráulicos	57
2.3.2.5 Transmisión de potencia	58
2.3.2.6 Aceite hidráulico	58
2.3.3. Sistemas de alimentación eléctrica (Batería de alimentación)	58
2.3.4. Sistemas de control.....	59
2.3.5. Elementos de control.....	59
2.3.5.1 Bomba dosificadora.....	59
2.3.5.2 Sistema de absorción radicular	60
2.3.5.3 Velocidad de absorción radicular.....	60
2.3.5.4 Efectividad del sistema de absorción radicular.....	60
2.3.5.5 Descripción de un fluido.	62
2.3.6. Propiedades de un fluido.	63
2.3.7. Tipos de fluidos.	65
2.3.7.1 Flujo estacionario/no estacionario.	65
2.3.7.2 Flujo irrotacional / rotacional.....	66
2.3.7.3 Flujo compresible / incompresible.	66
2.3.7.4 Flujo viscoso / no viscoso.	66
2.4. MARCO LEGAL.....	68
2.4.1. Norma técnica colombiana. NTC 1500. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias.	68

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

2.4.1.1	Instalaciones existentes.....	68
2.4.1.2	Mantenimiento	68
2.4.1.3	Ampliaciones, modificaciones o reparaciones	69
2.4.1.4	Solicitudes y permisos	69
2.4.1.5	Inspecciones.....	69
2.4.1.6	Materiales, métodos y equipos alternativos.....	70
2.5.	MARCO AMBIENTAL.....	71
2.5.1.	Norma técnica colombiana. NTC 5585. Etiquetas ambientales. Sello ambiental para aceites hidráulicos en equipos industriales.....	71
2.5.1.1	Cumplimiento de la legislación ambiental.....	71
2.5.1.2	Criterios ambientales.....	71
2.5.2.	Norma técnica colombiana. NTC.5871. Criterios ambientales para accesorios de suministro de elementos hidráulicos	72
2.5.2.1	Objeto.....	72
2.5.2.2	Requisitos generales	72
3.	DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	74
3.1.	ANALIZAR LA CIFRA AFECTADA POR LA PUDRICIÓN DE COGOLLO EN EL ÁREA PALMERA Y LOS IMPACTOS AMBIENTALES A LOS QUE CONLLEVAN LA PROPAGACIÓN DE ESTA ENFERMEDAD.	74
3.1.1.	Descripción de zona cultivador palma de aceite en Puerto Wilches.....	76
3.1.2.	Descripción de zona cultivador palma de aceite en Sabana de Torres	77
3.1.3.	La producción	78
3.1.4.	La gran amenaza.....	78
3.1.5.	La palma de aceite como ente vegetal	80

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

3.1.6. Características de la especie.....	80
3.1.7. Anatomía y fisiología de la palma.....	82
3.1.7.1 Raíces	82
3.1.7.2 Tallo de la palma	84
3.1.8. Principales plagas en las zonas de cultivo de Palma de Aceite	85
3.1.9. Principales enfermedades en las zonas de cultivo de Palma de Aceite	87
3.1.10. Escala de severidad de la pudrición del cogollo P.C.	91
3.1.11. Descripción de la técnica de absorción radicular	92
3.1.12. Personal y Equipos.....	93
3.1.13. Selección de raíces	95
3.1.14. Realización del trabajo	96
3.1.15. Efectividad del sistema de absorción radicular	96
3.1.16. Velocidad de Absorción El proceso	96
3.1.17. Efectividad de los tratamientos en el control de Plagas.....	97
3.1.18. Remanencia	97
3.2. DISEÑAR UN SISTEMA HIDRÁULICO BASADO EN EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS INVOLUCRADOS EN LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA.	101
3.2.1. Sistema de inyección de químico Monocrotofos	116
3.3. REALIZAR UN DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA INYECCIÓN DE QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO RADICULAR EN EL PROGRAMA DE MODELAMIENTO CATIA.....	122
4. RESULTADOS.....	141
5. CONCLUSIONES	144
6. RECOMENDACIONES	145
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

8. ANEXOS	151
-----------------	-----

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efecto venturi	46
Figura 2. Flujo laminar.....	47
Figura 3. Flujo turbulento	48
Figura 4. Flujo viscoso y no viscoso	67
Figura 5. Plantación de palma de aceite en Puerto Wilches	76
Figura 6. Plantación de palma de aceite en Sabana de Torres	77
Figura 7. Hojas y folios cortos por pudrición de cogollo	79
Figura 8. Palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	80
Figura 9. Palma de aceite (<i>Elaeis oleífera</i> H.B.K)	81
Figura 10. Palma de aceite (híbrido OxG)	82
Figura 11. Sistema radicular de la palma	83
Figura 12. El tallo de la palma	84
Figura 13. Pudrición de cogollo, según área afectada.	91
Figura 14. Continuación Figura 13.	92
Figura 15. Incidencia del PC en las plantaciones de Puerto Wilches.....	98
Figura 16. Incidencia del PC en las plantaciones de Sabana de Torres	99
Figura 17. Resistencia del suelo	101
Figura 18. Diagrama de fluidos inyección radicular	105
Figura 19. Valores de diseño de la rugosidad de tubos	107
Figura 20. Eficiencia volumétrica.....	116
Figura 21. Ficha técnica del producto	117
Figura 22. Diagrama hidráulico del tanque hasta la bomba dosificadora	120
Figura 23. Bomba dosificadora.....	120
Figura 24. Ficha técnica del generador eléctrico.....	121
Figura 25. Sistema de bomba hidráulica	123

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Figura 26. Acoples	124
Figura 27. Cilindro y embolo.....	125
Figura 28. Desplazamiento de puntas de inyección	126
Figura 29. Cilindro estructural	127
Figura 30. Punta de perforación	128
Figura 31. Contrapeso.....	129
Figura 32. Desplazamiento de puntas de perforación	130
Figura 33. Sistema de control.....	131
Figura 34. Líneas de circulación del fluido	132
Figura 35. Válvula de retención.....	133
Figura 36. Manómetro	134
Figura 37. Filtro de aceite.....	135
Figura 38. Moto bomba	136
Figura 39. Puntas de perforación	137
Figura 40. Sistema de almacenamiento de insecticida	138
Figura 41. Ensamble final de inyección radicular	139
Figura 42. Plano accionamientos eléctricos.	140
Figura 43. Control operativo del circuito de inyección	141

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cultivos y plantas de beneficio de palma de aceite.....	75
Tabla 2. Principales plagas de la palma de aceite.	85
Tabla 3. Continuación de Principales plagas de la palma de aceite.....	86
Tabla 4. Principales enfermedades de las palmas de aceite.....	87
Tabla 5. Continuación de las Principales enfermedades de las palmas de aceite.	88
Tabla 6. Continuación de las Principales enfermedades de las palmas de aceite.	89
Tabla 7. Personal y equipos	94
Tabla 8. Constante de accesorios en la succión	109
Tabla 9. Constante de accesorios en la descarga.....	114

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Plano de cilindro estructural	151
Anexo 2. Plano de mesa para soporte de sistema	152
Anexo 3. Plano de punta de perforación	153
Anexo 4. Plano de punta de perforación inclinada a 45 grados	154
Anexo 5. Plano de sistema de control	155
Anexo 6. Plano de tubería de aceite 1	156
Anexo 7. Plano de tubería de aceite 2	157
Anexo 8. Plano de tubería de aceite 3	158
Anexo 9. Plano de tubería de aceite 4	159
Anexo 10. Plano de tubería de insecticida 1	160
Anexo 11. Plano de tubería de insecticida 2	161
Anexo 12. Plano de tubería de insecticida 3	162
Anexo 13. Plano de tubería de insecticida 4	163
Anexo 14. Plano de contrapeso	164
Anexo 15. Plano de cilindro hidráulico con inclinación de 45 grados	165
Anexo 16. Plano embolo	166
Anexo 17. Plano cilindro	167
Anexo 18. Sistema de sello para líquido insecticida	168
Anexo 19. Sistema de inyección	169
Anexo 20. Vista isométrica	169
Anexo 21. Ensamble de bomba hidráulica y piezas mecánicas	170
Anexo 22. Ensamble de líneas de inyección	170
Anexo 23. Ensamble de contrapeso	171
Anexo 24. Unión de líneas y válvulas de retención	171
Anexo 25. Tanque de almacenamiento	172

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 26. Moto bomba 3 Hp.....	172
Anexo 27. Unión rápida de mangueras	173
Anexo 28. Insecticidas	173
Anexo 29. Tabla de factor K continuación	174
Anexo 30. Factor de fricción diagrama de Moody	175
Anexo 31. Presión máxima.....	176
Anexo 32. Motor eléctrico 3 Hp	176
Anexo 33. Bomba de engranajes	177
Anexo 34. Acople de motor	177
Anexo 35. Tapón de drenaje	178
Anexo 36. Motor eléctrico (3 Hp – 220 VAC – 1450 rpm – 50 Hz)	178
Anexo 37. Bomba de engranajes 3,8 CC serie H.....	179
Anexo 38. Manifold de válvulas (UA)	179
Anexo 39. Válvula de check	180
Anexo 40. Válvula limitadora de presión	180
Anexo 41. Válvula check doble	181
Anexo 42. Válvula direccional centro cerrado	181
Anexo 43. Bobina 230 VAC y conector eléctrico	182
Anexo 44. Estanque metálico.....	182
Anexo 45. Tubo y filtro de succión	183
Anexo 46. Tubo y filtro de retorno	183
Anexo 47. Tapón de llenado y drenaje	184
Anexo 48. Sistema de control para bomba.....	185
Anexo 49. Sistema de electroválvulas.....	186
Anexo 50. Sistema hidráulico para la inyección de químicos.	187

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como objeto principal realizar un estudio en el diseño de un sistema hidráulico que permita la inyección de insecticidas químicos directamente a las raíces de las palmas de aceite y a su vez inicie el proceso de descomposición del *Estrategus Aloeus*, tipo de escarabajo (Es un insecto de gran importancia económica en cultivos de palma de aceite menores de 5 años. También es conocido como el escarabajo rinoceronte, que pueden dañar el meristemo y provocar la muerte de las palmas (Cenipalma, 2016). El ciclo de vida de este insecto tiene una duración aproximada de un año. Las palmas son afectadas por los adultos. La hembra deposita sus huevos en residuos como trozos de estípites de más de 15 cm de palmas eliminadas, donde se desarrollan las larvas). El panorama hoy día en el sector palmífero en Colombia va aumentando de manera exponencial en pérdidas monetarias debido a métodos poco convencionales para la erradicación de las atacadas por la plaga llamada PC (pudrición del cogollo) en las palma de aceite (Cenipalma, 2016).

A primera vista, los métodos para eliminar el PC como lo es el manejo de cirugías e inyección de micronutrientes en las raíces que faciliten el proceso de disminución de la plaga no ha contado con éxito alguno (Cenipalma, 2016). A este propósito se une CENIPALMA, contribuyendo a la solución de esta problemática mediante la publicación de la cartilla técnica Manejo Integrado de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite, y así brindar al personal vinculado con las plantaciones, herramientas óptimas para el manejo de la enfermedad.

El proyecto cuenta con la aplicación de una metodología descriptiva y exploratoria que permiten a través de los aportes de otros investigadores encontrar las mejores

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

prácticas agronómicas que posibiliten el manejo de la enfermedad y a su vez generar un sector palmero más competitivo, se tiene en cuenta el uso del método inductivo el cual desarrolla un enfoque cuantitativo y cualitativo que ayudan a orientar la investigación de manera que los resultados obtenidos sean coherentes con las dificultades presentadas.

En este proyecto se estima una durabilidad de cuatro meses, donde se contemplan las actividades estipuladas en el cronograma de trabajo, para dar entrega del documento final, explicación de las causas y efectos presentes en las enfermedades que azota el área palmera, los diseños desarrollados y alternativas de solución.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

INTRODUCCIÓN

El cultivo y refinación de la palma de aceite es una de las actividades productivas con más peso en el país, puesto que ha logrado posicionarlo como el cuarto productor de aceite en el mundo y consolidarse como el primero en el continente americano (Sectorial, 2015). Así pues, esta actividad agrícola representa una de las principales alternativas agroindustriales de producción de dicha materia prima, que favorece primordialmente al sector agroalimentario contribuyendo en gran medida al desarrollo de la nación, aportando a los ámbitos económicos y sociales, abriendo puertas al mercado internacional en la generación de acuerdos que favorezcan vías de exportación.

Por tal motivo, este recurso natural debe ser tratado y cuidado de forma que se produzca el menor índice de pérdidas por producción, garantizando que sus cultivos se encuentren en un ambiente óptimo que propicie un crecimiento sano y adecuado de esta planta. Sin embargo, debido a la existencia de la amenaza oculta, la cual es la del escarabajo *Estrategus Aloeus* que afecta directamente la oleaginosa (fruta y racimo de la palma de aceite), originando pérdidas y daños a la producción. Los estudiantes del programa de ingeniería electromecánica de la Unidades Tecnológicas de Santander de Barrancabermeja, a través de los conocimientos adquiridos mediante el proceso de aprendizaje, consciente de dicha problemática orienta el presente proyecto investigativo al diseño de un sistema hidráulico para la inyección de químicos, para el caso del sistema hidráulico para la inyección de químicos, se habla del Monocrotofos.

Este proyecto se desarrolló a través de la ejecución de un metodología descriptiva y exploratoria que otorgó a la investigación los aspectos teóricos en los que se basó para la selección, dimensión y forma de los componentes estructurales que

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

tienen cabida en el diseño del sistema hidráulico, lo cual permitió una correcta simulación del prototipo por parte de un software mecánico (Solidworks). Asimismo, se toma como referencia el método inductivo, que aborda lo particular del problema, el cual es el escarabajo que afecta el cultivo hasta lo general que se basa en dar solución al mismo, todo ello por intermedio de la implementación de un enfoque mixto en cuanto a la observación de variables que afectan la productividad de la palma, permitiendo el análisis de los datos estadísticos que se han publicado a lo largo de los años, estableciendo un registro del balance de pérdidas que ocasiona la plaga, determinando así la importancia de este suministro tecnológico que se crea con el fin de aminorar la enfermedad en los cultivos de palmas de aceite.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante los últimos años en Colombia, el cultivo de palma de aceite está asociado a graves problemas sociales y ambientales que en ocasiones no son causados por la planta (planta extractora de aceite), sino por los métodos utilizados para la plantación que están siendo trabajados. Sin embargo, debido a la presencia de plaguicidas se presentan condiciones deplorables en los cultivos, de esta materia prima. Arrastrando con ella un impacto negativo en el desarrollo socio-económico que se genera en las prácticas agrícolas, las cuales se ven limitadas a un crecimiento empresarial por falta de métodos de intervención que evite los efectos plaguicidas y disminuya el efecto en contra del desarrollo agrícola acorde con la economía global.

En la actualidad el principal inconveniente que presenta el desarrollo agrícola de cultivo de palma de aceite es el asesino de la planta, la plaga *phytophthora sppalmivora* más conocida como PC pudrición de cogollo, esta plaga ataca como su nombre lo indica al cogollo de la palma deshidratándolo y causando la inhabilitación en la producción, además uno de los principales efectos que genera la plaga es la presencia de beetle larva *strategus aloeus* más conocida como larva, esta larva que se alimenta de las raíces y el tallo de la palma tan solo le toma ocho meses convertirse en un insecto el cual se encarga de deteriorar y eliminar la planta, se sumerge entre el terreno a 30 o 40 cm para continuar atacando el bulbo basal por debajo, posteriormente el insecto continua devorando los tejidos más tiernos del cogollo, debido a esto la palma no produce suficiente aceite, muy a menudo destruye el meristemo apical y la planta pierde estabilidad

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

hasta que muere, este fenómeno plaguicida genera un atraso en la producción generando millonarias pérdidas económicas a las empresas que cultivan o procesan las palmas de aceite, este genera una involución en el desarrollo económico del sector agrícola que es el principal afectado ante la aparición de este fenómeno ambiental.

A pesar de los estudios realizados y avances obtenidos en la identificación de la plaga no existe aún un tratamiento realmente efectivo para evitar su ataque, las medidas de control que se utilizan actualmente como: recoger restos de árboles muertos y estípites de palmas viejas en descomposición, la recolección y destrucción de los insectos que se encuentran en la plantación y la aplicación de insecticidas granulados al suelo donde se detecte la presencia del insecto no son contundentes, lo que genera una baja productividad y por ende una baja rentabilidad, trayendo repercusiones a todos los directamente involucrados como también a los habitantes del sector los cuales son altamente afectados por la poca productividad lo cual perjudica su estancia en las empresas de cultivo o producción.

En busca de una solución a la problemática que se vive hoy día en el sector palmífero se llega a la necesidad de realizar un interrogante ¿Cómo contrarrestar con una nueva alternativa los efectos presentados por la plaga de pudrición de cogollo en las plantaciones de palmas de aceite del sector agrícola del país?

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

1.2. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de la palma de aceite genera mucha incertidumbre luego de los altos índices de erradicación de cultivo que se ha generado a través de la plaga de pudrición del cogollo y la afectación que este trae sobre los terrenos, generando así un impacto ambiental negativo y una desaceleración en el desarrollo económico del área agrícola, por tal motivo se hace necesario realizar el diseño de un sistema hidráulico para la inyección de tratamientos radiculares, dicho procedimiento permite la inyección de tratamientos radiculares de las palmas de aceite, este proceso se lleva a cabo bajo la inyección de plaguicidas directamente en las raíces de la palma de aceite a través del uso de un sistema hidráulico de dosificación, de este modo la implementación de este sistema concede la prevención, desintegración o neutralización del *strategus aloeus* más conocido como la pudrición de cogollo y su larva, así mismo este método genera el fortalecimiento de la raíz generando un sistema inmunológico que permite atacar esta plaga.

A través de los fundamentos teóricos adquiridos durante el transcurso de la carrera universitaria el estudiante de las unidades tecnológicas de Santander cuenta con los conocimientos requeridos para realizar la aplicación de un sistema hidráulico de dosificación el cual debe generar un óptimo funcionamiento que conlleve a la erradicación del problema que se vive en el sector palmífero, utilizando estos conceptos adquiridos en temáticas como accionamientos eléctricos, electrónica industrial y/o entre otras, el estudiante cuenta con la capacidad de desarrollar este proyecto el cual beneficia al sector agrícola puesto que al implementar el sistema se evidencia el cambio en el avance económico-social que se espera en el sector agrícola dedicado a la industria palmera.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

El desarrollo de este proyecto conlleva altos beneficios al sector agrícola debido a que los trabajadores que se benefician del sector palmífero podrán contar con una herramienta diseñada para disminuir la presencia de esta plaga y de este modo aseguran producciones exitosas y estabilidad laboral; además promueven el avance en el desarrollo tecnológico de este importante sector agrícola lo cual fomenta investigaciones para la erradicación de plagas de este tipo a través de sistemas hidráulicos de inyección, de este modo se disminuyen los cultivos perdidos.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la cifra afectada por la pudrición de cogollo en el área palmera y los impactos ambientales a los que conllevan la propagación de esta enfermedad.
- Diseñar un sistema hidráulico basado en el análisis de parámetros involucrados en la eficiencia volumétrica.
- Realizar un diseño del sistema hidráulico para la inyección de químicos para tratamiento radicular en el programa de modelamiento Catia.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Se realizan sistemas de investigación basados en hipótesis de trabajos referentes al modelo de investigación que se está trabajando, el cual da puntos de partida al momento de realizar el desarrollo de la investigación, con el fin de organizar parámetros de información concernientes al diseño del sistema hidráulico para la inyección de tratamientos radiculares.

Lina Flórez (2009) presenta en su tesis de grado una propuesta para el mejoramiento de un centro de distribución de riego, a través de sistemas de procesos operativos de inyección por medio de sistemas hidráulicos. El objetivo principal es la operación del centro de distribución de riego que cumple con el diseño de sostenimiento de inyección hidráulica en la empresa, y tiene como objeto específico caracterizar el modelo operativo actual del centro de distribución, de tal manera que se determinen las actividades que realmente agregan valor al proceso. Se realiza una propuesta de mejora para el programa del centro de distribución, basado en la determinación de una gestión que optimice el flujo de material y el desarrollo de la operación en la parte operativa del sistema hidráulico de inyección.

Se desarrollaron sistemas dosificadores de aspersion por esfuerzo hidráulico en el centro de distribución, lo cual permite de manera eficiente el aprovechar el recurso sin que se pierda la sostenibilidad del mismo (Florez, 2009). Se realizaron investigaciones y metodologías que minuciosamente determinan todo el proceso en todo el ámbito del trabajo, desde su inicio con el personal, el cual es capacitado por la empresa en el manejo de los equipos y el proceso que es establecido a

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

través de manuales y por ende obtener un sistema de aspersión de riego tecnificado y eficaz.

Lina Flórez (2009) afirma que se elaboró un manual de operación y mantenimiento, de modo que el trabajador pueda familiarizarse fácilmente con el sistema implementado y pueda realizar actividades básicas de mantenimiento del equipo de aspersión, y como resultado se obtuvo un sistema de riego tecnificado con un alto coeficiente de uniformidad y un eficiente consumo, logrando así impacto positivo entre los trabajos de la empresa.

Julie Corredor (2011) señala en su tesis de investigación el montaje de un banco de pruebas didáctico para el análisis de válvulas hidráulicas para sistemas dosificadores. Los objetivos de este proyecto abarcan un diseño y construcción de un sistema hidráulico para el montaje de válvulas hidráulicas y sistemas dosificadores acordes a las características del laboratorio. Se elaboran y adaptan guías en el montaje de los instrumentos hidráulicos con los respectivos procesos establecidos por el laboratorio.

Este proyecto está enfocado al estudio de las válvulas de control hidráulico, principalmente las válvulas reductoras de presión utilizadas en los sistemas de abastecimiento, y sistemas dosificadores es decir, en conducciones cerradas (Corredor, 2011). Se indica que las conducciones forzadas se estudian en laboratorios empleando bancos de pruebas de tuberías y accesorios que hacen que el estudiante pueda asimilar, mediante la investigación, las leyes que rigen el movimiento del líquido en conductos a presión, adquiriendo experiencias con la manipulación de válvulas, bombas dosificadoras, sistemas de inyección para medir presiones, para así poder llegar a sus propias conclusiones de control de flujo en los equipos.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Julie Corredor (2011) señala que el diseño y la construcción del banco de pruebas permitieron evidenciar la importancia de realizar un diseño acorde con las condiciones del sitio de emplazamiento debido a que los errores en esta etapa pueden conllevar a un aumento en el presupuesto y un atraso en la etapa de la construcción. Los sistemas de control hidráulico y fueron dispositivos de gran importancia para el abastecimiento en las pruebas realizadas en el banco.

José Cañón (2007) declara en su trabajo de grado un diseño detallado de un banco didáctico de un sistema hidráulico por medio de inyección dosificadora. Tiene como objetivo general utilizar componentes industriales con el fin de recopilar información y analizar cada uno de los componentes y verificar sus sistemas hidráulicos de inyección. Y como objetivos específicos realizar cálculos hidráulicos de los equipos, donde se especifican los diagramas hidráulicos correspondientes. Se hacen evaluaciones de operación y mantenimiento del banco para verificar las fallas del sistema y se crean guías para las prácticas de hidráulica en el laboratorio.

En este proyecto se realizará el diseño detallado de un banco didáctico de control del sistema hidráulico de inyección, para uso académico y experimental en la parte hidráulica de la Universidad de San Buenaventura. Para su diseño, se mostrarán los pasos que llevarán a realizar exitosamente el diseño (Cañón, 2007). En primer lugar, se estudiará a fondo el funcionamiento del sistema hidráulico, que es necesario para llegar al estudio detallado de cada uno de sus componentes y su respectivo funcionamiento.

De acuerdo a cada una de las funciones específicas del sistema hidráulico con patrón e sistemas de inyección. Se planteará un diseño donde por medio de la selección y el uso de componentes hidráulicos industriales se llegue a un sistema

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

hidráulico que cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador y así buscar un mejor estudio enfocado a la parte hidráulica, servo-hidráulica, hidráulica proporcional y elementos de control electrónico que permiten analizar todas las variables de control en el laboratorio.

José Cañón (2007) concluyo que se elaboraron los planos detallados de la estructura del banco del sistema, indicando cada una de las piezas por parte número, maquinados pertinentes, formas de ensamble y construcción. Adicionalmente se diseñaron algunas piezas que son indispensables para la montura y función del sistema hidráulico con sus respectivos planos de construcción, ensamble e instalación. El banco del sistema hidráulico es una innovación tecnológica para el aprendizaje de los estudiantes en conceptos de sistemas hidráulicos controlados por medios de inyección.

Eulogio Santos (2005) declara que en su proyecto grado la implementación de un sistema hidráulico mediante elementos de inyección, que comprende el diseño, selección de materiales y construcción del sistema hidráulico, circuito hidráulico y el ensamble con la bomba y accesorios correspondientes, que en conjunto constituyen un sistema generador de energía, la cual es conocida por su aplicación en los dispositivos de máquinas herramientas, estampado, perforación, empaques y otras aplicaciones; propósitos que se consiguen empleando la energía de un fluido que se transmite con el movimiento por medio de la presión de un líquido (aceite o aire, a veces agua).

Esta investigación tiene como argumento desarrollar diseños de sistemas hidráulicos para la generación de energía y lograr aplicaciones prácticas a los conocimientos teórico práctico y fortalecer los conocimientos mediante pruebas experimentales en la aplicación y uso de energía (Santos, 2005). Este sistema se

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

diseña de forma que deberá tener una caracterización de una masa de fluido localizada en el interior del sistema hidráulico que por medio de una válvula entrando en el cilindro produzca un trabajo y así la presión del fluido logre generar la presión indicada que se requiere para el trabajo.

Eulogio Santos (2005) determinó que el valor mínimo de los diámetros requeridos para el cilindro hidráulico, para trabajar en condiciones de fuerza requerida según las propiedades del equipo se obtienen por un valor de la presión interna del equipo y la optimización del diseño de los cilindros hidráulicos en lo referente a peso y dimensiones depende de las propiedades del material con que se construirá.

Javier Villajes (2010) afirma en su tesis el diseño y construcción de un banco didáctico con sistemas mecánicos e hidráulicos de inyección por presión. Tiene como objetivos Establecer diferencias y ventajas entre un sistema de transmisión automático y el sistema de cambios de presión manuales. Se identifica la ubicación y funcionamiento básico de los elementos que conforman la transmisión hidráulica automática. Se analizan parámetros del funcionamiento de la transmisión automática, presiones y revoluciones principalmente, por medio de datos proporcionados por sensores adaptados a la transmisión. Y se efectúan pruebas de funcionamiento del banco didáctico en todos los sistemas adaptados para comprender parámetros reales de funcionamiento.

El proyecto se presenta como una herramienta de gran utilidad para todos los involucrados en la ingeniería mecánica e hidráulica, que facilitara la comprensión exacta y precisa de un sistema de transmisión hidráulica de inyección automática, con todos sus componentes y parámetros de funcionamiento reales (Villajes, 2010). En el cual puede analizar los comportamientos en la presión del fluido,

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

factor preponderante en el conjunto de la transmisión, además de comportamiento de las revoluciones, tanto en el motor bomba que genera el movimiento como en la misma caja, que en la realidad va ser posible el movimiento de la potencia suministrada por el sistema hidráulico en el equipo.

Javier Villajes (2010) afirma que el fluido hidráulico para transmisión automática, es un componente de gran importancia en el principio de funcionamiento de la transmisión automática, es el encargado de proporcionar el movimiento al resto de elementos para conseguir las diferentes relaciones de transmisión. Y el banco didáctico ha sido diseñado utilizando materiales resistentes capaces de soportar el peso y el funcionamiento mismo del conjunto motor-transmisión hidráulica.

Jimmy Mora (2010) presenta un diseño de un banco de pruebas de válvula hidráulicas de control direccional con sistemas de dosificación para el laboratorio de potencia fluida. La dirección de esta investigación comprende el control direccional que se hace necesario caracterizar el comportamiento y evaluar las condiciones, ya sea haciendo un análisis de las pérdidas de presión en los elementos hidráulicos.

El desarrollo de esta investigación, demostró la caída de presión a través de válvulas de control hidráulicas basadas en los sistemas de dosificación, las cuales dependen del nivel de presión manejado en los sistemas de caudal que a traviesa los conductos de suministro de flujo. Este caudal o fluido puede ser descrito mediante relaciones variables cuantificables en adiciones a las funciones primarias que brinda el dispositivo al momento de su diagnóstico, por medio del análisis de presión que se le hace al banco de pruebas.

Jimmy Mora (2010) concluyo que el desarrollo de las pruebas demuestra que para valores de flujo altos, el crecimiento cuadrático de las pérdidas de presión, reduce

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

significativamente la eficiencia de un circuito hidráulico, por lo que hace necesario realizar el cambio de válvula a una de mayor capacidad de flujo nominal. Y se comprendió de manera práctica el fenómeno de los flujos a través de un orificio aplicados a la industria oleo hidráulica, permitiendo a su vez realizar un análisis de estado o condición para el mantenimiento del banco.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO HISTÓRICO

Daniel Czekaj (1988) declara que la rueda de molino movida por agua es una de las aplicaciones de la hidráulica más antiguas. Con esa aplicación el agua circula libre. Sin embargo, a partir del siglo XVII en que Pascal enunció la ley de la hidráulica que lleva su nombre, es cuando verdaderamente nació la hidráulica de fluidos encerrados en conductos, para transmitir energía. La ley de Pascal dice que: si tenemos un líquido encerrado en un recipiente, cualquier presión que ejerzamos sobre dicho líquido, se transmitirá íntegramente sobre todos y cada uno de los puntos del recipiente, actuando perpendicularmente sobre ellos.

Los principios fundamentales de la hidrostática fueron descubiertos por Arquímedes en el siglo III a. de C. El tornillo de Arquímedes que él inventó o perfeccionó fue utilizado por los romanos para elevar agua (Sierra, 2014). Pero pasaron muchos siglos antes de que otros sabios profundizaran en el estudio de la hidráulica y los primeros técnicos desarrollasen nuevas aplicaciones prácticas. Hacia 1660 se construyó la primera bomba de engranajes.

Jacinto Sierra (2014) Señala que Harry G. Ferguson inventó a principios de la década de 1930 el revolucionario sistema elevador hidráulico de tres puntos. El aspecto más genial del invento era que todo aumento del esfuerzo de tracción producía una compresión del tercer punto; al ocurrir esto, una válvula dejaba pasar aceite al cilindro para levantar el apero y volver a bajarlo después a la profundidad previamente seleccionada cuando desaparecía la sobrecarga. En 1933 lo instaló en un tractor prototipo fabricado por él.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Los últimos años de la década de 1940 y en los años 50 vieron la generalización del sistema elevador hidráulico. John Deere introdujo en 1947, en su modelo M (Sierra, 2014), el sistema denominado Touch-O Matic, el cual tenía la novedad de que la bomba del circuito hidráulico estaba accionada directamente desde el motor y no desde la toma de fuerza, lo cual hacía que hubiera disponibilidad de aceite siempre que el motor estaba en marcha, y una pareja de cilindros en el sistema elevador (en vez de un cilindro) permitía subir o bajar independientemente el brazo derecho o izquierdo del enganche.

La absorción radicular en un manejo industrial de plagas en palma africana se desarrolla en Colombia en 1982 con los métodos de control de plagas, especialmente de *Leptopharsa gibbicularina* como mayor inductor del complejo *Pestalotiopsis* en palma, se encaminó a la utilización de productos químicos asperjados por vía aérea y terrestre (Reyes, 2002). La introducción en 1982 del sistema de inyección de productos sistémicos al tronco permitió la mejora de eficiencia de los controles y una fuerte reducción en el total de hectáreas aplicadas por vía aérea.

No obstante, las bondades del sistema de inyección en palma adulta, el deficiente control de las plagas en toda el área foliar, acompañado del daño a los troncos, impidió su aplicación en cultivos de palma joven. La técnica de control de plagas por absorción radicular de productos sistémicos, permitió en la palma africana, además de solucionar los problemas de distribución presentados por la inyección en cultivos jóvenes y permitir un excelente control de *Leptopharsa gibbicularina* y *Stenoma cecropia*, como principales inductores del complejo *Pestalotiopsis* en Colombia (Reyes, 2002).

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

2.2. MARCO TEÓRICO

Hidráulica aplicada al flujo de presiones

Presión de fluidos

Jorge Granados (2002) señala que es la fuerza por unidad de área ejercida por un fluido sobre el elemento (tubería) que lo contiene. La fuerza que genera presión en primera instancia puede ser el peso del fluido, pero también puede ser inducida por la acción centrífuga que emplean las bombas del mismo nombre o por la compresión efectuada por un pistón o por un engranaje en las bombas de desplazamiento positivo. Su fórmula es identificada como la presión es igual a fuerza sobre el área ejercida.

Presión de vaporización de los líquidos

Los líquidos en mayor o menor grado tienen tendencia a evaporarse, esto es, a cambiar de fase líquida a gaseosa (Granados, 2002). La vaporización ocurre porque las moléculas son proyectadas continuamente a través de la superficie del líquido, debido a su energía o vibración térmica. Si el líquido está contenido en un recipiente cerrado, la presión ejercida por las moléculas evaporadas, se denomina presión de vaporización. Si se incrementa la temperatura al líquido, aumenta la presión de vaporización porque es un Índice de la actividad molecular. La formación de burbujas de vapor dentro de la masa líquida ocurre cuando la presión absoluta a que es sometido el líquido es igual o menor que la presión de vaporización a la temperatura respectiva. Si el espacio por encima de la superficie

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

del líquido es muy grande, las moléculas se vaporizarán y nunca encontrarán el equilibrio en la presión de vaporización.

Perdidas de energía por efecto de fricción

“La viscosidad de los fluidos genera esfuerzos cortantes cuando estos están en movimiento. Esta fricción con los contornos sólidos, se transforma en calor disminuyendo la energía total en el sentido del flujo, por esta razón se dice que hay una pérdida” (Granados, 2002, pág. 5).

Transformación de energía en un fluido hidráulico

Jorge Granados (2002) ratifica que el aspecto más importante es que los fluidos durante su recorrido están cambiando constantemente su energía en las tres formas mencionadas: presión en velocidad, altura en presión o viceversa. Y el balance de energía se puede realizar en un fluido en movimiento, teniendo en cuenta las tres clases de energía y las pérdidas. Para fluidos incompresibles, este balance se conoce con el nombre de ecuación de energía o de Bernoulli.

Ecuación de cantidad de movimiento

La segunda ley de Newton que relaciona las fuerzas ejercidas sobre un cuerpo con la masa de este y su aceleración: Fuerza que es igual a la masa por el área definida que se puede transformar para el movimiento de un fluido, como resultado sale un volumen de control que tiene el mismo significado del diagrama de cuerpo libre en resistencias de materiales y es importante en fenómenos donde hay cambios de dirección o cambios de velocidad porque permite calcular la fuerza exterior que se debe aplicar para mantener el equilibrio (Granados, 2002, pág. 10).

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Presión residual

Es la presión necesaria en la sección que precede a un elemento que entrega el fluido a la atmósfera, como en el caso de gabinetes, rociadores automáticos, hidrantes o sistemas de inyección (Granados, 2002). Dicha presión se convierte en incremento de velocidad y en pérdidas por turbulencia. Mediante la aplicación de la ecuación de energía se puede establecer una relación entre la presión residual y caudal. La velocidad real es menor que la calculada, debido a las pérdidas entre las que no habían sido consideradas. Para corregir este efecto se introduce el coeficiente de velocidad (C_v) menor que la unidad, que se halla experimentalmente. Por otra parte, si el chorro sufre alguna contracción a la salida, el área real será el producto de un coeficiente de contracción (C_c) menor de la unidad por el área de salida del elemento.

Perdidas por fricción en sistemas de inyección o mangueras

“Similarmenente al caso de fricción en tuberías, las pérdidas en sistemas de inyección o mangueras de protección contra incendios son directamente proporcionales a la longitud, a la segunda potencia del caudal e inversamente proporcional al diámetro elevado a la quinta potencia” (Granados, 2002, pág. 15).

Principio de operación de bombas hidráulicas

Julie Corredor (2011) señala que las válvulas de control hidráulico son operadas por dos partes importantes que la conforman y por un principio básico de la física. El actuador hidráulico (diafragma o pistón) y el obturador son dos elementos que están en contacto con las presiones tanto aguas arriba como aguas abajo, generando fuerzas sobre ellos. Cuando la presión en el actuador hidráulico es

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

mayor o igual que la ejercida por el líquido en el obturador, la válvula se cierra; en el caso contrario en que la presión en el actuador hidráulico sea tan baja como para que la fuerza ejercida en el obturador desplace el vástago hacia arriba, la válvula abrirá. Y esto funciona gracias al principio de la presión, definida como la fuerza ejercida por unidad de superficie y está descrita por la siguiente fórmula que dice que la presión es igual a la fuerza sobre el área.

Factor de capacidad hidráulico

Es el factor más común en las válvulas de control hidráulico, y usado generalmente para escoger el tamaño de válvula a utilizar según las condiciones del flujo (presión y caudal). Los fabricantes deben proveer el de cada tipo y tamaño de las válvulas que distribuyan. Para seleccionar una válvula hidráulica para un sistema determinado, se debe calcular con las condiciones del flujo y buscar una válvula que presente un mayor o igual al calculado (Corredor, 2011, pág. 31).

Cavitación de las válvulas hidráulicas

Julie Corredor (2011) determina que la cavitación en las válvulas hidráulicas es un factor importante para su selección, ya que es un fenómeno físico que puede ocasionar daños en la válvula como ruidos fuertes, erosión de los componentes, destrucción de la válvula, fuertes vibraciones, entre otras; las cuales impiden que ésta opere efectivamente y se aumenten los costos del sistema.

La cavitación ocurre cuando, por causa del estrangulamiento del obturador y al incremento de la velocidad asociada, la presión del fluido disminuye a un valor menor que la presión de vapor de este lo que conlleva a la formación de burbujas

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

de vapor, las cuales al llegar a una zona de alta presión colapsan bruscamente expulsando una gran cantidad de energía y generando unas ondas expansivas a causa de la gran presión (millares de psi), golpeando los elementos que componen la válvula y afectando su funcionamiento.

Sistemas electro hidráulicos

Un sistema electro-hidráulico consta principalmente de dos grupos: sistema de control de potencia y sistema de control de alimentación como lo son:

Sección de Potencia.

Esta sección comprende todos los elementos que suministran la alimentación y el control de la potencia de un sistema. “Generalmente, la sección de potencia de un sistema electrohidráulico no se diferencia de la potencia de un sistema meramente hidráulico, a excepción de la forma de la actuación de las válvulas” (Cañon, 2007, pág. 10).

Sección de Alimentación

Ésta sección se divide en la conversión de la energía y preparación del medio de presión (Cañon, 2007). En el proceso de conversión de la energía (energía eléctrica es convertida en energía hidráulica y posteriormente en energía mecánica), se utilizan generalmente componentes como motores, bombas, dispositivos de protección, sistemas de inyección hidráulica, tanque con indicador de nivel, filtros, intercambiadores de calor, acoples, instrumentos de medición,

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Sección de Accionamiento

En esta sección se realizan los movimientos de trabajo del sistema. La presión hidráulica en el medio de presión, se convierte en energía mecánica con la ayuda de motores y actuadores. El consumo de potencia de actuadores en la sección de accionamiento, determina los requerimientos en relación con la elección de los componentes para la sección de alimentación de potencia y control (Cañon, 2007, pág. 10).

Funcionamiento de conducciones abiertas y cerradas hidráulicas

En una conducción abierta, el funcionamiento como flujo a superficie libre es el único posible (Cadavid, 2006). No puede presurizarse nunca, pues lo impide la ausencia de una pared sólida en la parte superior. Por el contrario, una cerrada opera según ambas modalidades de flujo, como la conducción a presión algunas veces. En otras lo hace a superficie libre. Es claro que ambos funcionamientos tienen que ocurrir den forma simultánea.

Conservación de la energía

Héctor Parra (2012) explica que antes del rompimiento del átomo, se nos decía que la energía no podía ser creada o destruida. Esta es la ley de conservación de la energía. En un sistema hidráulico, no se destruye la energía desde un punto a otro y desde una forma a otra. La energía que se pierde en la fricción se transforma en calor, pero no está pérdida. Es simplemente energía gastada.

El propósito de un sistema hidráulico es transferir energía mecánica desde un punto a otro a través del medio de energía de presión. Si la energía mecánica impulsa la bomba hidráulica se convierte en energía de presión y energía cinética

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

en el fluido. Esto se reconvierte en energía mecánica para mover una carga. Los transductores son los elementos que transforman de un tipo de energía a otro tipo de energía.

El contenido energético de un sistema hidráulico está compuesto de varias energías parciales (Parra, 2012). Según la ley de conservación de la energía, la energía de un líquido que fluye, siempre es constante a menos que se agregue o se consuma energía externamente por efecto de trabajo. La energía total es la suma de las siguientes energías parciales.

Energía potencial

Es la que posee un cuerpo (ó un líquido) si es elevado a una Altura. En ese proceso de elevación se efectúa trabajo contra la gravedad. “Esta Energía potencial es utilizada en prensas con Cilindros de grandes dimensiones para llenar rápidamente la cámara del cilindro y para crear una presión inicial para la bomba” (Parra, 2012, pág. 7).

Un fluido sometido a presión, disminuye su volumen por efecto de los gases disueltos en él. La compresión asciende a 1% a 3% del volumen original (Parra, 2012). En consecuencia, se trata de una compresión relativamente pequeña, por lo que la energía de presión es poca. Si la presión es de 100 bar, la diferencia es de aproximadamente 1% en relación con el volumen original.

Método de tratamiento sistema de absorción radicular

El método del tratamiento de absorción radicular consiste en la aplicación de insecticidas químicos sistémicos a través de las raíces de la palma. Para su

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

aplicación es necesaria la perforación del suelo alcanzando la profundidad sobre las raíces deseadas (Blanco, 2016). En este trabajo se pretende implementar este método por medio de una tecnología hidráulica que permitirá la prevención y el control de la propagación de plagas; la tecnología propuesta es de fácil uso y aplicación se realiza en poco tiempo.

Técnica de absorción radicular

Argimiro Reyes (2002) explica que esta técnica de absorción radicular es un proceso fisiológico mediante el cual ingresan sustancias a través de las raíces. Este proceso ha sido utilizado en el manejo de plagas mediante la aplicación al suelo de insecticidas sistémicos, en donde los pelos absorbentes cumplen la principal función. Técnica que en palma africana no ha dado los mejores resultados. Una modificación en el método consiste en no aplicar el insecticida al suelo, sino colocarlo en pequeñas bolsas de polietileno, donde se introduce el corte de una o varias raíces principales seleccionadas. Esto ha permitido en palma africana obtener resultados excelentes de control de varias especies de plaga en miles de hectáreas aplicadas.

El diseño de un banco de pruebas permite el análisis y el cálculo de pérdidas de carga debido a la fricción en tuberías y accesorios, la importancia del estudio del comportamiento de los flujos a través de tuberías y accesorios de diferentes tipos de materiales, teniendo en cuenta el estudio de las leyes del movimiento de los fluidos, teniendo en cuenta las diferentes teorías y ecuaciones expuestas a lo largo de los años.

El estudio las leyes del movimiento de los fluidos y su proceso de interacción con los cuerpos sólidos. La mecánica de fluidos como hoy la conocemos es una

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

mezcla de teorías y experimentos que provienen por un lado de los trabajos iniciales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y por el otro de trabajo de básicamente matemáticos, que abordaban el problema mediante un enfoque analítico. Al integrar en una única disciplina la experiencia de ambos colectivos se evita la falta de generalidad derivada de un enfoque estrictamente empírico, valido únicamente para casos concretos, y al mismo tiempo se permite que los desarrollos analíticos matemáticos aprovechen adecuadamente la información experimental y eviten basarse en simplificaciones artificiales alejadas de la realidad (Cromer, 2006, pág. 236).

Efecto venturi

Una manera de medir el caudal de un flujo en una tubería consiste en intercalar en esta un estrechamiento, o garganta, a dicho estrechamiento, de extremos ahusados a fin de mantener el régimen estacionario, se le llama tubo de Venturi (Cromer, 2006). La menor sección del tubo de Venturi hace que aumente la velocidad del fluido. La presión de acuerdo con la ecuación de Bernoulli. La caída de presión que sufre el fluido al atravesar el tubo de Venturi se denomina efecto Venturi. Tiene muchas aplicaciones en ingeniería, en un medidor de Venturi, las presiones (p y p') en la tubería principal y en el tubo de Venturi se miden con instrumentos adecuados, tales como los manómetros (Cromer, 2006). En este caso, la diferencia de presiones ($p - p'$) está relacionada con la diferencia de (h) de altura del fluido en los manómetros por:

$$p - p' = pgh$$

El caudal (Q) es el mismo en la tubería principal que en el tubo de Venturi:

$$Q = Av = A'V'$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Donde A y A' son las áreas de las secciones rectas de la tubería principal y del tubo de Venturi, respectivamente (Cromer, 2006). De esta ecuación obtenemos:

$$V' = \frac{A}{A'} V \quad \text{Ecuación 1.}$$

Que al sustituir:

$$\frac{1}{2} p \left(\frac{A}{A'} \right)^2 V^2 + P' = \frac{1}{2} p v^2 \quad \text{Ecuación 2.}$$

Dónde:

$$V^2 = \frac{P - P'}{\frac{1}{2} p \left(\frac{A^2}{A'^2} - 1 \right)} \quad \text{Ecuación 3.}$$

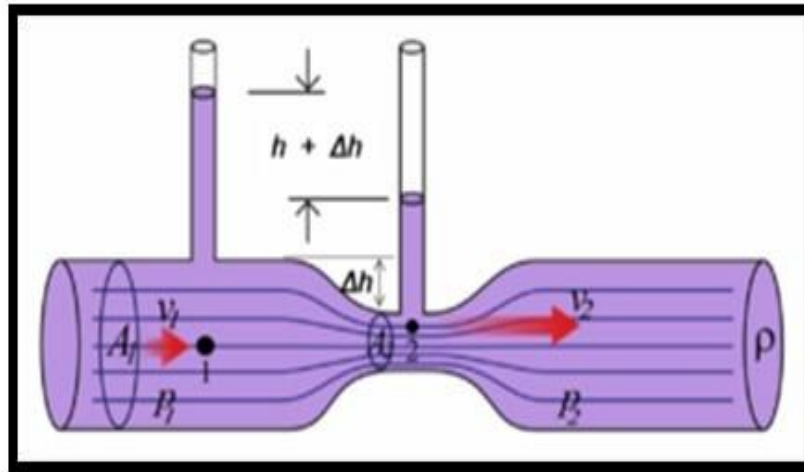
Así pues, la velocidad del fluido en la tubería principal será de:

$$V = \sqrt{\frac{P - P'}{\frac{1}{2} p \left(\frac{A^2}{A'^2} - 1 \right)}} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Y el caudal será:

$$Q = Av = A \sqrt{\frac{P - P'}{\frac{1}{2} p \left(\frac{A^2}{A'^2} - 1 \right)}} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Figura 1. Efecto venturi



Fuente: GROMER A. Física en la ciencia y en la industria. Barcelona: Mc Graw Hill, 2006, p. 235.

La ley de regímenes.

Está definido por la combinación del efecto de gravedad y del efecto de viscosidad. “Régimen laminar de un flujo cuando tiene un movimiento ordenado, en el que las partículas del fluido se mueven en línea paralela, sin que se produzca mezcla de materia entre las distintas capas” (Burbano, 2005, pág. 280).

Figura 2. Flujo laminar



Fuente: ERCILLA, Burbano. Física general. España: Tébar, 2005. p. 280.

Régimen turbulento o Venturi es movimiento de fluido es turbulento cuando el flujo presenta un movimiento desordenado con mezclas intensivas entre las distintas capas (Burbano, 2005).

$$h_L = \left(f * \frac{L}{D} \right) * \frac{V^2}{2 * g} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Al introducir el valor del factor de fricción para un flujo laminar

$$F = \frac{64}{Re} \quad \text{Ecuación 7.}$$

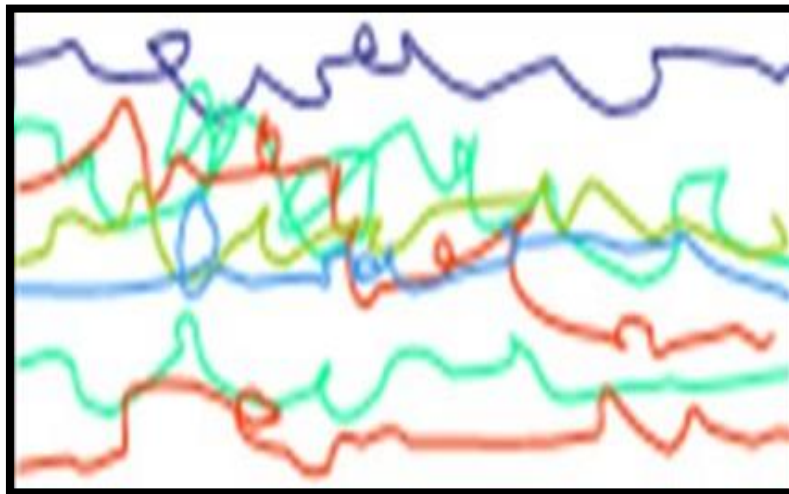
Reemplazando

$$h_L = \left(\frac{64}{Re} * \frac{L}{D} \right) * \frac{V^2}{2 * g} \quad \text{Ecuación 8.}$$

L= Longitud de tubería en metros (pies)

D= Diámetro interior de tubería en metros (pies)

Figura 3. Flujo turbulento



Fuente: ERCILLA. Burbano. Física general. España: Tébar, 2005. p. 280.

Velocidad media de flujo: El término “velocidad”, a menos que se diga lo contrario, se refiere a la velocidad media o promedio de cierta sección transversal dada por la ecuación de continuidad para un flujo estacionario (Burbano, 2005).

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 9.}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$A = \frac{\pi}{4}(D)^2 \quad \text{Ecuación 10.}$$

V = Velocidad en metros por segundo m/s

Q = Caudal en metros cúbicos por segundo m^3/s

A = Área en metros cuadrados m^2

D = Diámetro interno del tubo en metros m

Número de Reynolds.

Burbano (2005) afirma que las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad y la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo.

El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad. Factor de fricción para condiciones de flujo laminar ($Re < 2000$) es función sólo del número de Reynolds; mientras que para el flujo turbulento ($Re > 4000$) es también función del tipo de pared de la tubería.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Así se define el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{4 * Q}{\pi * \nu * D} \quad \text{Ecuación 11.}$$

Dónde:

U_s = Velocidad característica del fluido.

D = Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema.

ν = Viscosidad cinemática del fluido

Q = caudal

$\pi = 3.14159$

Ley de Darcy

Crane (2006) señala que el flujo de los fluidos en tuberías está siempre acompañado de rozamiento de las partículas del fluido entre sí y, consecuentemente, por la pérdida de energía disponible; en otras palabras, tiene que existir una pérdida de presión en el sentido del flujo. Si se conectan dos manómetros Bourdon a una tubería por la que pasa un fluido. (pág. 6)

La ecuación general de la pérdida de presión, conocida como la fórmula de Darcy y que se expresa en metros de fluido es:

$$h_l = \frac{f L V^2}{D 2 g_n} \quad \text{Ecuación 12.}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Esta ecuación también puede escribirse para obtener pérdida de presión en newton por m² (pascal) sustituyendo las unidades correspondientes de la manera siguiente:

$$\Delta P = \frac{P f L v^2}{2D} \text{ (ya que } \Delta P = H l * p * g n) \quad \textbf{Ecuación 13.}$$

$$\Delta P = \frac{p f L v^2}{114 D^2 g} \quad \textbf{Ecuación 14.}$$

La ecuación de Darcy es válida tanto para flujo laminar como turbulento de cualquier líquido en una tubería. Sin embargo, puede suceder que, debido a velocidades extremas, la presión corriente abajo disminuya de tal manera que llegue a igualar la presión de vapor del líquido, apareciendo el fenómeno conocido como capitación y los caudales obtenidos por cálculo serán inexactos (Crane, 2006).

Viscosidad cinemática (Símbolo V).

Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m²/s). La unidad CGS correspondiente es el stoke (St), con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo y el centistoke (cSt), 10⁻² stokes, que es el submúltiplo más utilizado (Crane, 2006, pág. 6).

$$1 \frac{m^2}{s} = 10^6 cSt$$

$$1 cSt = 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$\nu(\text{Centistokes}) = \frac{\mu(\text{centipoise})}{\rho(\text{gramos/cm}^3)} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Densidad (Símbolo ρ (Rho))

“la densidad de una sustancia es su masa por unidad de volumen. La unidad de densidad en el SI es el kilogramo por metro cúbico o libras por pie cúbico” (Crane, 2006, pág. 10).

$$\rho = \frac{1}{V} \quad \text{Ecuación 16.}$$

Otras unidades métricas que también se usan son:

Gramo por centímetro cúbico (g/cm^3)

O

Gramo por mililitro (g/ml)

$$g/cm^3 = g/ml = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Volumen específico (Símbolo V)

La unidad correspondiente en el sistema SI para volumen específico es el inverso de la densidad, es el metro cúbico por kilogramo (m^3/kg) o (pie³/libra) (Crane, 2006).

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$\bar{V} = \frac{1}{\rho}$$

Ecuación 17.

A menudo también se usan las siguientes unidades para volumen específico:

Litro por kilogramo (*litro/kg*)

O

Decímetro cúbico por kilogramo (dm^3/kg)

$$(litro/kg) = (dm^3/kg) = 0.001m^3/kg$$

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Se definen caracterizaciones de todos los elementos que intervienen en el proceso de investigación. Que, a través de publicaciones conceptuales, se contextualiza el trabajo de investigación y se amplía su campo de conocimiento e información detallada, con definiciones, conceptos y líneas que enmarcan las interpretaciones de los resultados a lo largo del trabajo.

2.3.1. Elementos que intervienen en el diseño del sistema de hidráulico

La mayoría de los sistemas hidráulicos en uso, actualmente son operados hidrostáticamente, esto es, a través de presión. Su estudio técnicamente debe referirse como hidrostático o de presión hidráulica.

2.3.1.1 Válvulas de control de flujo

Son usadas para controlar el flujo de aceite en algún punto del circuito hidráulico, en forma independiente de la presión (Murillo, 1987). La válvula de control de flujo asegura que el movimiento del fluido hacia el cilindro, en el extremo izquierdo del actuador, sea apropiado para hacer que la carga se mueva a la velocidad que se desea. El control se efectúa por medio de restricciones internas ajustables, que se establecen durante la operación del sistema. Las restricciones ocasionan pérdida de energía y por tanto existe una caída de presión a través de la válvula.

2.3.1.2 Actuadores hidráulicos

Son los elementos que permiten cambiar la energía del fluido en movimiento, en trabajo útil. “Son los elementos de trabajo del sistema y se pueden dividir en dos grandes grupos: cilindros, en los que se producen movimientos lineales y motores, en los que tienen lugar movimientos rotativos” (Sigüencia, 2014, pág. 21).

2.3.1.3 Válvulas reguladoras de presión hidráulica

Ismael Sigüencia (2014) asegura que estas válvulas limitan la presión máxima de un circuito. Su funcionamiento se basa en la estabilidad entre la presión y la fuerza de un muelle. Se emplean en todos los circuitos hidráulicos, como sistema de seguridad, nos darán un valor indeterminado y desvían el caudal hacia el retorno cuando se alcanza el valor de presión estipulado.

2.3.1.4 Bomba de pistones en línea

Estas bombas tienen los pistones en línea como los motores de los automóviles. Los pistones son movidos por levas situadas en el eje motriz (Czekaj, 1988). Las levas están espaciadas de tal manera que actúen sobre los pistones con una secuencia que permite obtener un flujo de aceite lo más continuo posible.

2.3.1.5 Controles electro hidráulico

José Cañón (2007) Los sistemas hidráulicos de control convencional, poseen una central hidráulica común para todos los actuadores y válvulas instalados en el banco de trabajo, lo cual requiere de un complejo sistema de condiciones para

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

conducir el aceite hidráulico hasta las posiciones que ocupan dichos actuadores, por esto se recurre a controles electro-hidráulicos que transmiten grandes potencias, velocidades y realizan posicionamientos con alta precisión de largo alcance.

2.3.2. Tipo de control electro hidráulico

Control “On - Off”

Las válvulas solenoides son comúnmente operadas en forma ON-OFF. Poseen dos estados de activación que corresponden al estado de alguna de las ramas hidráulicas abiertas o cerradas. Los requerimientos de entrada pueden ser voltajes AC, DC de un específico valor a un específico nivel de corriente y las características de flujo son usualmente definidas por el tamaño de un orificio o coeficiente de la válvula. En un control típico “ON-OFF”, la precisión es proporcional al producto del tiempo de respuesta de la válvula y la velocidad conocido como “slew rate”. En válvulas de gran tamaño, se obtienen movimientos rápidos de la máquina, pero una precisión pobre en posicionamiento. Incrementar la precisión requiere válvulas más rápidas o disminuir la velocidad (Cañon, 2007, pág. 15).

2.3.2.1 Servo hidráulico (servo válvulas)

Se llama servo-válvula a la válvula direccional que tiene infinidad de posiciones ajustando la cantidad de fluido hidráulico y la dirección al controlar o acoplarse a algún elemento muy sensible donde se puede obtener un control preciso de posición, velocidad y aceleración de un actuador (Cañon, 2007). Existen dos tipos de válvulas servo: las servo-mecánicas y las servo electro-hidráulicas.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

2.3.2.2 Manómetros de presión

Jaime Díaz (2006) ratifica que los manómetros son dispositivos que se utilizan para medir la presión. Existen diferentes dispositivos para medir la presión entre los cuales es conveniente mencionar el medidor de Bourdon. El medidor de Bourdon es un dispositivo mecánico, de tipo metálico, que en general se encuentra comercialmente y que basa su principio de funcionamiento en la capacidad para medir la diferencia de presión entre el exterior y el interior de un tubo, conectado a una aguja por medio de un resorte, encargándose la aguja de señalar en una carátula la presión registrada para cada situación particular.

2.3.2.3 Presostato diferencial de aceite

“El funcionamiento de este presostato depende de la diferencia de presión existente entre las dos tacitas de efectos opuestos, independientemente de la presión absoluta” (Alarcon, 1998, pág. 209). El presostato diferencial de aceite es un interruptor eléctrico mandado por la presión con un relé temporizador incorporado, el cual corta la corriente al dispositivo de protección del motor eléctrico en 60 segundos si la presión de la bomba de aceite no es superior, en todos los momentos de la marcha de la máquina, a la presión de aspiración o a la que existe en el cárter.

2.3.2.4 Fluidos Hidráulicos

La selección que se haga y el cuidado que se tenga del fluido hidráulico de un sistema hidráulico, ejercerán un efecto importante sobre el rendimiento de esta, así como por lo que respecta a la duración de los elementos hidráulicos (Villafana, 1986). En un sistema hidráulico el aceite es utilizado como medio para transmitir la

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

potencia; siendo esto, como una de las cuatro finalidades que debe tener un fluido hidráulico. Las restantes son lubricación, sellamiento y enfriamiento.

2.3.2.5 Transmisión de potencia

Como medio de transmisión de potencia, el líquido debe fluir con facilidad a través de las líneas y orificios de los elementos, la excesiva resistencia al flujo crea pérdidas de potencia considerables. “El fluido debe ser también tan incomprensible como sea posible, a fin de cuando se arranque una bomba y cambie de posición una válvula, la acción sea instantánea” (Villafana, 1986, pág. 37).

2.3.2.6 Aceite hidráulico

Fernando Villafana (1986) aclara que el aceite hidráulico derivado del petróleo sigue siendo, con mucho, la base más utilizada para los fluidos hidráulicos. El petróleo, en la mayoría de los casos, posee excelentes cualidades de lubricación por su naturaleza este tipo de aceite protege contra la oxidación, proporciona un buen sello, disipa fácilmente el calor y es sencillo tenerlo limpio mediante filtración o separación de los contaminantes por gravedad.

2.3.3. Sistemas de alimentación eléctrica (Batería de alimentación)

La batería de alimentación está prevista únicamente para la instalación eléctrica (sin el motor de arranque). Suministra corrientes relativamente pequeñas (p. ej. aprox. 20 A para el control de un motor), pero es muy resistente a los ciclos repetidos, es decir, puede entregar y recuperar mediante la carga grandes cantidades de energía, con la alta capacidad requerida y la profundidad de

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

descarga admisible (Bosch, 2000). El dimensionado se basa esencialmente en la reserva de capacidad necesaria los consumidores conectados.

2.3.4. Sistemas de control

Un sistema de control es el ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que se pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema. “Estos sistemas ejecutan acciones con exactitud determinada por su calibración. Esta calibración establece o restablece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada” (Cervantes, 2010, pág. 23).

2.3.5. Elementos de control

El regulador o controlador es el elemento que determina el comportamiento del lazo de control, por lo que debe ser un componente diseñado con gran precisión; mientras que la variable controlada se mantenga en el valor previsto (Cervantes, 2010), el regulador no actuará sobre el elemento accionador; pero si el valor de la variable se aleja del prefijado, el regulador modifica su señal, ordenando accionador que actúe sobre la planta o proceso, en el sentido de corregir dicho alejamiento.

2.3.5.1 Bomba dosificadora

Este tipo de bomba que es de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos (Salas, 2011). El fluido es transportado por medio de un tubo flexible colocado dentro de una cubierta circular de la bomba. Las bombas

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

dosificadoras son ideales para dosificar de manera controlada líquidos o pastas, los cuales son aplicados en cierto momento o de manera continua en ciertos procesos.

2.3.5.2 Sistema de absorción radicular

La eficiencia del sistema de absorción no sólo depende de la buena ejecución del tratamiento, sino del tipo de insecticida a utilizar. Entre los diversos insecticidas líquidos y polvos solubles evaluados hasta ahora, “básicamente los de características sistémicas han sido absorbidos pero a su vez su comportamiento en el control de plagas en palma africana ha sido muy variable formulación líquida” (Reyes, 2002, pág. 20).

2.3.5.3 Velocidad de absorción radicular

El proceso y velocidad de absorción de insecticidas por palma, depende de varios factores tales como el grosor de la raíz, el grado de diferenciación de los vasos conductores en la sección inmersa, el número de raíces utilizados, el tipo de insecticida y las condiciones ambientales (temperatura, humedad atmosférica y del suelo y radiación solar); éstas últimas correlacionadas con la hora del día (Reyes, 2002). En los tratamientos por inyección, la distribución y efectividad en el control de plagas están en relación directa con la edad de las palmas: a mayor edad mejor distribución y control.

2.3.5.4 Efectividad del sistema de absorción radicular

Ramakrishna (1988) La efectividad del sistema de absorción no solo depende de la buena ejecución del tratamiento sino del tipo de insecticida usado para el control

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

de una plaga específica. Los tratamientos por absorción radicular se deben hacer de preferencia en palmas jóvenes donde la selección de raíces es más segura y la distribución del insecticida es homogénea, igual que en palma adulta.

Para Crespo (2006) la característica fundamental de los fluidos se denomina fluidez; un fluido cambia de forma de manera continua cuando está sometido a un esfuerzo cortante, por muy pequeño que sea este, es decir, un fluido no es capaz de soportar un esfuerzo cortante sin moverse durante ningún intervalo de tiempo (pág. 345).

Unos líquidos se moverán más lentamente que otros, pero ante un esfuerzo cortante se moverá siempre. La medida de la facilidad con que se mueve vendrá dada por la viscosidad que se trata más adelante, con la acción de fuerza de rozamiento (Crespo, 2006). Por el contrario, en un sólido se produce un cambio fijo y para cada valor de la fuerza cortante aplicada en realidad algunos sólidos pueden presentarse en cierto modo ambos comportamientos, cuando la tensión aplicada está por debajo de un cierto umbral presenta el comportamiento habitual, mientras que por encima de un cierto umbral el sólido puede plastificar, produciéndose una deformación más continua para una fuerza fija, de forma parecida a como ocurre en un fluido (Crespo, 2006).

Esto es precisamente lo que ocurre en la zona de fluencia. Si la fuerza persiste, se llega a la rotura del sólido. En el caso de los líquidos, la compresibilidad es muy débil. Esto es debido a que las fuerzas atractivas entre las moléculas del líquido vencen al movimiento térmico de las mismas, colapsando las moléculas y formando el líquido. Al contrario que en el caso de los gases, que tendrían a ocupar todo el volumen que los contiene, los líquidos tienden a formar una superficie libre (Crespo, 2006).

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

La noción de la compresibilidad dada es la correspondiente a la estática de los fluidos. En dinámica los fluidos, hay casos en los que la densidad no varía a lo largo del flujo, incluso en un fluido compresible, por lo que a ese flujo le podemos aplicar las leyes de los fluidos incompresibles. Tiene en este caso más sentido hablar de flujo compresible o incompresible. Los fluidos no conservan la forma. Al situarlos en un recipiente toman la forma del mismo (si lo llenan) o de parte del mismo (Crespo, 2006, pág. 350).

2.3.5.5 Descripción de un fluido.

Se define que, para la descripción del movimiento de un fluido recurrimos a las leyes de generales de la mecánica (leyes de newton, leyes de la conservación de la cantidad de movimiento y la energía), junto con relaciones específicas condicionadas por la fluidez (Crespo, 2006). A escala microscópica la materia, y en particular un fluido esta compuestas de moléculas a cierta distancia promedio con espacio vacío entre ellas. Estas moléculas están continuamente moviéndose y colisionando entre sí.

Este procedimiento, con algunas simplificaciones importantes es el que adopta la teoría cinética y en mecánica estática, pero es aún demasiado complejo para utilizarlo en el trabajo diario de hidráulica (Crespo, 2006). En la mayor parte de los cálculos hidráulicos, el interés está realmente centrado en manifestaciones macroscópicas promedio que resultan de la acción conjunta de una gran cantidad de moléculas, manifestándose como la densidad, la presión o la temperatura (Crespo, 2006).

En la práctica es posible hacer una simplificación importante, suponer que todas estas manifestaciones son el resultado de la acción de una hipotética distribución continua de materia, a la que denominaremos el continuo, o el medio continuo, en

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

lugar de estudiar el conglomerado real de las moléculas discretas, de mucha mayor complejidad (Crespo, 2006). De esta forma a la hora de estudiar nuestros problemas sustituiremos la materia real por este medio continuo ficticio, cuya propiedad varía de forma continua y reflejan las propiedades macroscópicas del medio real.

“Este concepto del medio continuo permite una gran simplificación en el análisis. Po supuesto, este enfoque debe utilizarse únicamente cuando arroje resultados razonablemente correctos” (Crespo, 2006, pág. 350). Por ejemplo, no pueden utilizarse cuando el recorrido libre medio de las moléculas es del orden de las magnitudes características del problema. En estas condiciones, la acción de cada molécula individual es significativa y debe estudiarse individualmente (Crespo, 2006).

2.3.6. Propiedades de un fluido.

La solución de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo de las propiedades físicas del fluido en cuestión (Crespo, 2006).

Densidad: Se define como la masa por unidad de volumen. Sus unidades en el sistema internacional son $[\text{kg}/\text{m}^3]$ (Crespo, 2006).

m = masa

V = volumen

$$\rho = \frac{m}{V}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Peso específico: se define como el peso por unidad de volumen en el sistema internacional sus unidades son $[N/m^3]$ (Crespo, 2006).

$$r = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = p \cdot g$$

Siendo,

Y = el peso específico

P= el peso de la sustancia

V= el volumen de la sustancia

P= la densidad de la sustancia

m= la masa de la sustancia

g = la aceleración de la gravedad

Volumen específico: Se denomina volumen específico al volumen ocupado por unidad de masa. Sus unidades en el sistema internacional son $[m^3/kg]$ (Crespo, 2006).

$$V = \frac{V}{m} = \frac{1}{p}$$

Donde,

V = es el volumen

m= es la masa

p= es la densidad del material

La viscosidad refleja la resistencia al movimiento del fluido y tiene un papel análogo al del rozamiento en el movimiento de los sólidos. La viscosidad está siempre presente en mayor o menor medida tanto en fluidos compresibles como

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

incompresibles, pero no siempre es necesario tenerla en cuenta. En caso de los fluidos perfectos o no viscosos su efecto es muy pequeño y no se tiene en cuenta, mientras que en el caso de los fluidos reales o viscosos su efecto es importante y no es posible despreciable (Crespo, 2006, pág. 355).

Crespo (2006) establece que la presión en un punto se define como el valor absoluto de la fuerza por la unidad de superficie a través de una pequeña superficie que pasa por ese punto y en el sistema internacional su unidad es el Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). En el caso de los fluidos en reposo la fuerza ejercida sobre la superficie debe ser siempre perpendicular a la superficie, ya que, si hubiera un componente tangencial, el fluido fluiría (Crespo, 2006).

2.3.7. Tipos de fluidos.

Sustancias en general, aquellas que se deforman cuando se le aplica una presión o tensión en su superficie, las que conocemos como agua o gasolina que adoptan la forma del recipiente que los contiene, pero no todos los fluidos se comportan de la misma manera a las fuerzas externas que reciben, esto se debe a la viscosidad que presentan, la viscosidad es la resistencia de un fluido a moverse o cambiar de forma por una acción aplicada. (Mott, 1996, pág. 245)

2.3.7.1 Flujo estacionario/no estacionario.

Un flujo estacionario si la velocidad $\vec{v}(\vec{r})$ y la densidad $\vec{\rho}(\vec{r})$ del flujo no dependen del tiempo y no estacionario en caso contrario (Mott, 1996). Esto no quiere decir que la velocidad y la densidad deban ser las mismas en dos puntos distintos, sino que solo en un mismo punto no deben variar con el tiempo.

2.3.7.2 Flujo irrotacional / rotacional.

Mott (1996) Afirma que el flujo es irrotacional cuando el elemento del fluido en un punto dado no tiene una velocidad angular neta alrededor de dicho punto, y es rotacional en caso contrario. Un fluido que circula a través de una tubería recta de sección uniforme sería un ejemplo simple de flujo irrotacional, mientras que un remolino en un río sería un ejemplo de flujo rotacional (pág. 246).

2.3.7.3 Flujo compresible / incompresible.

Mott (1996) afirma que el flujo es irrotacional cuando el elemento del fluido en un punto dado no tiene una velocidad angular neta alrededor de dicho punto, y es rotacional en caso contrario. Un fluido que circula a través de una tubería recta de sección uniforme sería un ejemplo simple de flujo irrotacional, mientras que un remolino en un río sería un ejemplo de flujo rotacional. (pág. 246)

2.3.7.4 Flujo viscoso / no viscoso.

El flujo es viscoso cuando aparece en él importantes fuerzas de rozamiento que no se pueden despreciar (Mott, 1996). Como consecuencia de estas fuerzas de rozamiento aparecen unas fuerzas tangenciales entre las capas del fluido en movimiento relativo y hay una disipación de energía mecánica. Por el contrario, se dice que el flujo no es viscoso cuando estas fuerzas de rozamiento son muy pequeñas o bien no se tienen en cuenta (Mott, 1996).

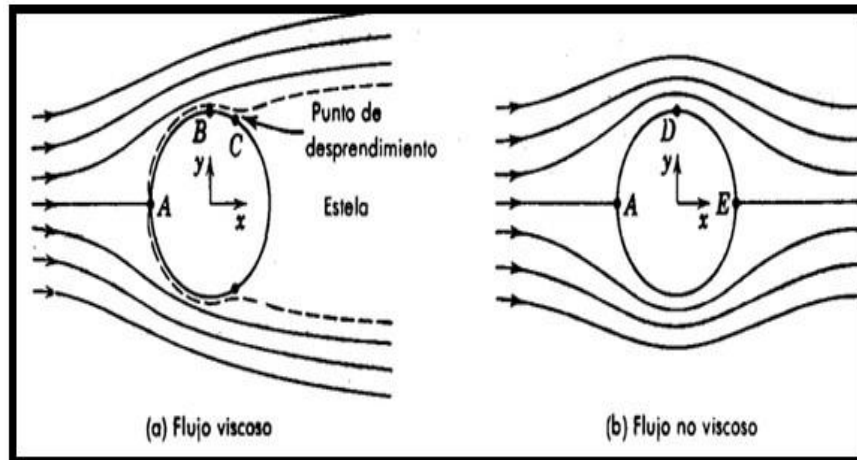
.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Figura 4. Flujo viscoso y no viscoso



Fuente: MOTT. Robert. Mecánica de fluidos aplicada. México: Pearson, 1996. p. 245.

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1. Norma técnica colombiana. NTC 1500. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Las disposiciones de este código deben ser aplicadas al montaje, instalación, modificación, reparaciones, reubicación, remplazo, ampliación, uso o mantenimiento de sistemas hidráulicos y sanitarios dentro de esta jurisdicción (NTC.1500, 2010). Este código también debe regular sistemas de gas medicinal no inflamable, de anestésicos para inhalación de tuberías al vacío, y sistemas de recolección sanitaria y de condensación al vacío.

2.4.1.1 Instalaciones existentes

La NTC.1500 (2010) señala que los sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias legalmente existentes en el momento de la adopción de este código se les debe permitir continuar con su uso y mantenimiento, si su uso, mantenimiento o reparación es conforme al diseño original y no ocasiona ningún peligro para la vida, la salud, o la propiedad.

2.4.1.2 Mantenimiento

Toda instalación hidráulica y sanitaria, materiales y accesorios, tanto existentes como nuevos, y todas las partes de los mismos, deben mantenerse en correcto funcionamiento de acuerdo con el diseño original de manera segura y sanitaria. “Todos los dispositivos o salvaguardas requeridos por este código deben

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

mantenerse conforme a la edición del código bajo la cual fueron instalados” (NTC.1500, 2010, pág. 2).

2.4.1.3 Ampliaciones, modificaciones o reparaciones

Las ampliaciones, modificaciones, renovaciones o reparaciones a cualquier sistema de instalación hidráulica o sanitaria deben ajustarse a lo requerido para un sistema de instalación hidráulica, sin requerir que el sistema de instalación hidráulica o sanitaria existente cumpla con todos los requisitos de este código (NTC.1500, 2010). Las ampliaciones, modificaciones o reparaciones no deben causar que el sistema existente se vuelva inseguro, insalubre o sobrecargado.

2.4.1.4 Solicitudes y permisos

La NTC.1500 (2010) ratifica que la autoridad competente debe recibir solicitudes, revisar documentos de construcción y emitir permisos para la instalación y modificación de sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias, debe inspeccionar los locales para los cuales los permisos han sido emitidos y debe poner en vigor las disposiciones de este código.

2.4.1.5 Inspecciones

La autoridad competente debe llevar a cabo todas las inspecciones requeridas, o aceptar reportes de inspección por agencias o individuos aprobados. “Todos los reportes de dichas inspecciones deben hacerse por escrito y deben estar certificados por un funcionario responsable de dicha agencia aprobada o individuo responsable” (NTC.1500, 2010, pág. 4). La autoridad competente está autorizada para contratar las opiniones expertas que considere necesarias para informar

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

acerca de problemas técnicos poco usuales que sucedan, sujeto a la aprobación de la autoridad designante.

2.4.1.6 Materiales, métodos y equipos alternativos

Las disposiciones de este código no llevan la intención de impedir la instalación de ningún material ni de prohibir ningún método de construcción no específicamente prescrito por este código, siempre que dicha alternativa haya sido aprobada (NTC.1500, 2010). Un material o un método de construcción alternativo deben ser aprobados cuando la autoridad competente determine que el material, método o equipo alternativo propuesto cumple con la intención de las disposiciones de este código, y que es al menos equivalente a aquellos prescritos por este código.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

2.5. MARCO AMBIENTAL

2.5.1. Norma técnica colombiana. NTC 5585. Etiquetas ambientales. Sello ambiental para aceites hidráulicos en equipos industriales.

2.5.1.1 Cumplimiento de la legislación ambiental

La norma 5585 (2008) señala que la organización encargada de la fabricación de los productos hidráulicos y que son objeto de esta norma, debe establecer, implementar y mantener un procedimiento para identificar, tener acceso y evaluar periódicamente el cumplimiento, con la legislación ambiental que le sea aplicable en todas las etapas del producto objeto de esta norma, sobre las cuales tenga control.

Si los productos formulados o terminados son importados, la organización debe: identificar la legislación ambiental del país de origen que es aplicable a su proveedor y, solicitar al proveedor, la documentación expedida por la autoridad ambiental competente del país de origen que demuestre el cumplimiento de dicha reglamentación. Esta documentación debe cubrir las fechas de fabricación de los lotes del producto que se importa.

2.5.1.2 Criterios ambientales

La organización encargada de la fabricación de los aceites y elementos hidráulicos para equipos, deben emplear bases lubricantes que cumplan los siguientes criterios ambientales (NTC.5585, 2008): provenir de zonas que no correspondan a áreas declaradas como de protección ambiental, y provenir de cultivos que apliquen algún programa o principios básicos de buenas prácticas agrícolas como

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

por ejemplo los establecidos en la Guía ambiental vigente, para el subsector de palma de aceite publicada por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

2.5.2. Norma técnica colombiana. NTC.5871. Criterios ambientales para accesorios de suministro de elementos hidráulicos

2.5.2.1 Objeto

La norma NTC 5571 (2011) aclara que la organización encargada de la fabricación de los accesorios de suministro debe establecer, implementar y mantener un procedimiento para identificar, tener acceso, cumplir y evaluar periódicamente el cumplimiento, con la legislación ambiental que le sea aplicable en todas las etapas de fabricación del producto.

Si los productos o partes son suministrados por un proveedor-importador, la organización debe evidenciar el cumplimiento de la legislación ambiental del país de origen, que es aplicable en todas las etapas de producción, para demostrarlo es válido la certificación, de acuerdo con la norma ISO 140011 (tercera parte), en caso contrario es válida una declaración de primera parte evidenciando el cumplimiento de dicha reglamentación.

2.5.2.2 Requisitos generales

La organización encargada de la fabricación de los accesorios de suministro en fontanería debe cumplir con los siguientes requisitos. Se debe definir e implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para todos los equipos empleados en la fabricación o para generar servicios de apoyo, para la

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

fabricación de los accesorios de suministro en fontanería dejando registros de los mantenimientos efectuados (NTC.5871, 2011). Se deben identificar, valorar y priorizar los impactos ambientales de las actividades de mantenimiento, con el fin de establecer e implementar planes de acción para controlar o evitar aquellos de carácter significativo.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. ANALIZAR LA CIFRA AFECTADA POR LA PUDRICIÓN DE COGOLLO EN EL ÁREA PALMERA Y LOS IMPACTOS AMBIENTALES A LOS QUE CONLLEVAN LA PROPAGACIÓN DE ESTA ENFERMEDAD.

Para el desarrollo de este objetivo, se tuvo en cuenta el área de palmeras afectadas en Santander, puesto que esta cuenta con una de las zonas más significativas en palma aceitera del país, en lo concerniente a área y producción. Actualmente, el cultivo de la palma de aceite se encuentra en 124 municipios de 20 departamentos, en el 2015, la producción de aceite de palma crudo alcanzó en el departamento del Meta las 413.300 toneladas, que corresponden al 32 % de la producción nacional (Vanguardia, 2016).

Seguido del departamento del Cesar con 281.000 toneladas (22 % de la producción Nacional), el departamento del Magdalena con 198.000 toneladas (16 % de la producción nacional) y Santander con 173.400 toneladas, que corresponden al 14 % de la producción nacional. Dentro de la zona central, una de las más amplias de Colombia, el departamento es dueño de la parte más grande, con sus plantaciones en Puerto Wilches y Sabana de Torres.

Tabla 1. Cultivos y plantas de beneficio de palma de aceite.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO CON CULTIVO DE PALMA	PLANTA DE BENEFICIO O EMPRESA
SANTANDER	Barrancabermeja, Bucaramanga, Rio negro, San Vicente De Chucuri, Simacota, Villanueva	Inal, Aceites S.A, Unipalma, Portaolivícola
	Puerto Wilches	Extractora Central, Extractora Monterrey S.A, Oleginosas Las Brisas S.A, Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A, Llamera De Puerto Wilches S.A
	Sabana De Torres	Extractora San Fernando S.A

Fuente: Tabla realizada por los autores. Información tomada de FEDEPALMA, Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Disponible en: www.fedepalma.org.

La mayor cantidad de unidades productivas está en manos de pequeños productores; es decir, plantaciones menores de 50 hectáreas, Tabla 1. De acuerdo con los datos suministrados por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma, Fedepalma (Vanguardia, 2016). la palmicultura santandereana está soportada en 434 unidades productivas que tienen menos de 50 hectáreas y que son estimadas como pequeños productores; 167 unidades estimadas como medianas, con extensiones que van desde las 50 hectáreas a las 500 hectáreas, y finalmente, los grandes cultivadores, con más de 500 hectáreas, que agrupan 17 unidades.

En total, en Santander se cuenta con 618 unidades productivas, las cuales abarcan 83.554 hectáreas, de las cuales 17.886 están en desarrollo y 65.468 están en producción. La producción de palma en esta región del país es de alta

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

significancia. Muestra de lo anterior es que, en el 2014, por ejemplo, representó el 18% del área sembrada y el 14% de la producción nacional de fruto y aceite crudo (Vanguardia, 2016, pág. 13).

3.1.1. Descripción de zona cultivador palma de aceite en Puerto Wilches

Figura 5. Plantación de palma de aceite en Puerto Wilches



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

El municipio de Puerto Wilches limita: Por el Oriente con los Municipios de Río Negro y Sabana de Torres (Santander). Al Occidente limita con los Municipios de Canta gallo, Simití y San Pablo (Bolívar) y Yondó (Antioquia), separado de estos 4 municipios por el Río Magdalena, Figura 5. Al Norte con los Municipios de Gamarra, San Alberto, Aguachica y San Martín (Cesar) (Matiz, 2015). Por el Sur

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

con el municipio de Barrancabermeja, la actividad económica es fundamentalmente agrícola y gira alrededor del cultivo de la palma de aceite, que es la respuesta a un ejercicio de planificación agroecológico efectuado hace más de cuarenta años y se ubica en la zona sur.

3.1.2. Descripción de zona cultivador palma de aceite en Sabana de Torres

Figura 6. Plantación de palma de aceite en Sabana de Torres



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Este Municipio se encuentra ubicado en la región del Magdalena Medio e históricamente ha sido un fuerte productor agropecuario de la zona. En la década de los ochenta fue un importante productor de ganado bovino y de cultivos como el arroz, el maíz y el sorgo, Figura 6.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

La actividad palmera en el Municipio, ha sido desarrollada, teniendo en cuenta que el incremento en el área de siembra ha sido producto, en gran parte, de la ejecución de proyectos para el establecimiento y mantenimiento de palma de aceite, a través de modelos asociativos de pequeños productores, donde participan la empresa privada, organizaciones no gubernamentales y entidades públicas (Matiz, 2015).

3.1.3. La producción

En el 2014, se recolectaron 741.438 toneladas de fruto, las cuales aportaron 154.057 toneladas de aceite crudo. También se obtuvieron 40.165 toneladas de almendra. Según los datos de Fedepalma, en el primer semestre de 2015, la producción de fruta llegó a 386.321 toneladas, que proporcionaron 84.133 toneladas de aceite crudo. En almendra, se llegó a 22.275 toneladas (Vanguardia, 2016). En lo concerniente al empleo, según las cifras del gremio, se generan 10.419 empleos directos y 15.629 indirectos.

3.1.4. La gran amenaza

Cuando se observan las cifras de la palma en Santander, se ve una agroindustria fuerte, sólida y creciente; pero desafortunadamente, no todo es color de rosa en ese sector agrícola santandereano (Vanguardia, 2016). La pudrición del cogollo, una enfermedad letal e incontrolable, no detiene su marcha. Figura 7.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Figura 7. Hojas y folios cortos por pudrición de cogollo



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

En su última declaración sobre ese grave problema fitosanitario, Jens Mesa Dishington, director ejecutivo de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma, Fedepalma, dijo que el gremio palmero se sentía solo para enfrentar ese problema, que ya devastó 30 mil hectáreas en Santander y el sur de Bolívar (Vanguardia, 2016).

El directivo mencionó que Fedepalma le propuso al Gobierno un plan de emergencia integral que requiere una inversión de \$600 mil millones. Las dos terceras partes serían aportadas por la inversión privada; sin embargo, ese plan no caló, y a juicio de los palmeros, los recursos para erradicación han sido muy inferiores frente al galopante avance de la enfermedad, que ya amenaza a otras zonas de Santander y el sur del Cesar.

3.1.5. La palma de aceite como ente vegetal

Botánicamente la palma de aceite se conoce con el nombre de *Elaeis guineensis*. Nombre dado por Jacquin en 1763, con base en la palabra griega elaoín, que significa aceite y *guineensis*, hace honor a la región de Guinea de donde se considera originaria.

Figura 8. Palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.)



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

3.1.6. Características de la especie

- Tiene 16 pares de cromosomas.
- Es una planta monocotiledónea (Su semilla tiene un solo Cotiledón o almendra).

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

- Pertenece al orden de las Palmales.
- Pertenece a la familia Palmaceae.
- Es una planta Monoica (las flores femeninas y masculinas, se producen independientes, en una misma planta).
- Es Alógama, pues su polinización es cruzada.
- Es una planta perenne.

Figura 9. Palma de aceite (*Elaeis oleífera* H.B.K)



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Se establece uno de los tipos de palmas de aceite. Figura 9, refleja el grosor del cuesco o endocarpio del fruto, que es la característica relacionada con la producción de aceite. También existe una clasificación de esta palma con el color de los frutos.

Figura 10. Palma de aceite (híbrido OxG)



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Palma con color diferente de sus frutos y otro de los tipos de palmas que son sembrados. En la Figura 10, refleja las características en que se encuentra la palma y la excelente condición que esta debe presentar para que sean procesados.

3.1.7. Anatomía y fisiología de la palma

3.1.7.1 Raíces

Es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde

1 m hasta más de 15 m. Por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción.

Figura 11. Sistema radicular de la palma



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias, Figura 11. Estos dos últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta. Las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes.

3.1.7.2 Tallo de la palma

Figura 12. El tallo de la palma



Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 17 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

También llamado estípite, es la estructura que comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Contiene en su interior los haces vasculares (Floema y Xilema), por donde circula el agua y los nutrientes, Figura 12.

3.1.8. Principales plagas en las zonas de cultivo de Palma de Aceite

Tabla 2. Principales plagas de la palma de aceite.

PLAGAS	Ácaros	Se localizan en la cara inferior de las hojas, principalmente en palmas de viveros. Los daños se identifican por la decoloración de las hojas, que reducen la superficie fotosintética. Se combate con Tedión.
	Hormiga arriera	Es común en las zonas tropicales. Pueden causar serias defoliaciones en palmas de todas las edades. Se combaten con cebos envenenados, como Mirex, aplicados a las bocas de los hormigueros.
	Estrategus	Es un escarabajo de 50 a 60 mm de largo, de color negro, con dos cuernos. Perfora en el suelo, al pie de la palma, una galería de hasta 80cm. Penetra a los tejidos de la base del tronco y lo destruye. Se controla con 200 g de Heptacloro en polvo al 5%, enterrado ligeramente alrededor de la palma.
	Ratas	Pueden causar daños en la base del tronco de palmas jóvenes. Se controlan con cebos de Cumarina, que deben cambiarse regularmente. También con productos señalados en el coco, para el control de ratas.

Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Tabla 3. Continuación de Principales plagas de la palma de aceite.

PLAGAS	Escarabajo amarillo o alurnus	Ataca las hojas jóvenes del cogollo, al igual que en el cocotero. Se controla con aspersiones de Thiodan 35 CE, solución de 800 cc en 200 litros de agua. Aplicar de 2 a 4 litros por palma.
	Minadores de las hojas	En condiciones naturales, estos insectos se controlan biológicamente.
	Cucarrón o picudo negro	Ocasiona en la palma de aceite el mismo daño que en el cocotero.
	Chinche de encaje	Mide 2,5 mm de largo. Es un insecto de color gris transparente. Se localiza en el envés de las hojas. Sus picaduras favorecen infecciones por varios hongos, que pueden causar secamiento de las hojas
	Las plagas que afectan el follaje corresponden a mariposas, entre las cuales puede mencionarse Sibine. Hay varias especies de estas mariposas de tamaño mediano. Son de color marrón rojizo. Las larvas están cubiertas de pelos urticantes. Las ninfas se transforman en pupas. Estas se localizan sobre las hojas y las bases de los pecíolos. Este insecto tiene parásitos y predadores que ofrecen un buen control biológico. Por lo tanto, debe tenerse precaución con el uso de insecticidas. En caso de control químico, puede usarse Sevín, a razón de 1.5 kg/ha. Las larvas de varias especies de mariposas pueden atacar las raíces, ocasionando en muchos casos la muerte de las palmas.	

Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

3.1.9. Principales enfermedades en las zonas de cultivo de Palma de Aceite

Tabla 4. Principales enfermedades de las palmas de aceite.

ENFERMEDADES	El anillo rojo	Es una enfermedad causada por un nematodo, cuyo agente vector es el picudo negro. Esta enfermedad ataca igualmente al cocotero.
	La pudrición seca de la base del tronco y la marchitez vascular	Son dos enfermedades causadas por hongos que afectan las raíces y los bulbos de la palma, y ocasionan su muerte. Como medida preventiva, debe mantenerse la plantación libre de desechos vegetales que puedan albergar estos agentes patógenos.
	La pudrición de la flecha	Es común en palmas de dos a tres años. La enfermedad se asocia en el ataque de un hongo, así como con factores genéticos y con deficiencias en fertilización. Se identifica la enfermedad con la aparición de una mancha de color marrón que abarca la mitad de las hojas tiernas. Generalmente, las palmas se recuperan con la edad.
	La pudrición del cogollo en palmas jóvenes y adultas	La causa un hongo favorecido por alta temperatura y excesiva humedad. Afecta las hojas tiernas. La afección es letal si llega a los tejidos de la yema. Los híbridos del cruzamiento de la palma de aceite con noli son resistentes. Los tratamientos curativos incluyen la eliminación de los tejidos afectados y la aplicación de Thirám y Agrimicín.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Tabla 5. Continuación de las Principales enfermedades de las palmas de aceite.

ENFERMEDADES	Marchitez o muerte sorpresiva	Es causada por un micoplasma transmitido por un insecto chupador, que cumple su ciclo de vida en pasto guinea. Los síntomas comprenden el secamiento sorpresivo y progresivo de las hojas bajas hacia las superiores, aborto de la inflorescencia y racimos y degeneración y muerte de las raíces. Se aplica Malathión 57% al 0,5% al suelo de la plantación para controlar la enfermedad. Se debe también eliminar las gramíneas que albergan el patógeno.
	Añublo o secamiento de las hojas	Es ocasionada por varias especies de hongos cuyo ataque es favorecido por las picaduras de insectos como la chinche de encaje. Gran parte de la superficie clorofiliana puede secarse. Se reduce grandemente la producción. El control de los agentes vectores y una adecuada fertilización ayudan a prevenir la enfermedad.
	La pudrición basal del tronco	Es causada por un hongo que ataca también árboles frutales y forestales. La enfermedad se presenta en palmas adultas. Los tejidos internos son destruidos a nivel del suelo, las hojas se tornan amarillentas, se secan y quedan suspendidas alrededor del tronco. En las primeras etapas de la enfermedad, pueden eliminarse los tejidos

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

	enfermos y cubrir los sanos con un fungicida protector y pasta cicatrizante.
--	--

Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

Tabla 6. Continuación de las Principales enfermedades de las palmas de aceite.

ENFERMEDADES	La pudrición de los racimos	Es causada por un hongo favorecido por un exceso de humedad, por la presencia de inflorescencias y por racimos secos en la corona de las palmas, y fallas en la fertilización.
---------------------	------------------------------------	--

Fuente: PALMICULTURA ORGANIZA. Agricultura orgánica. [sitio web]. Colombia: CDPD. [consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://palmiculturaorganica.blogspot.com.co>.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

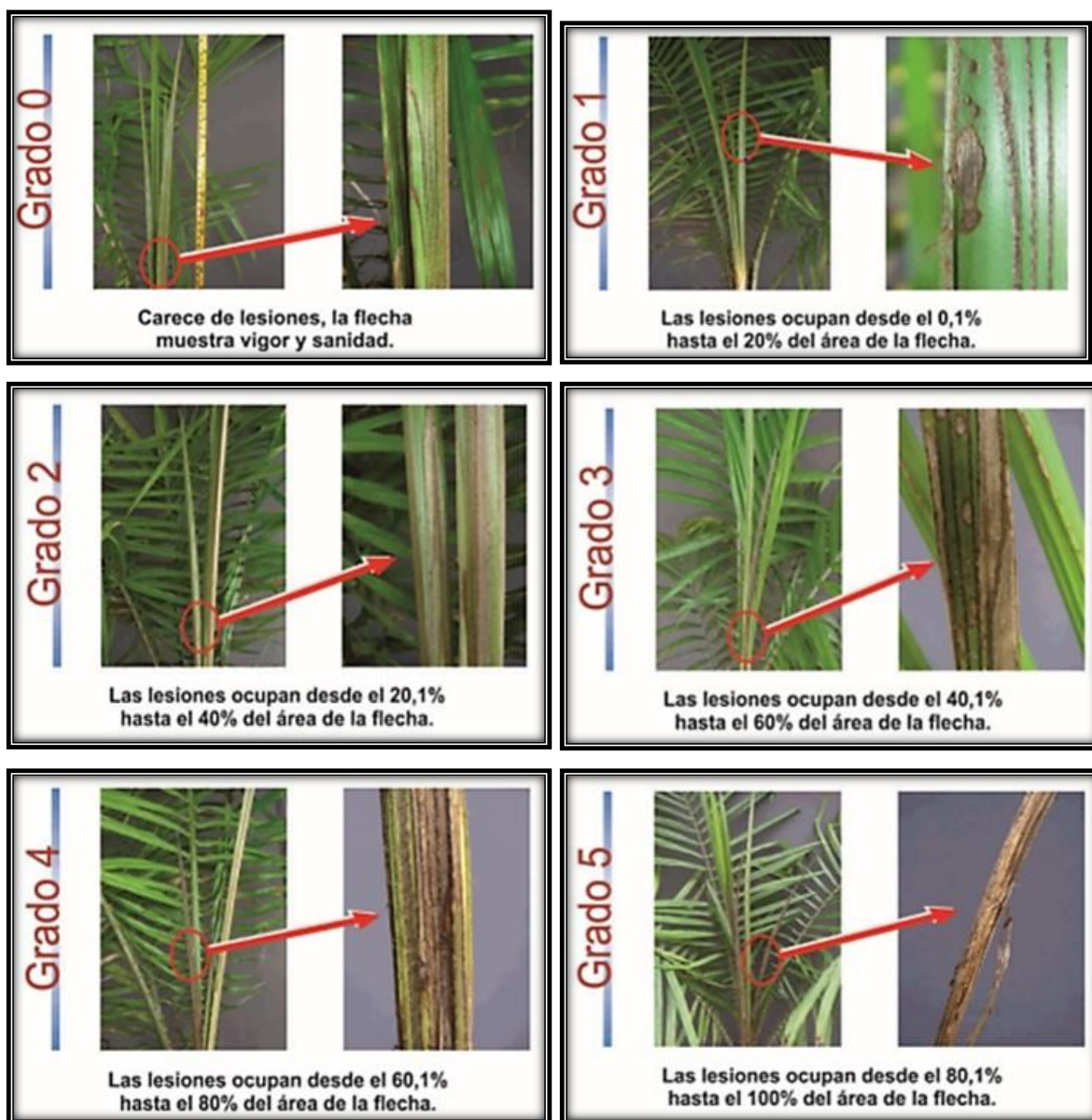
R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

3.1.10. Escala de severidad de la pudrición del cogollo P.C.

Figura 13. Pudrición de cogollo, según área afectada.



Fuente: Información tomada de FEDEPALMA, Federación Nacional de Cultivadores de Palma.
Disponible en: www.fedepalma.org.

Figura 14. Continuación Figura 13.



Fuente: Información tomada de FEDEPALMA, Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Disponible en: www.fedepalma.org.

El grado de severidad de la PC, en una palma se debe evaluar en la flecha más joven con más de 30 cm de largo, considerando el costado de la flecha que presenta la mayor afección. Figura 13 y Figura 14, detallan desde la muestra de vigor y sanidad de la palma, hasta la lesión de la PC a un 100 % del área de la flecha. El cual determina las medidas de control que se deben iniciar en el tiempo antes posible, y no permitir que llegue al grado 3 de severidad, para mejorar las posibilidades de una recuperación satisfactoria de la palma enferma.

3.1.11. Descripción de la técnica de absorción radicular

Se entiende por absorción radicular el proceso fisiológico mediante el cual ingresan sustancias a través de las raíces. Este proceso ha sido utilizado en el manejo de plagas mediante la aplicación al suelo de insecticidas sistémicos, en donde los pelos absorbentes cumplen la principal función. Técnica que en palma

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

africana no ha dado los mejores resultados. Una modificación en el método consiste en no aplicar el insecticida al suelo, sino colocarlo en pequeñas bolsas de polietileno, donde se introduce el corte de una o varias raíces principales seleccionadas (Unipalma, 2016). Esto ha permitido en palma africana obtener resultados excelentes de control de varias especies de plaga en miles de hectáreas aplicadas. Los productos colocados de esta manera son aprovechados sin desperdicio, además de presentar una buena distribución en el follaje de las palmas tratadas, comparado con otros sistemas de control.

3.1.12. Personal y Equipos

La organización de personal para una práctica de absorción radicular comprende dos etapas: ejecución del tratamiento y verificación de la absorción. La primera normalmente se realiza por parejas, de las cuales uno es el buscador de raíces y el otro es quien realiza el tratamiento (Unipalma, 2016). En ciertos casos, por condiciones de suelo o baja proliferación de raíces esta relación de personal puede variar. Para tratamientos industriales se organizan cuadrillas de 16-20 trabajadores, dirigidos por dos supervisores que garantizan la correcta ejecución de la operación.

La verificación del tratamiento se realiza entre 24-48 horas después de controlar la buena absorción del producto. El conteo de plagas después del quinto día es la confirmación final de este trabajo (Unipalma, 2016). El equipo requerido en la absorción radicular consta de: azuela o pala cortante, cuchillo o tijeras de jardín, bolsas plásticas, dosificador, balde, recipiente de boca ancha, cordeles, insecticida y elementos de seguridad.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Tabla 7. Personal y equipos

EQUIPO	ACTIVIDAD
AZUELA O PALA CORTANTE:	La azuela es un azadón recto y angosto con cabo corto de madera y si el suelo lo permite puede ser reemplazado por una pala rectangular bien afilada. Estas herramientas sirven para buscar las raíces de manera limpia.
CUCHILLO O TIJERAS:	Sirve para refrescar el corte de las raíces. ⁹
BOLSAS PLÁSTICAS	Sirven para contener las raíces y los insecticidas en dosis de 10 a 18 CC. de p.c./ palma. El calibre del polietileno recomendable debe ser de 0.004 mm. Con un ancho de 5 a 6 centímetros y largo de 12 centímetros.
DOSIFICADOR:	Recipiente graduado utilizado para medir las dosis de productos. Es preferible usar unos dosificadores automáticos o inyectoros.
BALDE:	Recipiente plástico fácilmente cargable para llevar los diferentes elementos y el insecticida.
RECIPIENTE DE BOCA ANCHA:	En éste se lleva el insecticida. Se usa cuando no se dispone de un dosificador automático.
CORDELES	De 8 a 10 centímetros. de largo, permite el amarre de la boca de la bolsa a la raíz. Pueden ser de cabuya o de metal dulce.
ELEMENTOS DE SEGURIDAD:	Agua, jabón, guantes de caucho, caretas y botas.

Fuente: Información tomada de UNIPALMA, Procedimiento del sistema de administración de riegos operacionales. Disponible en: www.unipalma.com/

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

3.1.13. Selección de raíces

Gran parte del éxito de los programas de absorción radicular dependen de la buena selección de raíces. En palma africana una buena cantidad de raíces primarias lignificadas y gruesas caracterizadas por ser de color negro y duras, se encuentran fácilmente en los primeros 30 cms. de profundidad y en un radio de uno a dos metros de la base del estipe (según edad de la palma) (Unipalma, 2016).

Con la pala se realiza un corte de 20-25 cms, transversalmente en relación con el sentido de las raíces y se levanta una capa de suelo de 10-15 cms. de profundidad con dos cortes paralelos para levantar gentilmente las raíces, sin romperlas.

La tierra se separa de las raíces manualmente dejando una mayor profundidad a nivel de las puntas de las raíces cortadas (Unipalma, 2016). Las raíces de menos de 4 mm. De diámetro o demasiado jóvenes y blandas deben ser descartadas, así como toda raíz que presente daños de cualquier naturaleza. En árboles adultos se debe tener cuidado de verificar que la raíz a utilizar tenga orientación perpendicular hacia la base del tronco.

La mejor raíz es aquella en la cual pueden observarse con facilidad los vasos conductores en un corte transversal. En la bolsa se pueden introducir dos raíces, si éstas se encuentran juntas, si no es el caso, se introduce una sola raíz hasta el fondo de la bolsa, después de previo corte perpendicular de la zona apical de la raíz para evitar todo riesgo de perforación de la bolsa (Unipalma, 2016). La remoción del suelo, especialmente hacia el sitio próximo al corte, facilitará la instalación adecuada de la bolsa que debe estar dispuesta en un ángulo de 30-

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

40°. No se debe tapar el hueco sino simplemente colocar un terrón para mantener la bolsa en posición adecuada.

3.1.14. Realización del trabajo

El orden de las operaciones es el siguiente:

- a. Hechura del hueco y corte de la raíz.
- b. Recorte de la punta apical de raíz con tijeras.
- c. Introducción de la raíz en la bolsa plástica.
- d. Inyección del insecticida a la bolsa.
- e. Amarre de la bolsa contra la raíz.

3.1.15. Efectividad del sistema de absorción radicular

Evaluación de productos La eficiencia del sistema de absorción no sólo depende de la buena ejecución del tratamiento, sino del tipo de insecticida a utilizar. Entre los diversos insecticidas líquidos y polvos solubles evaluados hasta ahora, básicamente los de características sistémicas han sido absorbidos, pero a su vez su comportamiento en el control de plagas en palma africana ha sido muy variable (Unipalma, 2016).

3.1.16. Velocidad de Absorción El proceso

La velocidad de absorción de insecticidas por palma depende de varios factores tales como el grosor de la raíz, el grado de diferenciación de los vasos conductores en la sección imersa, el número de raíces utilizados, el tipo de insecticida y las condiciones ambientales (temperatura, humedad atmosférica y del

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

suelo y radiación solar); éstas últimas correlacionadas con la hora del día (Unipalma, 2016).

La mayor velocidad de absorción ocurre entre las 8 a.m. y las 12 m. período en el cual se presenta la mayor transpiración (Unipalma, 2016). Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, palmas tratadas en la mañana con dosis de 14 a 16 cc. de insecticida sistémico lo han absorbido después de las 0.5 a 4 horas, en tanto que palmas tratadas en las horas de la tarde pueden durar 24 horas. La distribución de insecticida en los tejidos de la palma está correlacionada con la velocidad de absorción; se ha podido observar inicio de control de los insectos plagas a las 3 horas de realizado el tratamiento. Las experiencias obtenidas en tratamientos industriales indican que la mayor absorción sucede cuando no hay sobresaturación de agua en el suelo.

3.1.17. Efectividad de los tratamientos en el control de Plagas

En los tratamientos por inyección, la distribución y efectividad en el control de plagas están en relación directa con la edad de las palmas (Unipalma, 2016). A mayor edad mejor distribución y control; en cambio en los tratamientos por absorción estos aspectos son más independientes de la edad.

3.1.18. Remanencia

Para medir el efecto residual de Monocrotofos en la palma con respecto al control de *Leptopharsa gibbicularina*, se determinó el tiempo en que después del tratamiento hubo control del insecto. Para tal fin, en 7 palmas tratadas de 6 años de edad y sobre las hojas de rango 25 protegidas con mangas de tela, se

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

colocaron 100 adultos de *Leptopharsa gibbicarina* con reposición de población tan pronto el control era del 100%. Las observaciones permitieron determinar ausencia de control de las palmas en estudio entre los 62 y 75 días después de tratamiento (Unipalma, 2016).

Figura 15. Incidencia del PC en las plantaciones de Puerto Wilches



Fuente: Información tomada de FEDEPALMA, Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Disponible en: www.fedepalma.org.

La PC, es el problema fitosanitario que más afecta la producción de palma de aceite en Colombia. Como se refleja en la Figura 15, la situación que ha arrastrado la PC (pudrición del cogollo) es notorio en su impacto y los perjuicios que el sector palmero vienen sufriendo a causa de esta. Ello ha conducido a que varias empresas de la región se hallan visto abocadas a la liquidación judicial y a la consabida terminación de todos los contratos de trabajo (Fedepalma, 2016). Para el año del 2014, el estado de los cultivos generaba un alto índice por este mal, con

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

una cifra de 15.000 hectáreas afectadas por la PC, dejando en deterioro las palmas contaminadas y a pérdidas en la producción de los agricultores.

Al no contemplar los cultivadores, que un mal manejo agronómico en sus tierras, les llevaría a afectar en el siguiente año. Para el 2015, 10.000 hectáreas más fueron afectadas por la PC, dejando claro que no tomaron medidas las medidas necesarias, o no fueron las suficientes para minimizar y/o reducir los daños causados por este mal. Fedepalma, estimaron que para los años del 2016 y 2017, la cifra podría llevar en aumento a 68.000 hectáreas cuadas de palmas afectadas por la PC si no se buscan alternativas para el manejo de esta enfermedad.

Figura 16. Incidencia del PC en las plantaciones de Sabana de Torres



Fuente: Información tomada de FEDEPALMA, Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Disponible en: www.fedepalma.org.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Fedepalma (2016) manifiesta que, para el año del 2014, en sabana de torres se presentó el mayor caso de proliferación del mal de PC con 25.000 hectáreas cuadradas con Pudrición de Cogollo en los cultivos de palma. Esto llevo a los productores, tomar medidas drásticas para la erradicación de estos focos de enfermedades en sus tierras.

Utilizando técnicas ya empleadas en los cultivos, para la eliminación del PC concentraron los esfuerzos para acabar la naturaleza biótica de la enfermedad y de manera paralela a entender el comportamiento epidemiológico que permitió reducir las tasas de avance de la enfermedad. En la Figura 16, demuestra que esta respuesta a tal incremento de focos de PC en las palmas, para el año del 2015, registraba la reducción de la proliferación de esta enfermedad y dio soporte que trabajado con gran esfuerzo en la prevención y en la reducción de la cantidad de patógeno inicial, se logró obtener beneficios para la continua producción de la palma. Fedepalma (2016) menciona que, para el año del 2016, logró registras la reducción de estos focos de enfermedades y registro tan solo 2.000 hectáreas cuadradas contaminadas con PC, indicando que para futuros este mal no tendrá fuerza en este sector de Santander.

3.2. DISEÑAR UN SISTEMA HIDRÁULICO BASADO EN EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS INVOLUCRADOS EN LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA.

En el diseño se tiene claro los conceptos que sirven de fundamento para el cumplimiento del objetivo, como lo es el análisis de esfuerzos que ayudan a determinar la capacidad de fuerza de empuje que tiene el embolo para perforar el terreno.

Figura 17. Resistencia del suelo

Tipo Suelo	RAS	PSI	CE (ds/m)	pH	Sulfato de Ca (kg/ha)
Arcilloso muy salino sódico	> 15	> 18	> 12	> 8,2	3.000
Arcilloso salino sódico	5-15	7-18	> 4	<= 8,2	2.000
Arcilloso salino no sódico	< 5	28,44	> 4	<= 8,2	1.200
Franco muy salino sódico	> 15	> 18	> 12	> 8,2	2.500
Franco salino sódico	5-15	7-18	> 4	<= 8,2	1.500
Franco salino no sódico	< 5	< 7	> 4	<= 8,2	1.000
Arenoso muy salino sódico	> 15	> 18	> 18	> 8,2	2.000
Arenoso salino sódico	5-15	7-18	> 4	<= 8,2	1.000
Arenoso salino no sódico	< 5	< 7	> 4	<= 8,2	500

Fuente: PALANCAR, Carlos. Compresibilidad y resistencia al corte de suelos salinizados y sodificados por irrigación. Argentina: UNDP. p. 63.

Resistencia del terreno (Arcilloso salino no sódico) evidenciado en la Figura 17=
28,44 lb/in²

Valor de esfuerzo = 35%

$$Esfuerzo\ maximo = Resistencia \times Valor\ de\ esfuerzo = \frac{lb}{in^2}$$

$$Esfuerzo\ maximo = 28.44 \frac{lb}{in^2} \times 0.35 = 9.95 \frac{lb}{in^2}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$Esfuerzo\ total = 28.44 \frac{lb}{in^2} + 9.95 \frac{lb}{in^2}$$

$$Esfuerzo\ total = 38.39\ lb/pulg^2 = 264.68\ Kpa$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{6,45 \times 10^{-4}\ m^2 \times 4}{\pi}}$$

$$d = 0,002865\ m = 2,86\ cm = 1,125\ in$$

$$A = 1\ in^2$$

$$1\ in^2 = 6,45 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$\text{Diámetro del embolo} = 0,0286\ m$$

$$\text{Longitud del cilindro} = 70\ cm$$

$$V = 2,86\ cm \times 70\ cm = 200,2\ cm^3$$

$$V = 0,2002\ Lit$$

$$Caudal = \frac{0,2002\ Li \times 60}{2.5}$$

$$Caudal = 4,8 \frac{Lit}{min}$$

$$5 \frac{Lit}{min} = 3.44 \frac{cm^3}{rev}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$\frac{200 \text{ cm}^3}{60 \text{ seg}} = 3,33 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}}$$

$$\frac{\text{cm}^3}{\text{Rev}} = 3,44 \frac{\text{cm}^3}{\text{Rev}}$$

$$\frac{5}{60 \text{ Seg}} = 0,083 \frac{\text{Lit}}{\text{seg}}$$

$$\emptyset = \frac{F}{A}$$

$$A1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A1 = \frac{\pi (0.0286)^2}{4}$$

$$A1 = 6,45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F1 = \emptyset \times A$$

$$F = 264 \text{ Kpa} \times 6,45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = 170,28 \text{ N}$$

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

$$A2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A2 = \frac{\pi (0.0381)^2}{4}$$

$$A2 = 1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$F2 = \frac{74.90 \text{ N}}{2.83 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \times 1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F2 = 301.71 \text{ N}$$

Cálculo de pérdida. Para realizar el cálculo de pérdidas debemos conocer la cantidad de accesorios, las medidas de cada sistema, la altura desde el ojo del impulsor hasta el punto más alto, se establece el caudal y los diámetros de succión y descarga.

$$Q = \text{Caudal}$$

$$Q = 5 \text{ Lt/Min}$$

$$Q = 8.33 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

► Diámetro de succión

$$D_{\text{Succión}} = 0.023 \text{ m}$$

Se determina el área de sección transversal,

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_{\text{Succión}} = \frac{\pi(0.023)^2}{4} = 4.1547 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_{Succión} = \frac{8.33 \times 10^{-5} m^3/s}{4.1547 \times 10^{-4} m^2} = 0.200 \frac{m}{s}$$

$$V_{Descarga} = \frac{8.33 \times 10^{-5} m^3/s}{1.7671 \times 10^{-4} m^2} = 0.471 \frac{m}{s}$$

Se halla el número de Reynolds,

$$\rho = \text{densidad del fluido} \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu = \text{viscosidad absoluta} \frac{kg}{m * s}$$

$$V = \text{velocidad del fluido} \frac{m}{s}$$

$D = \text{diametro de la tubería } m.$

$$Re = \frac{\rho D V}{\mu}$$

$$Re_{succion} = \frac{890 \frac{kg}{m^3} * 0.0235 m * 0.200 m/s}{12.49 \times 10^{-6} \frac{kg}{m * s}}$$

$Re = 334907.92$ Es un número adimensional

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

La rugosidad del material caucho sintético Expresado en la Figura 18.

$$R_{Material} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

La rugosidad del material es igual a la rugosidad del material dividido por el diámetro de la tubería.

$$R_{relativa} = \frac{R_{Material}}{D}$$

$$R_{relativa} = \frac{1,5 \times 10^{-6}}{0.0235} = 0.0000638$$

Figura 19. Valores de diseño de la rugosidad de tubos

MATERIAL	RUGOSIDAD (m)	RUGOSIDAD (Ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	9.8×10^{-7}
Manguera caucho	1.5×10^{-6}	4.9×10^{-6}
Acero comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	4.9×10^{-4}
Hierro dúctil recubierto	1.2×10^{-4}	3.9×10^{-4}
Hierro dúctil no recubierto	2.4×10^{-4}	7.9×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	3.9×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-4}	5.9×10^{-4}

Fuente: GROMER A. Física en la ciencia y en la industria. Barcelona: Mc Graw Hill, 2006, p. 235.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

f = Factor de fricción de la fórmula de Darcy, y se obtiene en el diagrama de Moody ilustrado en el anexo 30.

$$f = 0.012$$

La pérdida de la succión:

$$hs = (P_1 + P_{Atm}) \frac{2.31}{Ge} + h_{estática} - h_{fls}$$

hs = pérdidas en la succión

P_1 = presión del sistema

P_{Atm} = Presión atmosférica

Ge = Gravedad específica

$h_{estática}$ = altura estática

h_{fls} = h_{fls} succión

$h_{fls} = h_{flstuberia} + h_{flsaccesarios}$

$l_{tuberia}$ = longitud de la tubería

$$l_{tuberia} = 0.416 \text{ m}$$

$$h_{fls} = \frac{f * l * v^2}{2Dg}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Donde,

f = Factor de fricción del material de la tubería

$l_{tuberia}$ = longitud de la tubería m

V = velocidad del fluido $\frac{m}{s}$

D = diametro de la tubería m.

$$h_{fls} = \frac{(0.012)(0.40m)(0.200m/s)^2}{2(0.0235)(9.8m/s^2)} = 0.000416 m$$

$$h_{flsaccesarios} = \frac{k * v^2}{2 g}$$

$$K = numero * f$$

Tabla 8. Constante de accesorios en la succión

ACCESORIOS	CANTIDAD	K
Codo de 90°	1	30
Niples	1	1

Fuente: CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México: CUCEI, sd. p. 49.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

En la Tabla 8, se puede observar los accesorios que comprende la línea de succión los cuales son considerados para la realización de los cálculos.

$$h_{flsaccesarios} = \frac{(31 + 1)(0.012)(0.200m)^2}{2 (9.8 \text{ m/s}^2)} = 0.000783 \text{ m}$$

$$h_{flsucción} = h_{flstuberia} + h_{flsaccesarios}$$

$$h_{flsucción} = 0.000416 \text{ m} + 0.000783 \text{ m} = 0.00119 \text{ m} = 0.00390 \text{ pies}$$

$$h_s = (P_1 + P_{Atm}) \frac{2.31}{G_e} + h_{estática} - h_{flsucción}$$

$$h_{estática} = 15.74 \text{ Pulg}$$

$$p_1 = (\rho \times g \times h)$$

$$p_1 = \left(890 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.30 \text{ m} \right)$$

$$p_1 = 2619.2 = 0.37 \text{ Psi}$$

$$h_s = (0.37 \text{ Psi} + 14.7 \text{ Psi}) \frac{2.31}{0.89} - 15.74 \text{ in} - 0.00119 \text{ m}$$

$$h_s = 23.373 \text{ in}$$

Velocidad de descarga

$$Q = V \times A$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_{Descarga} = \frac{8.33 \times 10^{-5} m^3/s}{1.7671 \times 10^{-4} m^2} = 0.47 \frac{m}{s}$$

Se halla el número de Reynolds,

$$\rho = \text{densidad del fluido} \quad \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu = \text{viscosidad absoluta} \quad \frac{kg}{m * s}$$

$$V = \text{velocidad del fluido} \quad \frac{m}{s}$$

D = diametro de la tubería m .

$$Re = \frac{\rho D V}{\mu}$$

$$Re_{descarga} = \frac{890 \frac{kg}{m^3} * 0.015 m/s * 0.471}{12.49 \times 10^{-6} \frac{kg}{m * s}}$$

$Re = 503430.74$ Es un número adimensional

La rugosidad del material caucho sintético. Expresado en la Figura 18

$$R_{Material} = 1,5 \times 10^{-6} m$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

La rugosidad del material es igual a la rugosidad del material dividido por el diámetro de la tubería.

$$R_{relativa} = \frac{R_{Material}}{D}$$

$$R_{relativa} = \frac{1,5 \times 10^{-6} m}{0.015} = 0,0001 m$$

f = Factor de fricción de la fórmula de Darcy, y se obtiene en el diagrama de Moody

$$f = 0.012$$

La pérdida de la descarga

$$hd = (P_1 + P_{Atm}) \frac{2.31}{Ge} + h_{estatica} - h_{fld}$$

hd = perdidas en la descarga

P_1 = presión del sistema

P_{Atm} = Presión atmosférica

Ge = Gravedad específica

$h_{estatica}$ = altura estatica

h_{fld} = h_{fld} descarga

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

$$h_{fld} = h_{fld\text{tuberia}} + h_{fld\text{accesarios}}$$

$$l_{\text{tuberia}} = \text{longitud de la tuberia}$$

$$l_{\text{tuberia}} = 0.416 \text{ m}$$

$$h_{fld} = \frac{f * l * v^2}{2Dg}$$

Donde,

f = Factor de fricción del material de la tubería

$$l_{\text{tuberia}} = \text{longitud de la tuberia m}$$

$$V = \text{velocidad del fluido } \frac{m}{s}$$

$$D = \text{diametro de la tuberia m.}$$

$$h_{fld} = \frac{(0.012)(3 \text{ m})(0.47 \text{ m/s})^2}{2 (0.015)(9.8 \text{ m/s}^2)} = 0.02704 \text{ m}$$

$$h_{fld\text{accesarios}} = \frac{k * v^2}{2 g}$$

$$K = \text{numero} * f$$

$$f = 0.012$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Tabla 9. Constante de accesorios en la descarga

ACCESORIOS	CANTIDAD	K
Válvula de restricción	1	8
Niples	4	120
Codos	4	4

Fuente: CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México: CUCEI, sd. p. 49.

$$h_{fldaccesorios} = \frac{(8 + 120 + 4)(0.012)(0.47m)^2}{2 (9.8 \text{ m/s}^2)} = 0.0178 \text{ m}$$

$$h_{fldescarga} = h_{fldtuberia} - h_{fldaccesorios}$$

$$h_{fldescarga} = 0.02704 \text{ m} - 0.0178 \text{ m} = 0.00340$$

$$P = \frac{F2}{A}$$

$$P2 = \frac{301.71 \text{ N}}{1.767 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.70 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1700 \text{ Kpa} = 246.564 \text{ Psi}$$

$$hd = (P_2 + P_{Atm}) \frac{2.31}{0.89} + 0 + 0.00340 \text{ m}$$

$$hd = (246.564 \text{ Psi} + 14.7 \text{ psi}) \frac{2.31}{0.89} + 0 + 0.00340 \text{ m} = 678.115 \text{ pulg}$$

$$h = hd - hs$$

$$h = 678.115 - 23.373 \text{ in}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie Elaeis
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

$$h = 654.742 \text{ in} = 16.63 \text{ m}$$

$$P_{hidraulica} = \rho * g * h * Q$$

$$P_{hidraulica} = 890 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 19.63 \text{ m} * 8.33 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P_{hidraulica} = 1426 \text{ W}$$

$$P_{mecanica} = \frac{P_{hidraulica}}{\text{eficiencia}}$$

$$P_{mecanica} = \frac{1426 \text{ W}}{0.65}$$

$$P_{mecanica} = 2193.84 \text{ W}$$

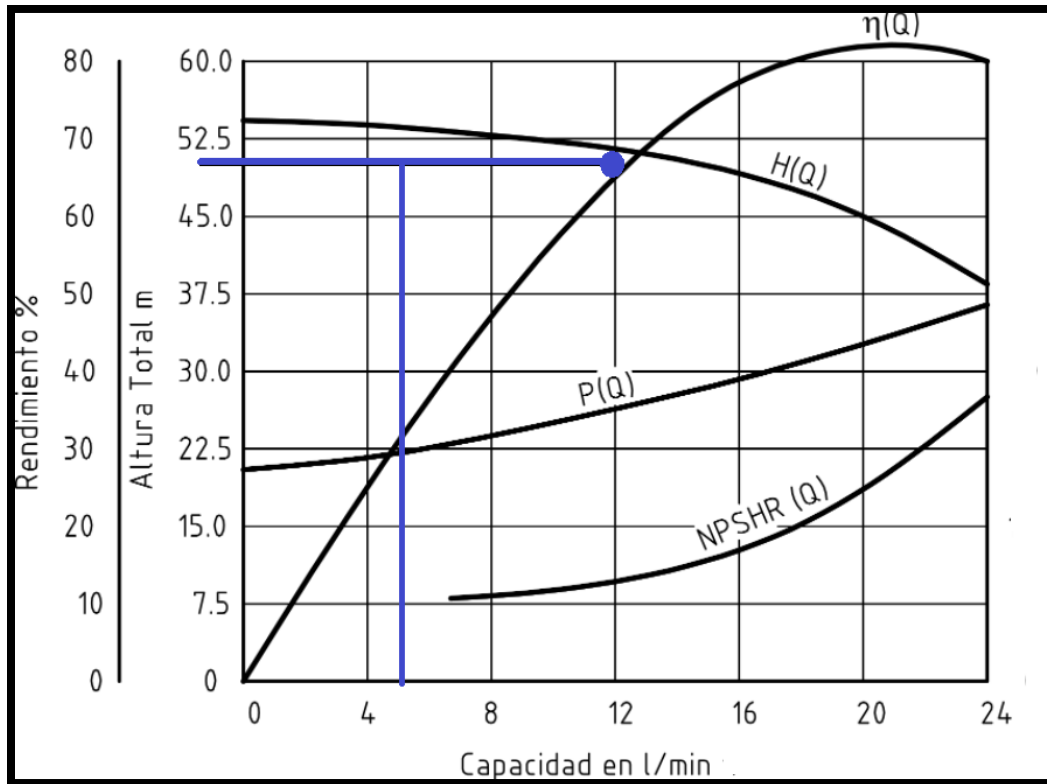
Se recomienda un motor de tres Hp por lo que se aproxima a ese valor con la potencia suministrada, y se encuentra comercialmente en el mercado.

$$RPM = \frac{\text{caudal}(\frac{\text{lt}}{\text{min}})}{\text{cilindrada}(\frac{\text{cm}^3}{\text{rev}})} * 1000$$

$$RPM = \frac{5 (\frac{\text{lt}}{\text{min}})}{3.5 (\frac{\text{cm}^3}{\text{rev}})} * 1000$$

$$RPM = 1450 \text{ Rpm}$$

Figura 20. Eficiencia volumétrica



Fuente: MARIN, Daniel. Ingeniería mecánica. Características de una bomba centrífuga. México: UAD, 2012. p. 2.

3.2.1. Sistema de inyección de químico Monocrotofos

El producto Monocrotofos tiene un rendimiento de 600 gramos solubles en cada litro de agua, y la dosificación que sugiere (Reyes & Cruz, La absorción radicular en el control de plagas en palma africana, 2010) es de 15 cm³ por planta, como establece la ficha técnica del producto, Figura 18. Por hectárea de palma africana, se encuentra 143 palmas, esto hace referencia que para una dosis para cada planta de una hectárea se necesitan 2.145 litros de químico. Para la investigación y por diseño utilizamos un tanque de almacenamiento de 5 litros

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

para la preparación del producto se necesitan 3 litros de agua y 1800 gramos de químico Monocrotofos en la conversión de datos 600 gramos de químicos equivalen a 0.451 litros. Por la ecuación

Figura 21. Ficha técnica del producto

Tipo de producto	Insecticida agrícola
Formulación	Concentrado soluble
Ingrediente activo	Monocrotofos
Concentración	600 gramos por litro
Categoría toxicológica	I extremadamente toxico
Presentación	1, 4 20 litros
Grupo químico	Organofosforado
Dosis	1 litro/ha
Densidad	1.33 g/cm ³
Fórmula	C ₇ H ₁₄ NO ₅ P
Masa molar	223.2 g/mol

Fuente: FEDEPALMA. Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Inyección de productos sistémicos. Colombia: 2016. Disponible en: www.fedepalma.org.

El producto insecticida utilizado es el Monocrotofos. Este viene en presentaciones de 1, 4y 20 litros, teniendo una concentración de 600 gramos por cada litro a utilizar. En su ficha técnica, se recomienda el uso de litro por hectárea. En la Tabla 2 se detalla sus principales características, siendo este un producto extremadamente toxico, por lo que se debe manejar con mucha precaución. Se realiza la mezcla de este elemento con agua para su debida aplicación en las raíces de las palmas.

$$v = \frac{m}{\rho}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$v = \frac{0.60 \text{ Kg}}{1333 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0.451 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$0.451 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.451 \text{ litros}$$

Para la relación entre la mezcla de agua y el químico es:

$$3 \text{ litros} + (0.451 \text{ litros} \times 3) = 4.353 \text{ litros de mezcla}$$

En este punto se tiene una nueva densidad del producto insecticida.

Para hallar la densidad =

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2}$$

$$\rho = \frac{1000 \text{ g} + 600 \text{ g}}{1 \text{ l} + 0.451 \text{ l}}$$

$$\rho = 1102 \frac{\text{g}}{\text{l}} = 1.102 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ densidad del insecticida}$$

$$l_{\text{Descarga}} = 370 \text{ Cm} = 3,70 \text{ m}$$

$$\rho = 1,102 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\phi = \frac{1}{4}'' = 0,0063 \text{ m}$$

$$V = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 15 \text{ ml}$$

$$Q = 1,5 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 2,5 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

$$Q = 2,5 \times 10^{-7} \frac{m^3}{Seg}$$

$$A = \frac{\pi (0,0063 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 3,1172 \times 10^{-5} \frac{m^2}{Seg}$$

$$V_1 = \frac{Q}{A}$$

$$V_1 = \frac{2,5 \times 10^{-7} \frac{m^3}{Seg}}{3,1172 \times 10^{-5} \frac{m^2}{Seg}}$$

$$V_1 = 8,02 \times 10^{-3} \frac{m}{Seg}$$

$V_1 = V_2$, porque la tubería tiene los mismos diámetros.

$$S = \frac{\rho_{Líquido}}{\rho_{Agua}}$$

$$S = \frac{1102 \frac{Kg}{m^3}}{1000 \frac{Kg}{m^3}} = 1.102$$

$$\text{Viscosidad del agua} = 1.07 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}$$

$\text{Viscosidad absoluta} = \text{Viscosidad relativa} \times \text{Viscosidad del agua}$

$$\text{Viscosidad absoluta} = 1102 \frac{Kg}{m^3} \times 1.07 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}$$

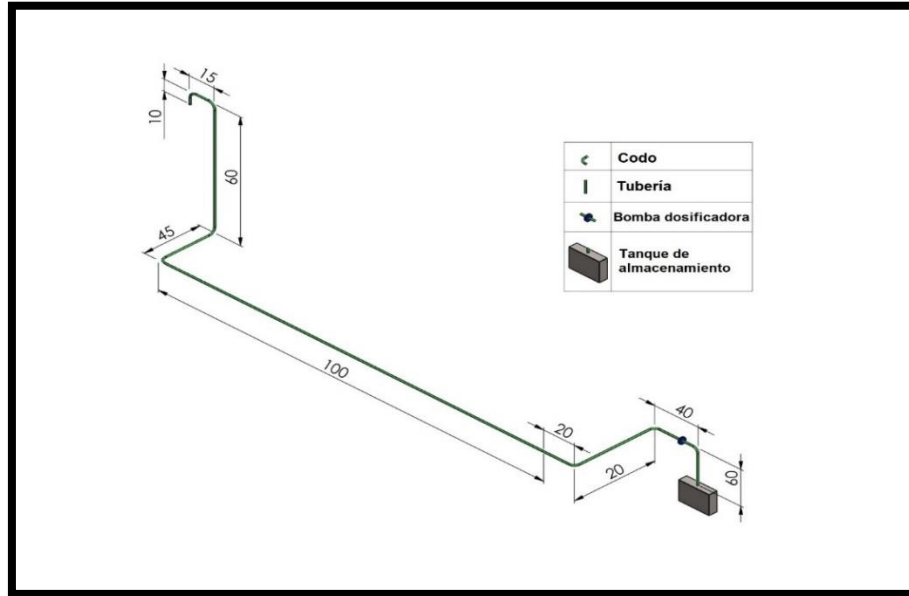
$$\text{Viscosidad absoluta} = 1.1791 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m.s}$$

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Figura 22. Diagrama hidráulico del tanque hasta la bomba dosificadora



Fuente: Autor

Figura 23. Bomba dosificadora

Tipo	Peristáltica
Marca	Stenner
Alimentación eléctrica	120 voltios AC
frecuencia	60 Hz
Motor	monofásico
Modelo	85M5
Revoluciones	26 rpm
Altura máxima de aspiración	7.6 metros
Temperatura máxima de operación	52 °C
Presión máxima de descarga	25 PSI
Ajuste del dosificador	De 5 a 100% en incrementos de 2.5%
Rango de dosificación	11.3 a 223.4 ml/minuto

Fuente: FEDEPALMA. Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Inyección de productos sistémicos. Colombia: 2016. Disponible en: www.fedepalma.org.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

En la Figura 23, se observan los datos principales y característicos de la bomba dosificadora seleccionada para el proyecto de inyección radicular, en el que se requiere de un sistema hidráulico que permita la aplicación de un líquido insecticida para el tratamiento radicular de las palmas de aceite. Dicha bomba es implementada debido a su rango de dosificación, el cual es de 0.6 a 7.9 ml por minuto, siendo lo mínimo de lo que se dispone comercialmente. A cada palma se le suministra un total de 15 cm³ de insecticida, y teniendo en cuenta que el mismo se aplica utilizando 4 inyectores, entonces son 3.75ml por cada uno.

Figura 24. Ficha técnica del generador eléctrico

Marca		Zipper	
modelo		ZI-STE11000	
Datos del motor		Datos del generador	
Potencia	14000	Rendimiento máx.	12000 W
tipo	4-Tackt OHV Loncin 2V78	Tomas de corriente	2x 400V 3x230V
Capacidad combustible	30 litros	Corriente continua	12V 8.3A
Tipo de combustible	ROZ95	Rendimiento del generador	11000 W
Motor de arranque	E-Start	Duración del trabajo	12 horas
Desplazamiento en cm	678		
Velocidad en min-1	3600		
Nivel de volumen y vibración		98 dB	
Nivel de presión acústica		89 dB	
Peso bruto		205 Kg	
Ancho de empaquetado		780 mm	
Longitud de embalaje		1040 mm	
Altura de embalaje		890 mm	

Fuente: FEDEPALMA. Federación Nacional de Cultivadores de Palma. Inyección de productos sistémicos. Colombia: 2016. Disponible en: www.fedepalma.org.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

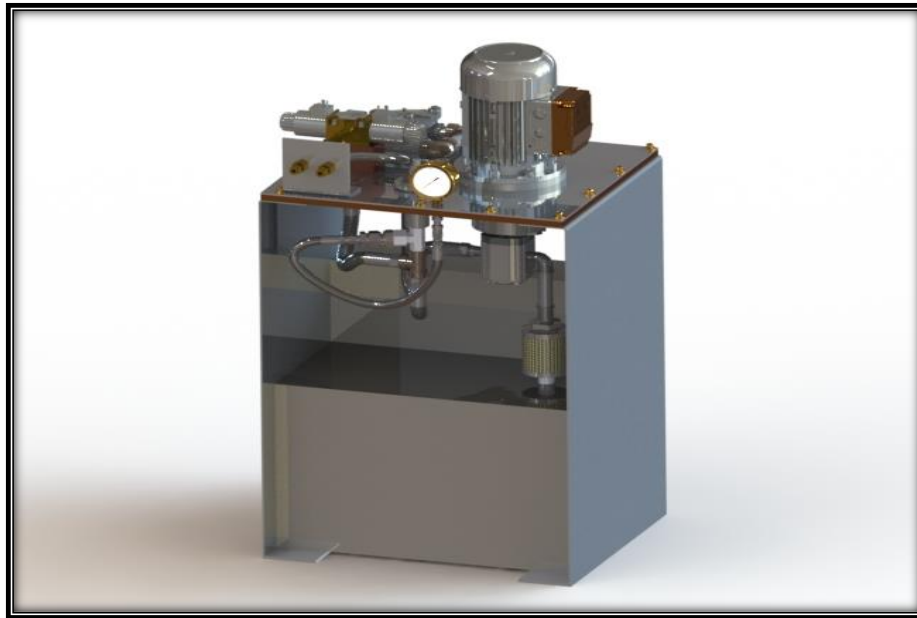
Versión: 01

De modo que sea posible transportar el sistema de inyección radicular, es necesario una fuente de poder con la capacidad de suministrar 10000 watts. Esto es posible utilizando un generador portátil de la marca Zipper, la cual cuenta con un modelo ZTI-STE11000 que dispone de un rendimiento de 12000 Watts y puede trasladarse a cualquier parte, con una duración de trabajo de 12 horas como máximo, utilizando el combustible ROZ95, disponible en el mercado. Este generador utiliza un motor de 4 tiempos, capaz de entregar la potencia requerida.

3.3.REALIZAR UN DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA INYECCIÓN DE QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO RADICULAR EN EL PROGRAMA DE MODELAMIENTO CATIA.

Para el cumplimiento del objetivo se establece la realización de un diseño estructurado con la modelación de un sistema hidráulico, con la función de ejecutar el proceso de inyección de un químico insecticida directamente a las raíces de las palmas de aceite, con la finalidad de iniciar el proceso de descomposición y erradicación del *estrategus aloes*, y demás bacterias responsables de generar gran parte de la muerte de las palmas aceiteras; las variables y parámetros requeridos por el circuito son efectuados con base a los cálculos analíticos elaborados en el objetivo anterior los cuales permiten modelar minuciosamente el sistema de acuerdo a los factores técnicos y mecánicos del mismo.

Figura 25. Sistema de bomba hidráulica

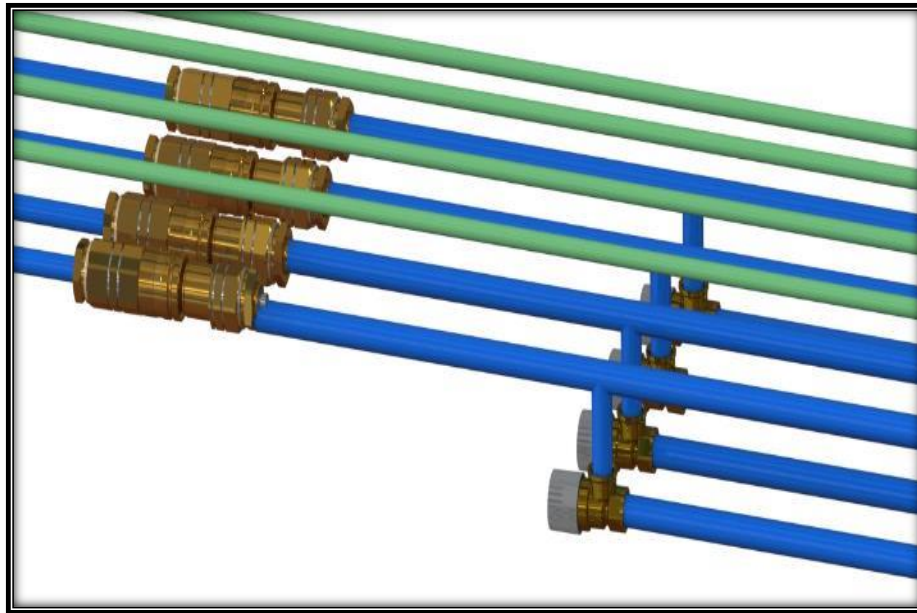


Fuente: Autor

El sistema de bomba hidráulica, cuenta con un motor de 3 HP de potencia que trabaja a 220 volt, con una velocidad de 1450 RPM otorgando un torque de 14.5 N-metro. Bombea un aproximado de 5 litros/min de aceite, ubicado en el tanque de almacenamiento, en la parte inferior.

En la Figura 24 se observan los componentes que conforman la bomba hidráulica, siendo estos, la válvula Relief que sirve para regular la presión del sistema, la válvula Check o anti retorno, la cual ayuda a garantizar que el fluido en cuestión no se devuelva por las mangueras de la bomba, manómetro para verificar la presión, entre otros elementos necesarios. El tanque de almacenamiento usado para el aceite, tiene una capacidad para 30 litros y su presión máxima es de 240 Bar, según cálculos realizados para evaluar el diseño.

Figura 26. Acoples

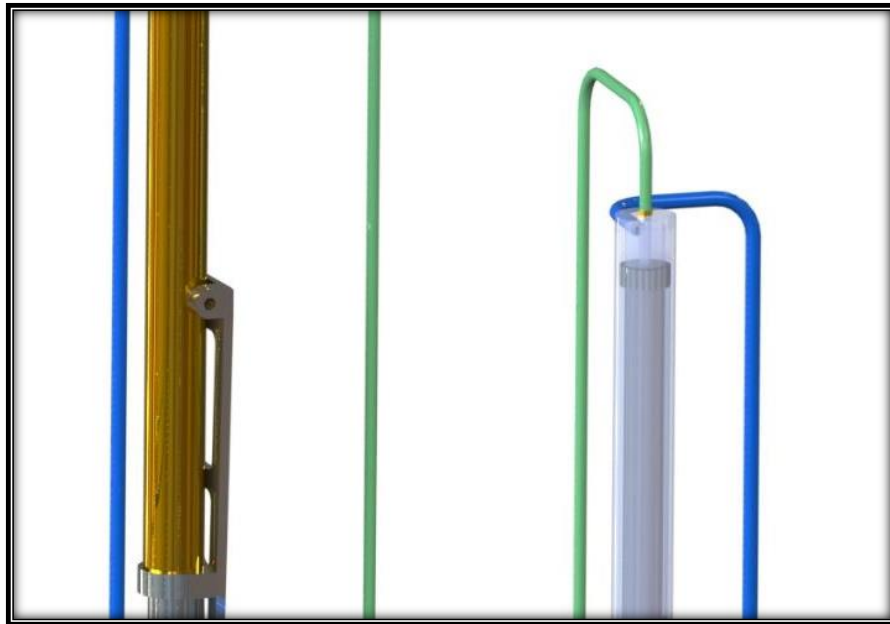


Fuente: Autor

En la instalación del sistema de inyección radicular, se unen las mangueras de van conectadas a los cilindros hidráulicos, con las de la bomba hidráulica. Esta separación se realiza para hacer el proceso de ejecución más cómodo, de modo que, al momento de recoger todos los materiales, se guarden las mangueras por aparte. En la Figura 25 se observa las mangueras o conductos para el fluido de aceite, es decir, las de color azul.

Las que están destinadas para la circulación del insecticida, son las de color verde, que igualmente se conectan a los cilindros hidráulicos y por medio de un conducto, transportan el líquido hasta la punta de perforación que penetra en la raíz de la palma africana. Estas conexiones son bombeadas desde el sistema de bomba hidráulica, el cual es monitoreado por el sistema de control.

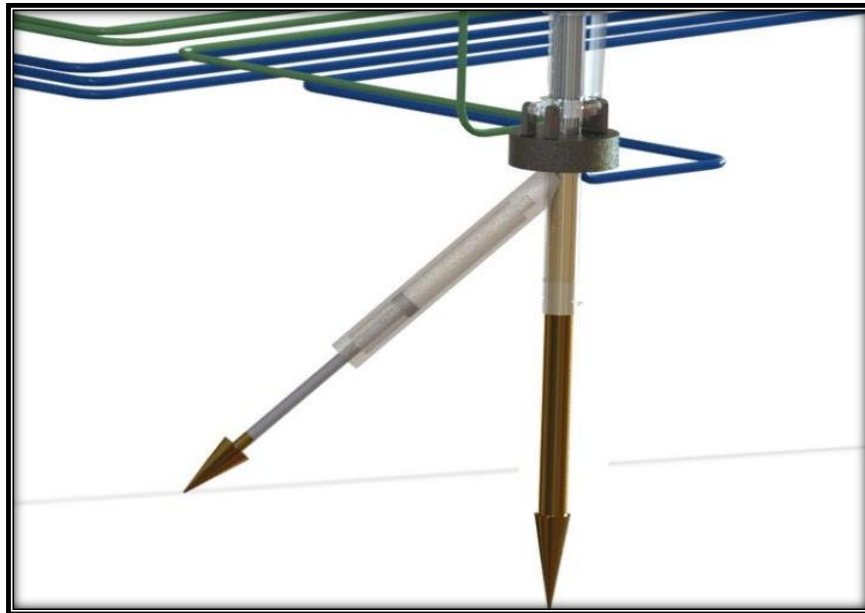
Figura 27. Cilindro y embolo



Fuente: Autor

En la Figura 26 se detalla el cilindro hidráulico y el embolo con su respectiva conexión para el transporte de fluido que permite su movimiento. La tubería de color azul representa el conducto de aceite, y la de color verde, el conducto de insecticida. Este último se conecta con la punta de perforación mediante un orificio que circula por el cilindro hidráulico y el cilindro estructural. El cilindro está diseñado con un cuerpo de aluminio ligero y la posibilidad de instalar en el mismo, detectores magnéticos, su diámetro es de 40 mm, con una longitud de carrera de 650mm. El embolo tiene un diámetro de 18mm y una longitud de 600mm. Puede trabajar a una velocidad máxima de 300mm/s.

Figura 28. Desplazamiento de puntas de inyección



Fuente: Autor

Las puntas de inyección están conectadas al embolo que es movido por la presión que ejerce el aceite dentro de los respectivos cilindros. Para el diseño de inyección radicular que se presenta en este proyecto, se propone la utilización de dos ángulos, siendo este modo el más efectivo para la aplicación del insecticida en la palma. Una de las puntas, penetra perpendicular al suelo, es decir, a 90 grados, mientras que la otra punta lo hace a 45 grados, como se observa en la Figura 27. El desplazamiento de las puntas de inyección se da en 30-35 cm (para la punta con inclinación de 45 grados) y 60-65 cm (para la punta perpendicular al suelo).

Figura 29. Cilindro estructural



Fuente: Autor

En la Figura 28, se logra ver el diseño de un cilindro estructural el cual fue considerado como premisa principal para el modelo de la cubierta del sistema de inyección, compuesto de material en acero 1035, tratado térmicamente después de ser templado y revenido.

Su selección fue basada en las propiedades, condiciones físicas y características mecánicas, además de analizar el nivel de resistencia del material lo cual se considera como un factor relevante para el proceso de inyección a realizar. Esta pieza con 772 milímetros de altura, cumple con la función de cubrir la punta responsable de atravesar el área de terreno a perforar para el respectivo depósito del químico insecticida.

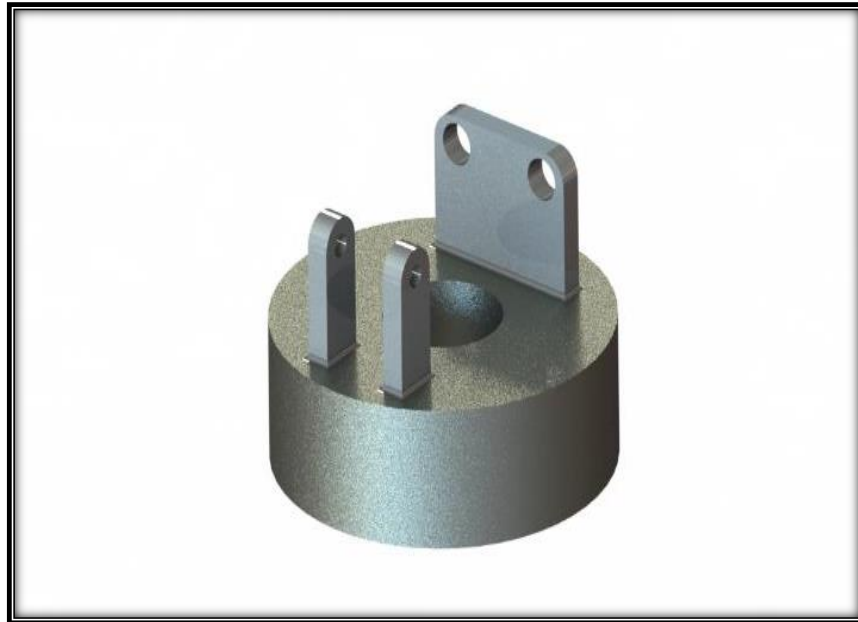
Figura 30. Punta de perforación



Fuente: Autor

Las puntas de perforación se encargan de penetrar el suelo hasta llegar a las raíces primarias lignificadas de la palma africana, para inyectar el líquido insecticida en las mismas. Se utilizan ocho puntas en total para cada operación; Formando un cuadrado de un metro y medio de lado alrededor de la palma. En cada extremo se ubica una punta perpendicular al suelo y otra con un ángulo de 45 grados, lo que ayuda a optimizar la inyección en las raíces primarias que se encuentran aproximadamente a 30 cm de profundidad, y son penetradas por esta punta. En cuando a la punta que se posiciona perpendicularmente, inyecta las raíces que se encuentran a 60 cm de profundidad aproximadamente. En la Figura 29 se muestra una representación gráfica de la punta de perforación para inyección radicular.

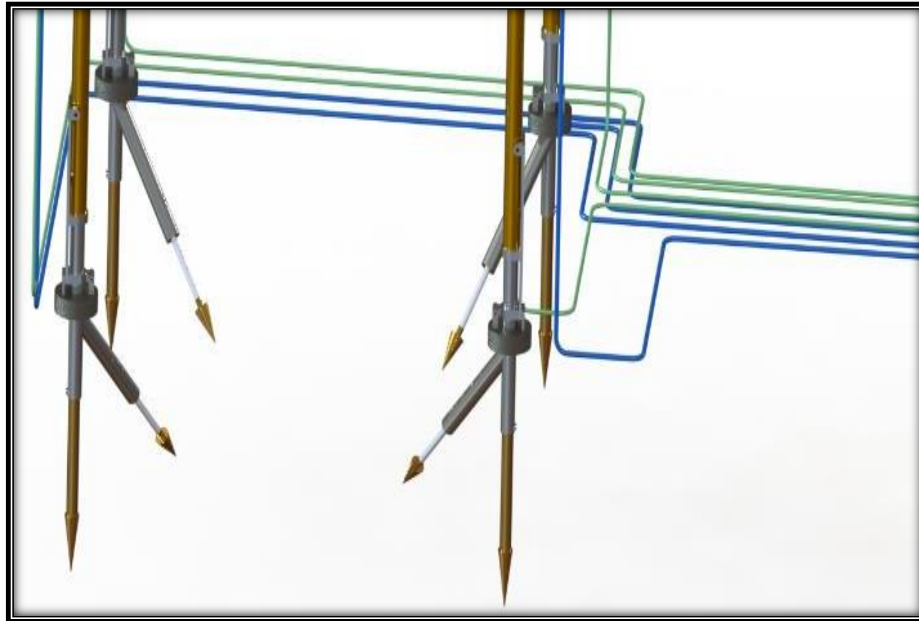
Figura 31. Contrapeso



Fuente: Autor

El ensamble de un contrapeso de 30 Kilogramos ilustrado en la Figura 26 como sistema adicional alternativo para mantener y compensar el correcto equilibrio del equipo, es fijado e instalado a través de soldadura, en el sistema superior de la parte fija de las puntas de inyección, el cual consta de un material compuesto de plomo y acero, considerados fundamentales e ideales en su elección debido a su alta densidad. Además de contar con dimensiones de un diámetro externo de 150 milímetros e interno de 52 milímetros y un espesor de 50 milímetros.

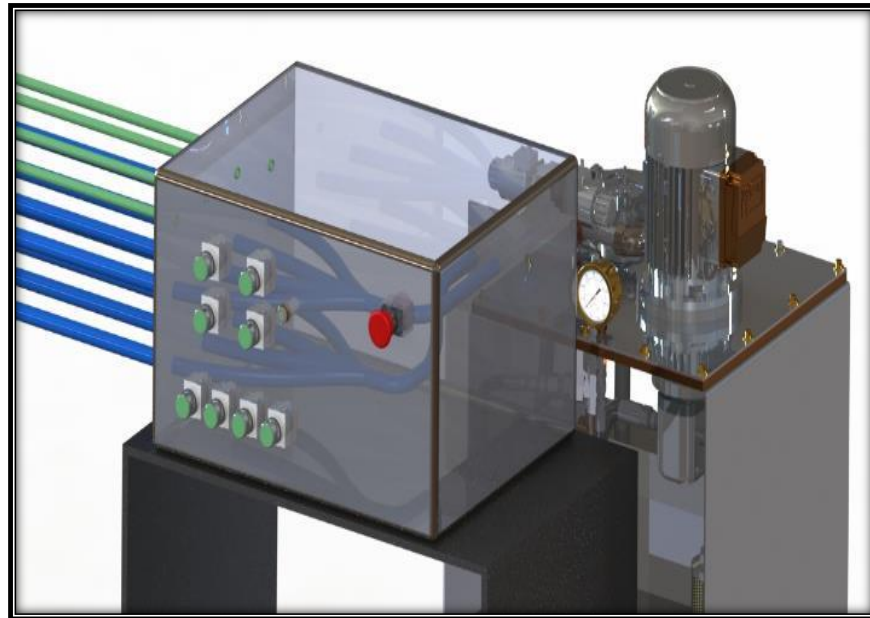
Figura 32. Desplazamiento de puntas de perforación



Fuente: Autor

En la Figura 31 se observa el desplazamiento que realizan las puntas de perforación, para la penetración del terreno alrededor de la palma africana. El presente proyecto, propone la implementación de 2 ángulos distintos de perforación para la inyección del líquido insecticida. Un ángulo es de 90 grados, siendo este ejecutado por el eje vertical que comprende uno de los cuerpos principales del sistema. El otro ángulo es de 45 grados, esto, debido a que las raíces de la palma emergen de la base del tallo en forma radial en un ángulo de 45 grados con respecto a la vertical con una forma fasciculada.

Figura 33. Sistema de control



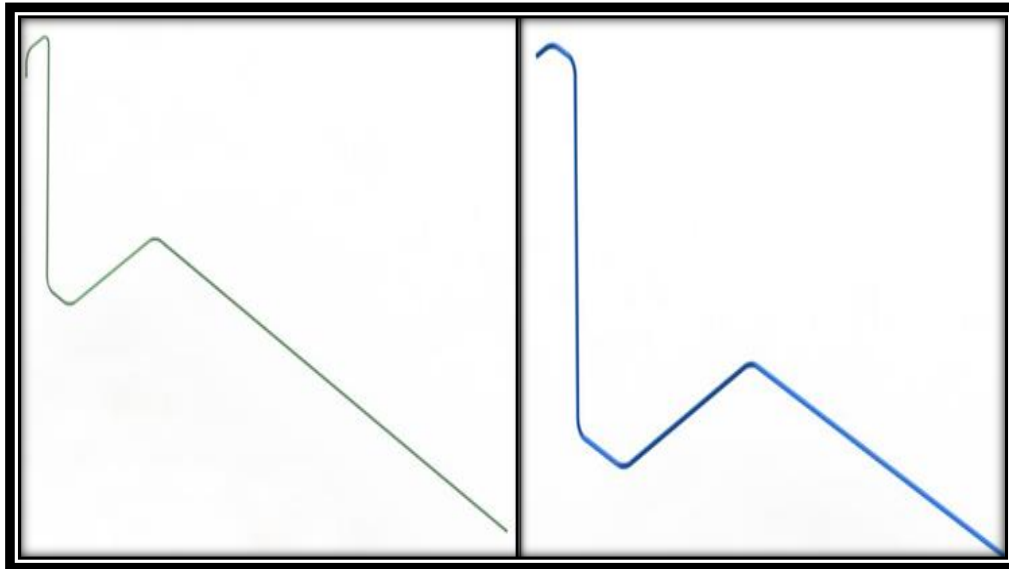
Fuente: Autor

La Figura 32, evidencia el ensamble de los diferentes elementos y equipos que componen el sistema de control, como lo son los mecanismos de accionamiento de válvulas o pulsadores, de entrada y salida del químico y aceite de inyección a las piezas de perforación según las variables de regulación de comportamiento del proceso, estipuladas por las señales de ingreso enviadas por el personal operador.

Asimismo, se inserta el dispositivo pulsador de parada de emergencia como medida preventiva de protección y seguridad ante cualquier situación que pueda poner en riesgo la vida del operador o daños en el equipo. La estructuración de este equipo debe estar sujeta a criterios preventivos, de monitoreo y demás variables que permitan conseguir el objetivo principal del sistema el cual se orienta

a un modelo de entrega de fluido sin perturbaciones, desviaciones o fallas en el procedimiento preestablecido.

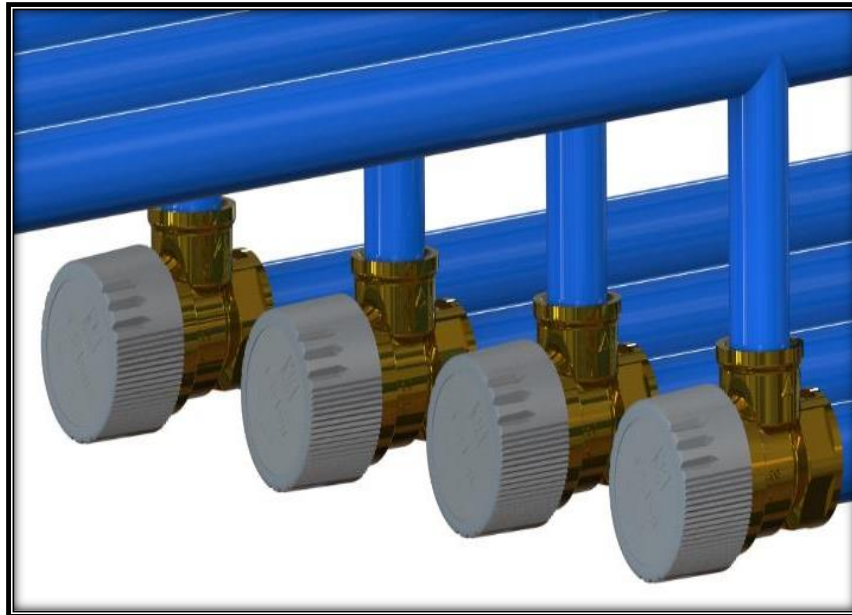
Figura 34. Líneas de circulación del fluido



Fuente: Autor

Las líneas encargadas de conducir la circulación de los fluidos como se logra observar en la Figura 33, la cual indica que la manguera SAE 100 R2AT verde provee al circuito el químico insecticida, con características de construcción de cubierta en caucho sintético para resistencia a altas presiones de fluido y dimensiones de 416 centímetros de longitud y 1.2 centímetros de diámetro. Mientras que el azul con propiedades semejantes es el encargado de enviar el aceite para efectuar la respectiva lubricación del movimiento del embolo con 465 centímetros de longitud y 1.5 centímetros de diámetro.

Figura 35. Válvula de retención



Fuente: Autor

Las válvulas de retención evidenciadas en la Figura 34, son dispositivos altamente ligeros y compactos, con sistemas unidireccionales, es decir que abren en una sola dirección del flujo, básicamente son empleados para efectuar la conexión de tuberías, los cuales al accionar la circulación del circuito este permite el paso por la propia presión e impide el retroceso del mismo.

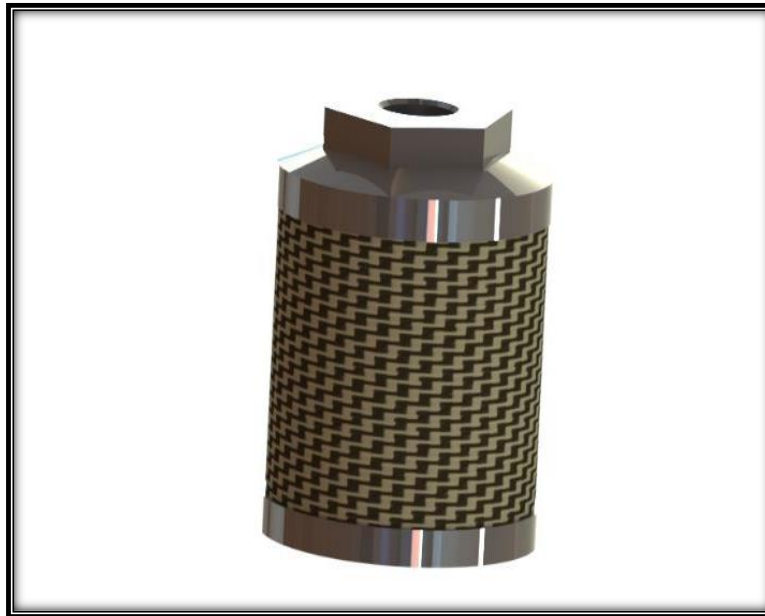
Figura 36. Manómetro



Fuente: Autor

Para medir e identificar la lectura del nivel de presión que atraviesa la tubería de aceite se determina como instrumento de medida el uso de un manómetro con dos escalas de 0 a 160 Psi y de 0 a 12 kg/cm² como se ilustra en la Figura 35. Además de estar compuesto por cristales de seguridad, una válvula para la absorción de caída repentina de presión, evitando daños en el equipo y discos de sobrepresión. La característica que lo representa es la medición del nivel de referencia y diferencia entre la presión real y absoluta y la atmosférica llamándose a este valor presión manométrica.

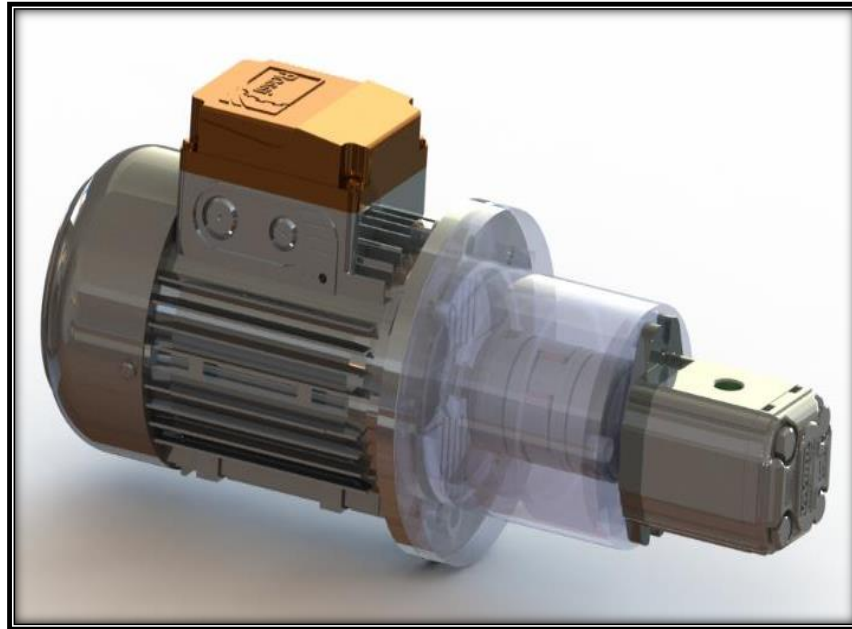
Figura 37. Filtro de aceite



Fuente: Autor

Con el propósito de prevenir la contaminación del aceite, responsable de genera fallas en el sistema de inyección y desgaste excesivo de las piezas, además de minimizar la posible pérdida del rendimiento y propiedades lubricantes del mismo, se efectúa la implementación de un filtro de aceite como se evidencia en la Figura 36, en el sistema de control, el cual es acoplado en la parte superior del contenedor, como alternativa de solución a la presencia de agentes externos a través de una depuración continua y retención de los mismos al momento de circular el aceite, como lo son sedimentos y demás partículas responsables de contaminar el fluido. Logrando así, mantener el control de la limpieza del lubricador y la eficiencia del mismo.

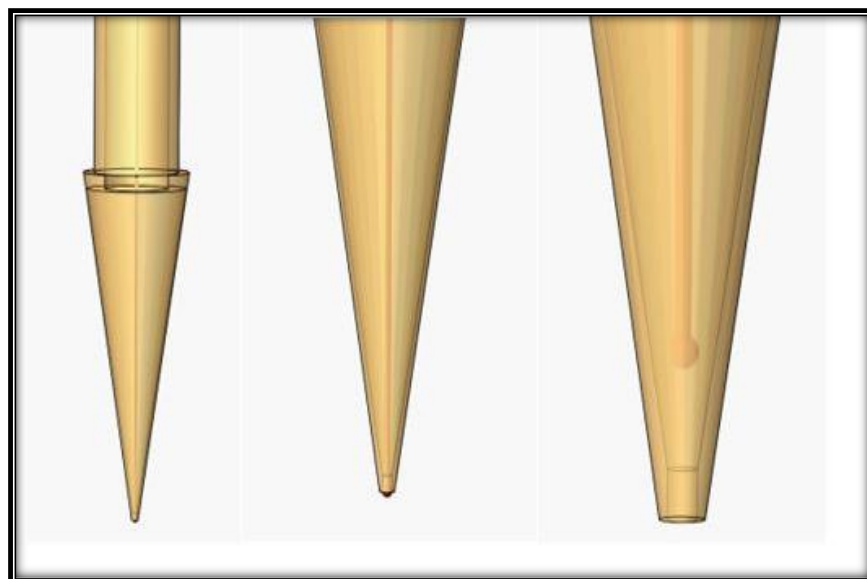
Figura 38. Moto bomba



Fuente: Autor

En el sistema de bomba hidráulica se utiliza un motor eléctrico para bombear el aceite hacia los conductos que circulan a los cilindros hidráulicos. Este motor cuenta con una potencia de 3HP y trabaja a 220 voltios en corriente alterna a una frecuencia de 50 HZ, ofreciendo 1450 revoluciones por minutos que se transmiten a la bomba de engranajes acoplada al mismo, como se detalla en la Figura 37. El motor tiene un peso aproximado de 15.5 Kg, un largo de 279 mm, un alto de 217 mm y un ancho de 176 mm. Desde el sistema de control es posible iniciar y detener la marcha del motor, para dar inicio, pausa o fin al proceso que se desarrolle en la operación de inyección radicular.

Figura 39. Puntas de perforación



Fuente: Autor

Para la inyección del químico insecticida en las raíces primarias de la palma, se penetra el suelo con puntas de perforación las cuales cuentan con orificios en su extremo, siendo este de 2 mm de diámetro. Mientras la punta perfora la tierra, internamente se encuentra una esfera metálica unida a una varilla ubicada verticalmente, como se observa en la Figura 38. Esto impide el ingreso de tierra dentro de la punta, debido a que, si tal situación ocurre, es probable que el orificio de la punta se tape y obstruya el paso del líquido que se desea inyectar.

La cantidad de químico varía entre 14 y 16 cc para cada dosis, es decir, 112 a 128 cc en cada operación de inyección radicular. En cuanto a la velocidad de absorción, esta depende de diversos factores que incluyen el grosor de la raíz, la ubicación de la inyección, el número de raíces, condiciones ambientales, tipo de insecticida y la hora del día. Este último, sugiere que la inyección se realice en las horas de la mañana, debido a que “la mayor velocidad de absorción ocurre entre

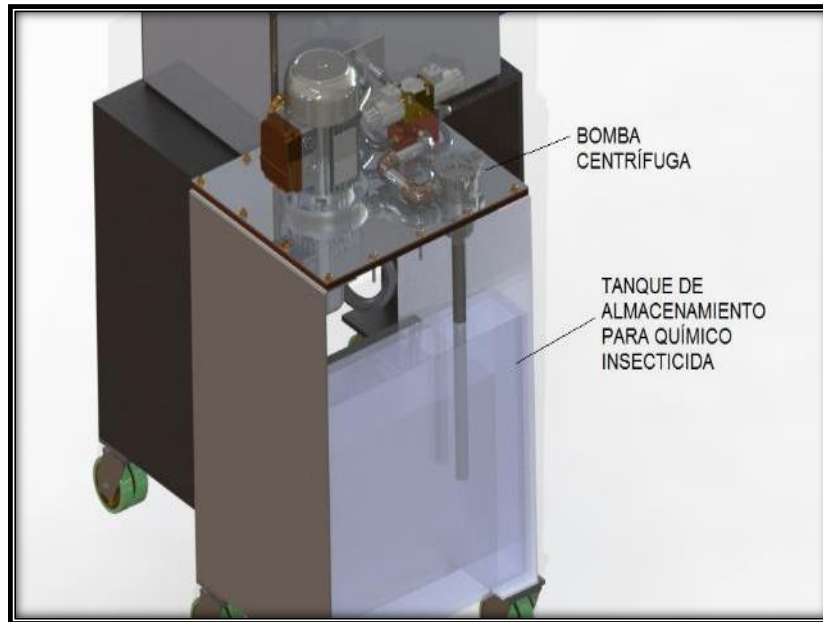
R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

las 8 a.m. y las 12 m. período en el cual se presenta la mayor transpiración” (Reyes & Cruz, 2010, pág. 20).

Figura 40. Sistema de almacenamiento de insecticida



Fuente: Autor

En la Figura 39 se muestra el tanque de almacenamiento para el químico insecticida, que tiene 45 cm de largo, 22 cm de ancho y 55 cm de alto, con una capacidad de 50 litros. El líquido es transportado gracias a una bomba centrífuga como se observa en la Figura, que ejerce una presión para hacer circular el fluido insecticida mediante los conductos (en el diseño se representan de color verde, ver Figura 21) que se dirigen hacia la punta de perforación para la inyección radicular.

En cada operación se requiere de una dosis de 112 a 128 cc de BASUDIN® 600 EC, siendo este el insecticida que se usa para las palmas africanas, elaborado a base de diazinon (éster del ácido tiofosfórico). Tal dosis es aplicada con una

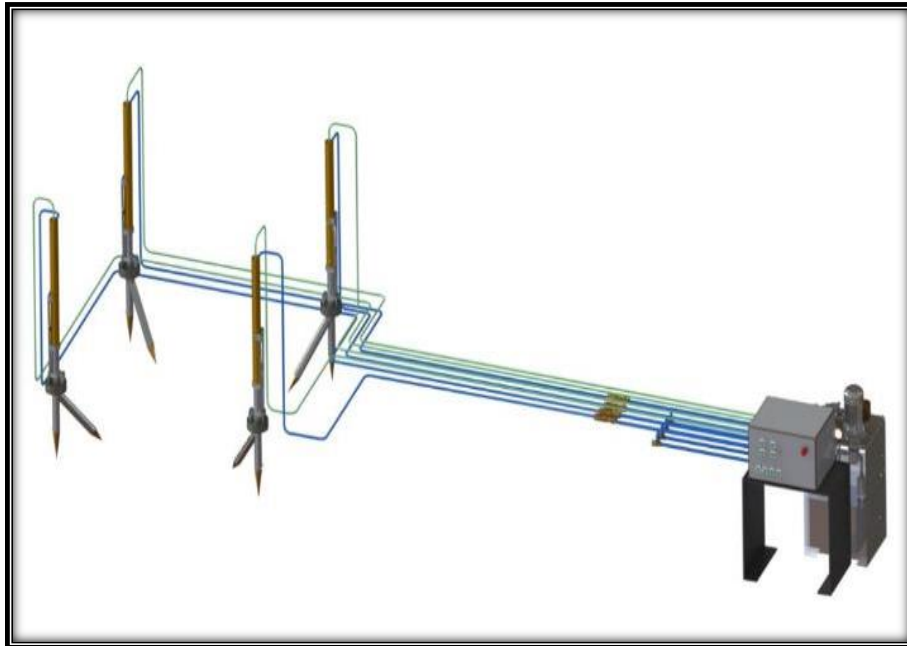
R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

presión de 2,98 libras por pulgada cuadrada, de modo que permite inyectar la dosis adecuada a la raíz para ser absorbida por la misma.

Figura 41. Ensamble final de inyección radicular



Fuente: Autor

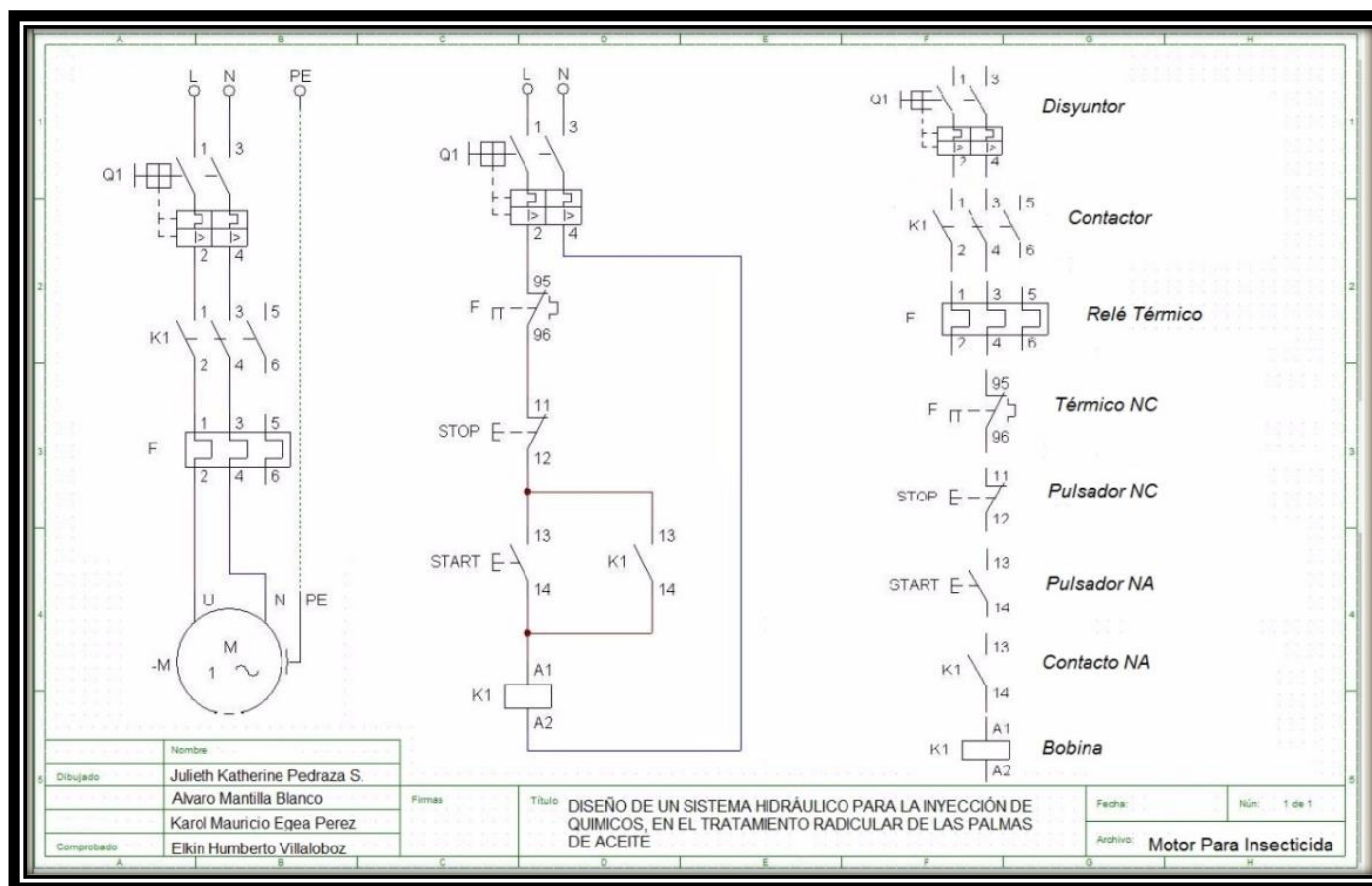
En la Figura 40 se precisa el ensamble final de los componentes diseñados para el proyecto de inyección radicular en palmas africanas. Se realiza la modelación en tercera dimensión para cada pieza y su respectivo plano con las medidas utilizadas para el diseño. Se emplea un total de 254 piezas y 5 sub-ensambles que se relacionan en posiciones especificar para ubicar todos los elementos sin que interfieran entre sí. Además del diseño, se le aplican acabados como lo son colores y texturas, que se pueden detallar en las diferentes fotos que se presentan en el desarrollo de este proyecto.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Figura 42. Plano accionamientos eléctricos.



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

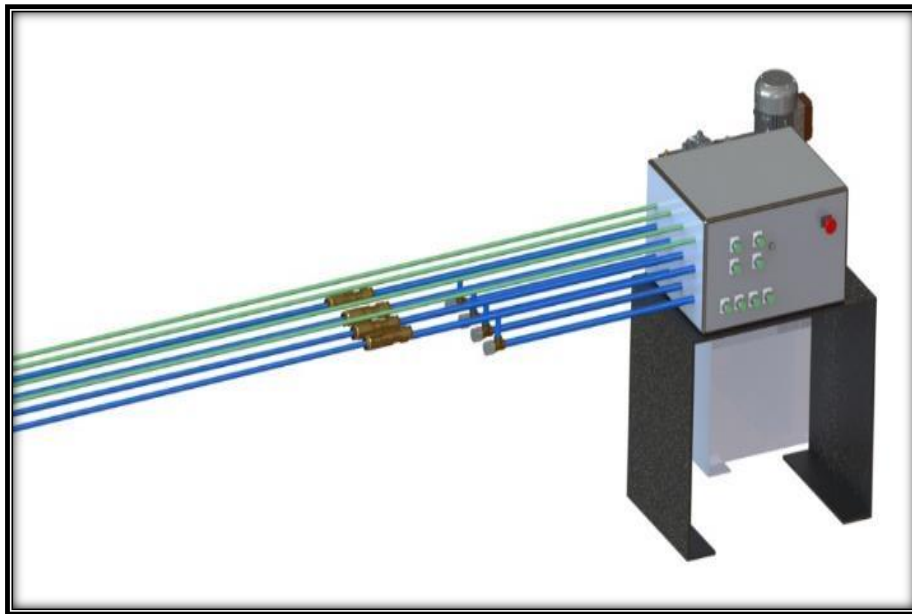
REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

4. RESULTADOS

Se hace entrega a las Unidades Tecnológicas de Santander, la simulación del diseño en un software y selección de componentes mecánicos como se evidencia en la Figura 42, además de un informe detallado del paso a paso del desarrollo del trabajo donde se especifica los diferentes tipos de materiales, herramientas, métodos utilizados para la construcción del prototipo.

Figura 43. Control operativo del circuito de inyección



Fuente: Autor

El estudiante pretende con la realización de este proyecto por una parte concientizar el lector acerca de las dificultades que viven hoy todas las entidades y personas que se encuentran vinculadas de manera directa o indirecta en el área palmera y que a medida que pasan el tiempo se vuelve más difícil controlar la propagación de estas plagas y por otro lado ser utilidad en entidades dedicadas a

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

este tipo de siembra con la innovación de este sistema tecnológico que facilitaría el mantenimiento de los cultivos palmíferos.

Con la creación de este proyecto la universidad tendrá estudiantes con la capacidad no solo de construir un diseño sino de hacerlo de manera innovadora contando con una idea que todavía no se ha construido en el país y que es de gran beneficio para todas las entidades y personas que dependen de este tipo de cultivos. Como resultado de la investigación realizada, se logra evidenciar el químico utilizado para la erradicación y utilizado en el sistema de inyección de químicos, esto permitiendo que en la palma se obtenga resultados excelentes de control de varias especies de plaga en miles de hectáreas aplicadas.

Este proceso es utilizado en el manejo de daños generados por plagas, mediante la aplicación al suelo del insecticida (Monocrotofos) sistémicos, en donde la absorción cumple la principal función de mantener la sustancia activa para la protección de los cultivos de palma de aceite. Para calcular el resultado de Monocrotofos en la palma con respecto al control del escarabajo, se determina el tiempo en que se desarrolla el procedimiento de inyección del químico (dosificación) y el registro residual del insecto.

Mediante la deducción alcanzado en la pesquisa, cabe mencionar que el sistema de absorción radicular constituye al presente, el sobresaliente tipo de conducción y control racional de las plagas de palma de aceite. El producto insecticida utilizado es el Monocrotofos. Este viene en presentaciones de 1, 4 y 20 litros, teniendo una concentración de 600 gramos por cada litro a utilizar. En su ficha técnica, se recomienda el uso de litro por hectárea. En la Tabla 2 se detalla sus principales características, siendo este un producto extremadamente toxico, por lo que se

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

debe manejar con mucha precaución. Se realiza la mezcla de este elemento con agua para su debida aplicación en las raíces de las palmas

De modo que sea posible transportar el sistema de inyección radicular, es necesario una fuente de poder con la capacidad de suministrar 10000 watts. Esto es posible utilizando un generador portátil de la marca Zipper, la cual cuenta con un modelo ZTI-STE11000 que dispone de un rendimiento de 12000 Watts y puede trasladarse a cualquier parte, con una duración de trabajo de 12 horas como máximo, utilizando el combustible ROZ95, disponible en el mercado. Este generador utiliza un motor de 4 tiempos, capaz de entregar la potencia requerida.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

5. CONCLUSIONES

A través de este trabajo investigativo, se logró el alcance de su objetivo principal el cual era el diseño de un sistema hidráulico para la inyección de químicos, en el tratamiento radicular y así prevenir la propagación de plagas con el fin de optimizar el desarrollo y la productividad del sector palmífero.

Por medio de la ejecución de este objetivo logro superarse los procedimientos rudimentarios de inyección e innovar en la creación de un dispositivo que mejora y agiliza el método de inyección, garantizando que la sustancia suministrada penetre directamente en la raíz, haciendo más efectivo el proceso, además de que se constituye como una alternativa de solución a la técnica comúnmente implementada que retrasa más el procedimiento, y no garantiza que la sustancia llegue directamente a la raíz combatiendo la plaga que asecha la planta.

A través de este estudio riguroso de indagación se proporciona una herramienta de reflexión que permite tanto a los estudiantes como a las personas que hagan uso de este documento, tomar conciencia acerca de la necesidad que se origina de generar proyectos de investigación relacionados con problemas que afectan directamente el sector agrícola del país, puesto que es bien conocido que a través de estas actividades productivas se potencializa la economía y los ingresos de la nación, siendo necesario combatir todo aquello que se consolida como una amenaza para los cultivos productores de insumos esenciales que se involucran directamente en la actividad productiva del territorio Colombiano.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

6. RECOMENDACIONES

Puesto que la efectividad de este proceso se rige por la rigurosidad de los métodos empleados, se recomienda a las personas que deseen implementarlo seguir detalladamente cada uno de los pasos y procedimientos precisados en la técnica de inyección radicular, expuestos en el presente trabajo, como lo son la adecuada aplicación del insecticida de manera que sea más efectiva y genere menos pérdidas del producto, también se hace esencial la implementación del equipo adecuado para este tipo de inyecciones que requieren de un procedimiento sistemático y supervisado que conste de una adecuada verificación del tratamiento la cual deberá realizarse de 24 a 48 horas después de comprobar la buena absorción del producto.

Otro de los parámetros esenciales que se deben tener en cuenta en este proceso es la buena selección de raíces, dado que, la absorción radicular depende en gran medida del aprovechamiento de la raíz, la cual debe ser de buena calidad, es decir aquella en la cual pueden observarse con facilidad los vasos conductores en un corte transversal.

De igual forma es fundamental la elección de un insecticida que pueda ser correctamente absorbido y no produzca efectos adversos en la planta. Por último, se recomienda realizar la inyección durante las horas de la mañana, entre las 8:00am a 12:00 pm puesto que a estas horas ocurre una mayor velocidad de absorción del producto por parte de la planta, finalmente terminado este procedimiento lo más pertinente es realizar un debido control del insecto, para constatar que la metodología se aplicó de manera efectiva.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Como ejercicio académico se invita a hacer un buen uso de los procesos formulados a continuar generando conocimiento a partir de la puesta en marcha del paso a paso aquí descrito y el tomar este trabajo investigativo como guía teórica para futuras investigaciones que se encuentren en línea con el tema. Se incentiva a la comunidad de académicos de las Unidades Tecnológicas de Santander a fomentar en los estudiantes la elaboración de este tipo de proyectos que articulen la implementación práctica- teórica de los conocimientos adquiridos en su ciclo de aprendizaje.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcon, J. (1998). Tratado practico de refigerecion automatica. Barcelona: Marcombo.

Blanco, M. (2016). Sistemas hidraulicos de riego para el cuidado de cultivos. Bucaramanga: UTS.

Bosch, R. (2000). Sistemas electricos. Baterias. Alemania: BOSCH.

Burbano, E. (2005). Física general. España: Tébar .

Cadavid, J. (2006). Hidraulica de canales de funamentos. Medellin: EAFIT.

Cañon, J. (2007). Diseño detallado de un banco didactico hidraulico por medio de inyeccion dosificadora. Colombia: USB.

Cenipalma. (2016). Estrategus Aloeus. Bogotá: Centro de investigación en palma de aceite.

Cervantes, J. (2010). Diseño e implementacion del sistemas de control automatico para la dosificacion de minerales de hierro. Colombia: UIS.

Corredor, J. (2011). Monteje de un banco de prueba didactico para el analisis de sistemas hiraulicos. Bogota: UPJ.

Crane, A. (2006). Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México: Mc Graw Hill.

Crespo, A. (2006). Mecánica de fluidos. España : Paraninfo.

Cromer, A. H. (2006). Física en la ciencia y en la industria. Barcelona: Mc Graw Hill.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Czekaj, D. (1988). Aplicaciones de la ingeniería. Maquinarias Hidráulicas. España: FAO.

Díaz, J. (2006). Mecánica de los fluidos e hidráulica. Colombia: Universidad del valle.

Fedepalma. (2016). Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Colombia: FEDEPALMA.

Florez, L. (2009). Mejoramiento de un centro de distribución de retail, a través de sistemas de procesos operativos de inyección por medio de sistemas hidráulicos. Bogotá: UPJ.

Granados, J. (2002). Hidráulica aplicada a flujo de presiones. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Matiz, N. (2015). Asistencia técnica agropecuaria. Barrancabermeja-Santander: Alcaldía Municipal de Puerto Wilches.

Mora, J. (2010). Diseño de un banco de pruebas de válvulas de control direccional con sistemas de dosificación para el laboratorio de potencia fluida. Bucaramanga: UIS.

Mott, R. (1996). Mecánica de fluidos aplicada. México: Pearson.

Murillo, N. (1987). Tractores y maquinaria agrícola. Costa Rica: EUED.

NTC.1500. (2010). Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias. Colombia: Icontec.

NTC.5585. (2008). Etiquetas ambientales. Sello ambiental colombiano para aceites hidráulicos. Colombia: Icontec.

NTC.5871. (2011). Norma técnica colombiana criterios ambientales para accesorios hidráulicos. Colombia: Icontec.

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Parra, H. (2012). Diseño de un sistema hidraulico por goteo automatizado. Obregon: ITS.

Ramakrishna. (1988). Problemas fitopatologicos de la palma africana. Colombia: ICA.

Reyes, A. (2002). Absorcion radicular en el control de plagas en palma africana. Colombia: UNIP.

Reyes, A., & Cruz, M. (2010). La absorción radicular en el control de plagas en palma africana. Villavicencio: Unipalma S.A.

Salas, I. (2011). Ensamble de un variador de frecuencia para el control de caudal de una bomba dosificadora. Ecuador: ESPÑ.

Santos, E. (2005). Diseño y cosntruccion de un piston pos sistemas hidraulicos. Revsita de la facultad de ingenieria industrial, 1.

Sectorial. (2015). Colombia el principal productor de aceite de palma en america. Bogota: sd.

Sierrra, J. (2014). Elementos hidraulicos en los tractores y maquinas agricolas. España: Ediciones mundi-prensa.

Siguencia, I. (2014). Diseño y construccion de un brazo oleo hidraulico para montajes y demontajes de motores. Ecuador: ESPC.

Unipalma. (2016). Procedimiento del sistema de administracion de riegos operacionales . Villavicencio: Unipalma.

Vanguardia. (2016). Cultivo de palma en Santander - Pequeños productores. Santander: Redacción Agropecuaria.

Villafana, F. (1986). Sistemas hidraulicos . Mexico: Lluvia Editores.

R-DC-95

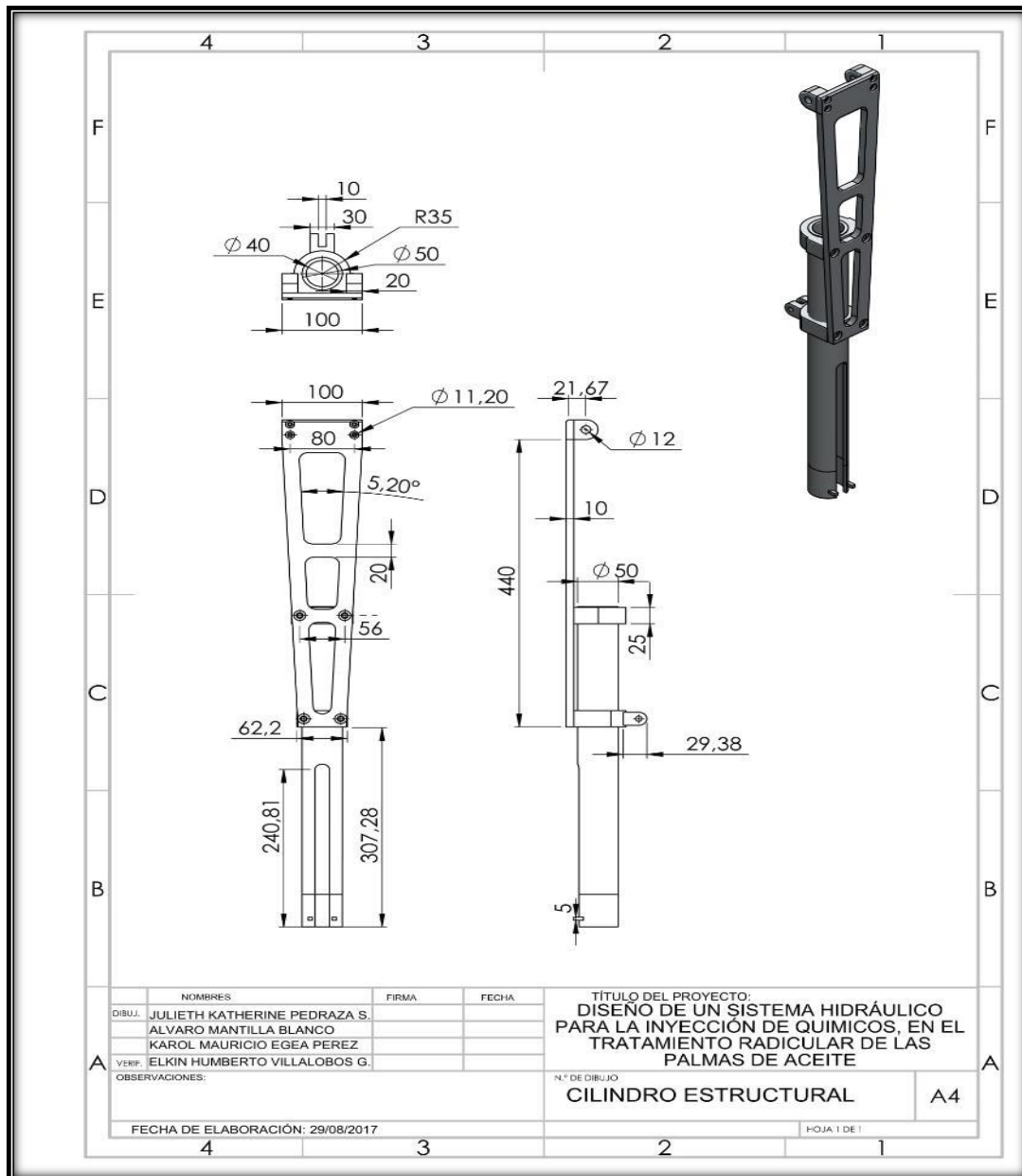
Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción
radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis*
guineensis (palma de aceite).

Versión: 01

Villajes, J. (2010). Diseño y construcción de un banco didáctico con sistemas
mecánicos e hidráulicos de inyección por presión. Ecuador: EPEE.

8. ANEXOS

Anexo 1. Plano de cilindro estructural



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

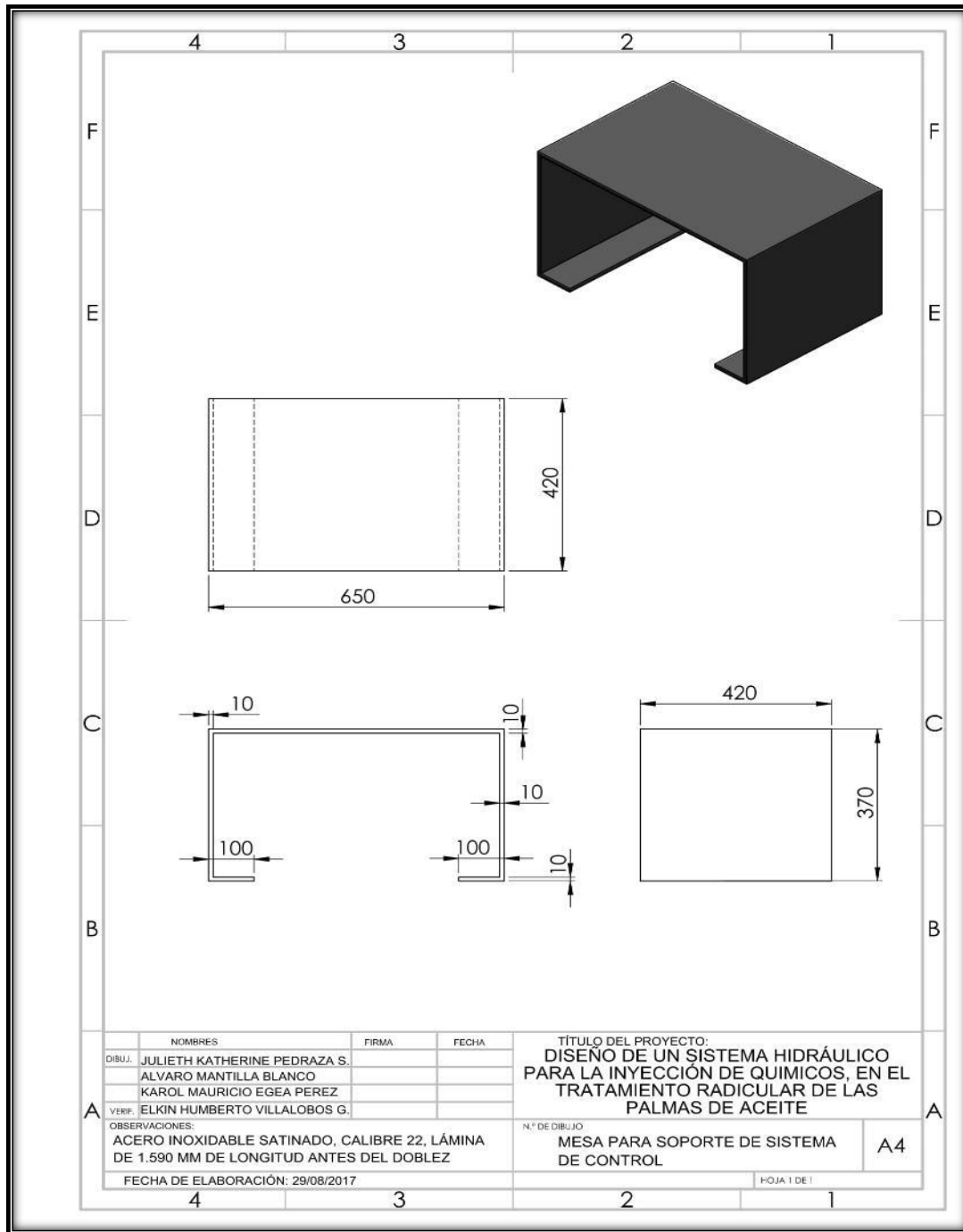
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 2. Plano de mesa para soporte de sistema



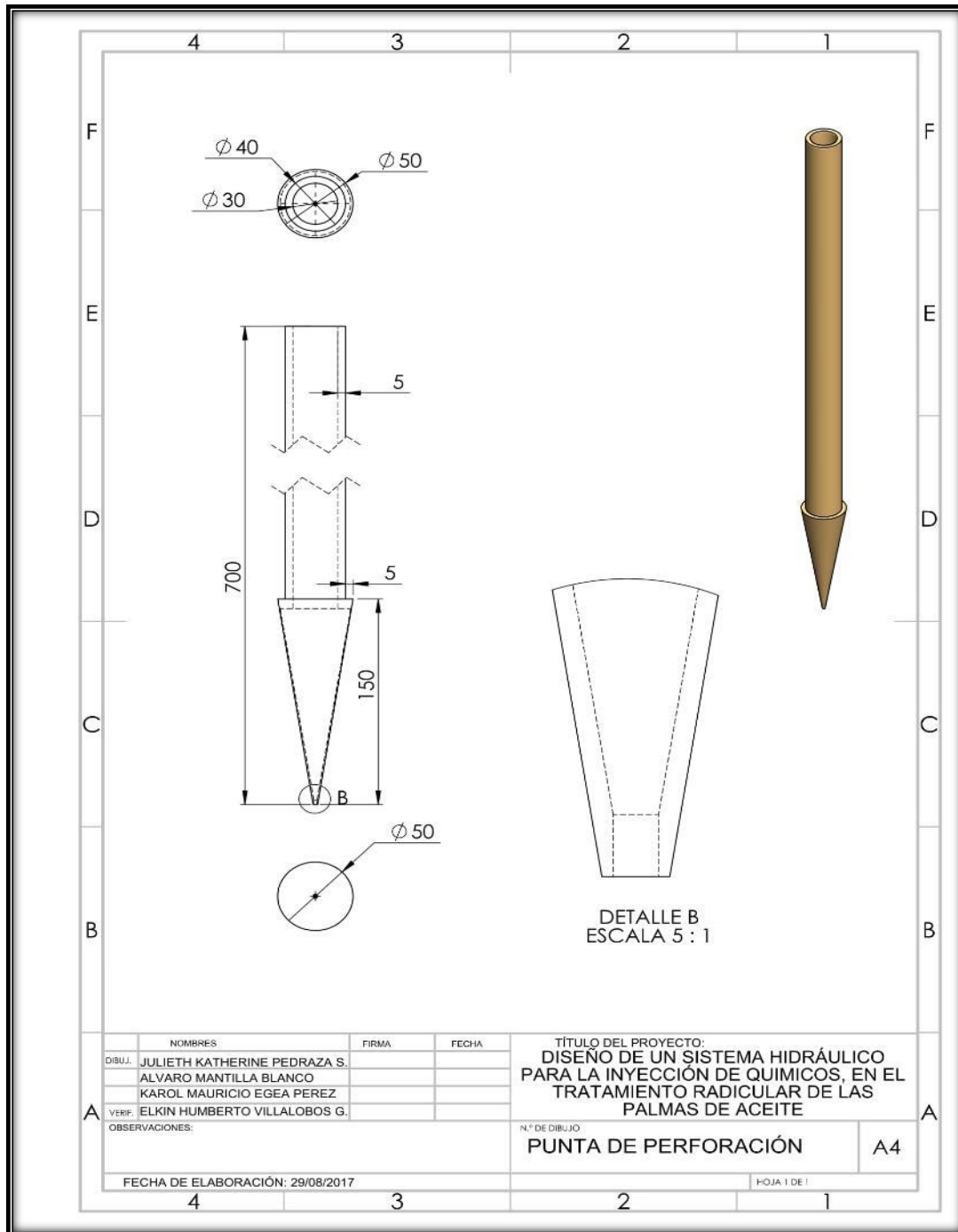
Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Anexo 3. Plano de punta de perforación



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

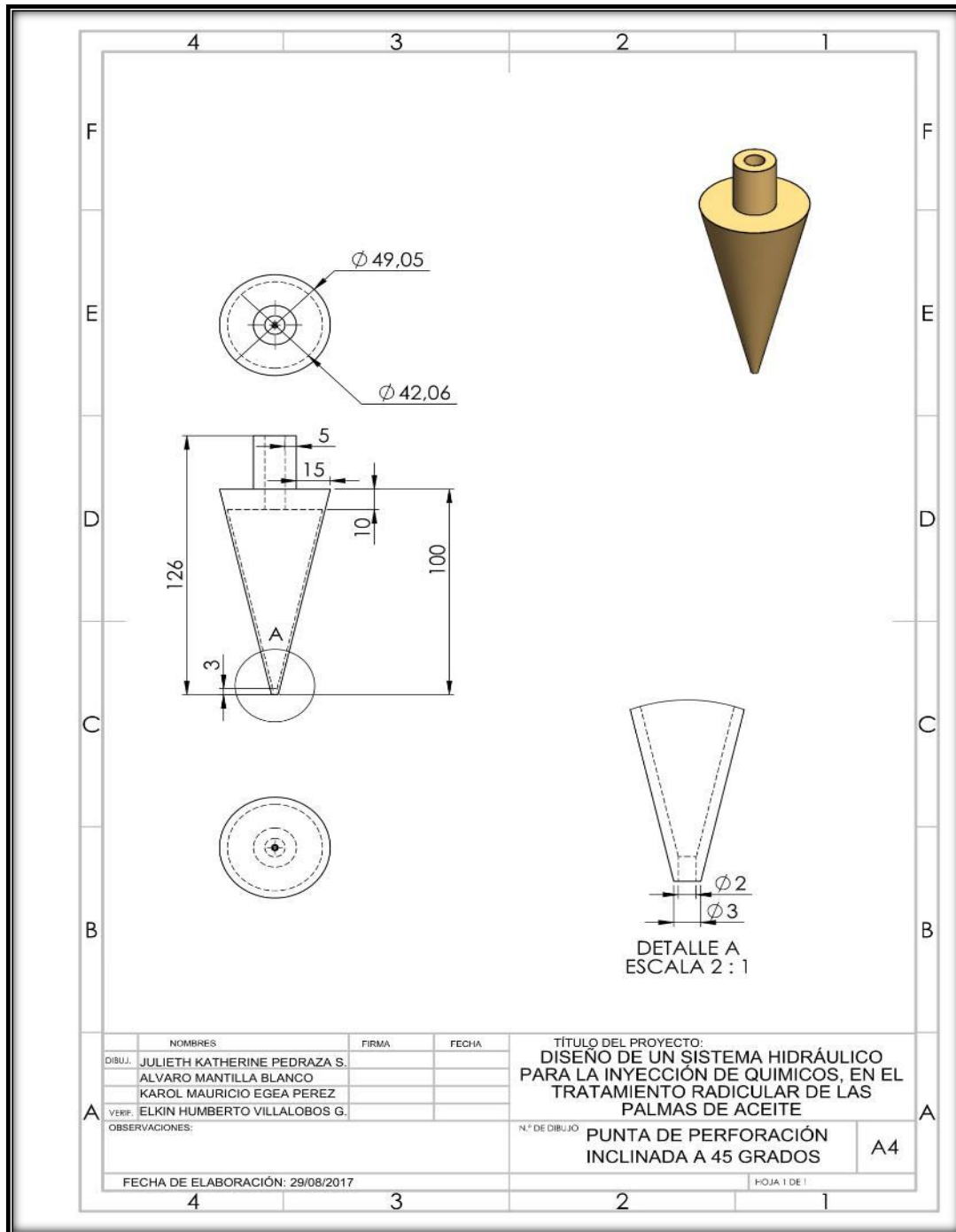
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 4. Plano de punta de perforación inclinada a 45 grados



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

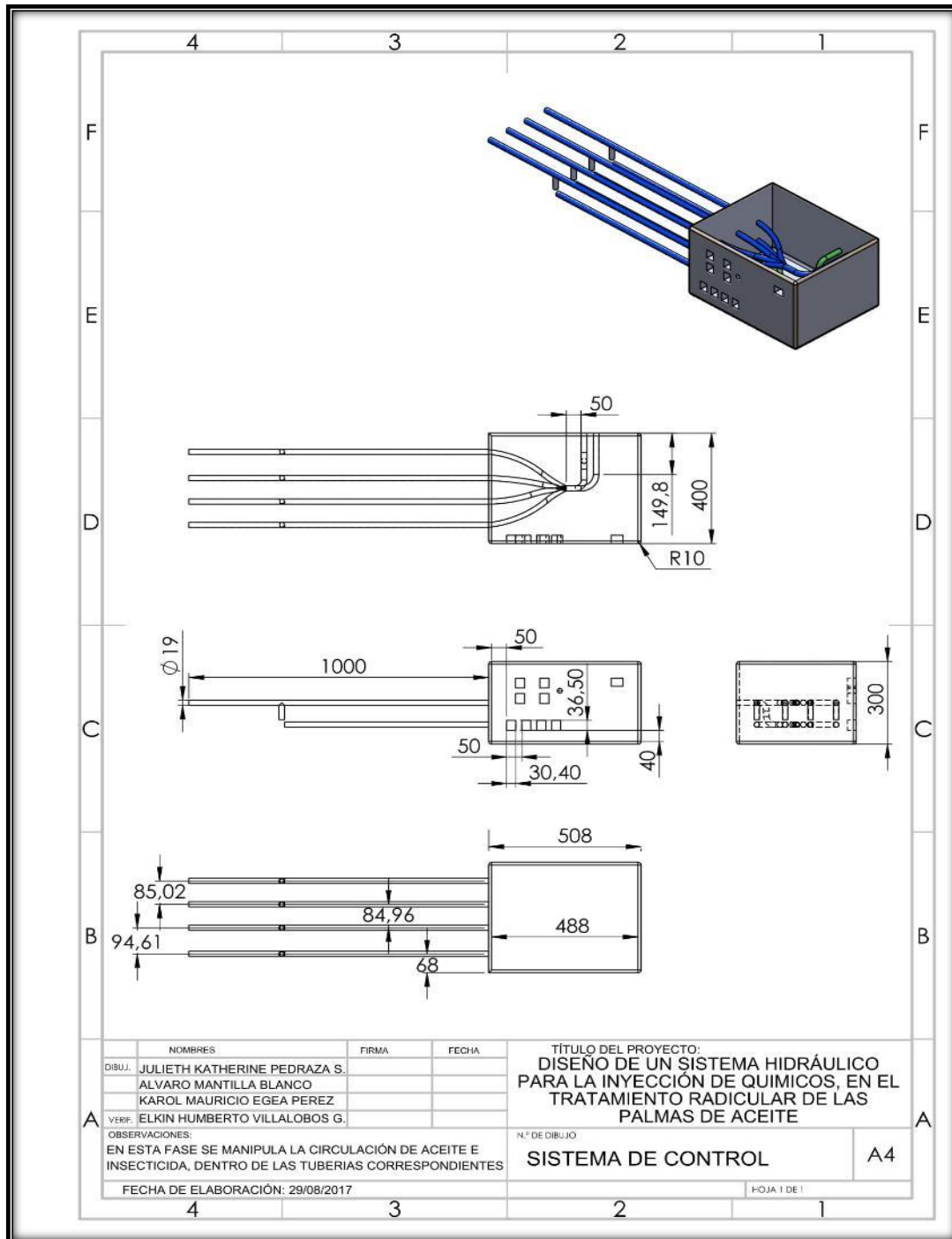
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 5. Plano de sistema de control



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

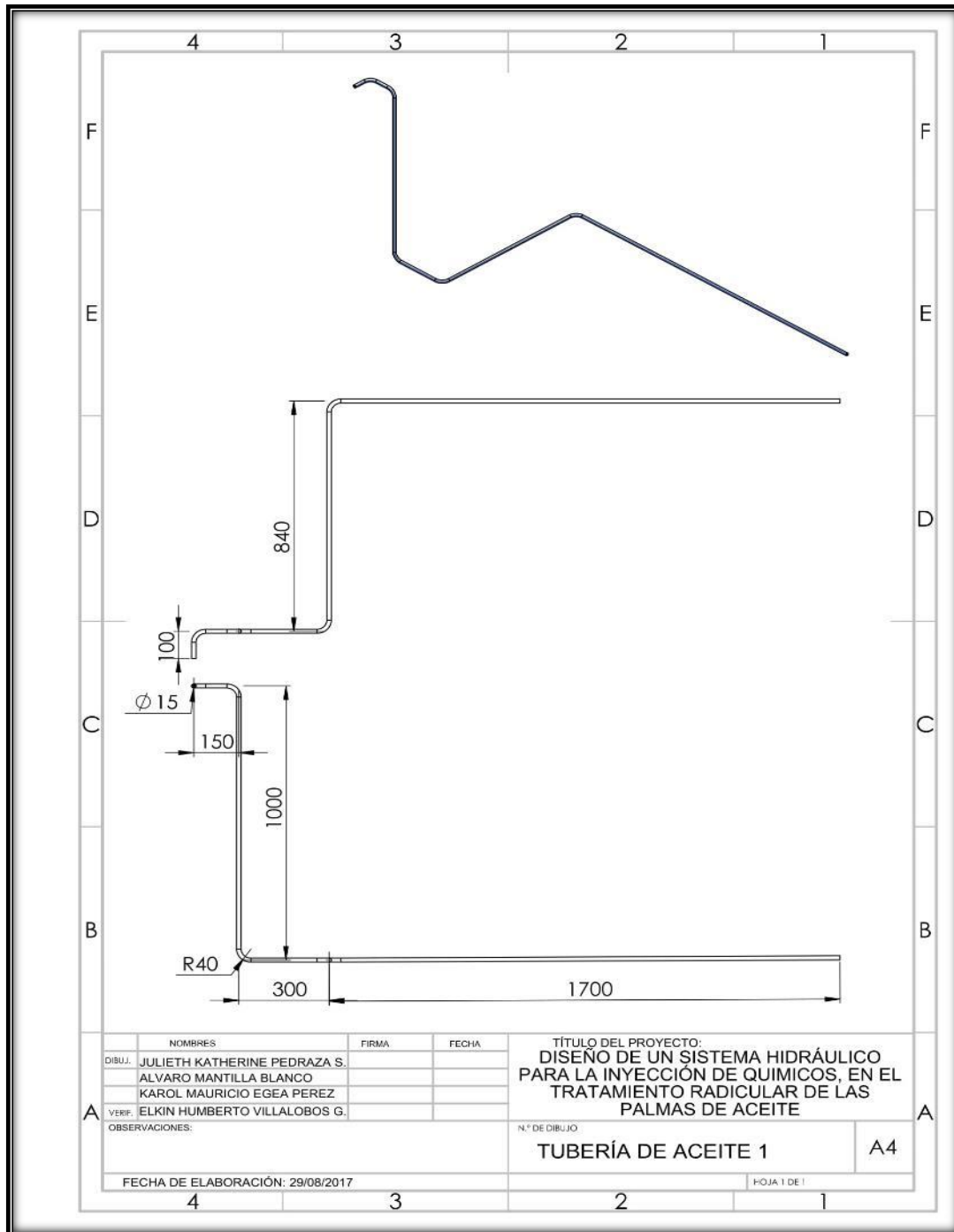
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 6. Plano de tubería de aceite 1



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

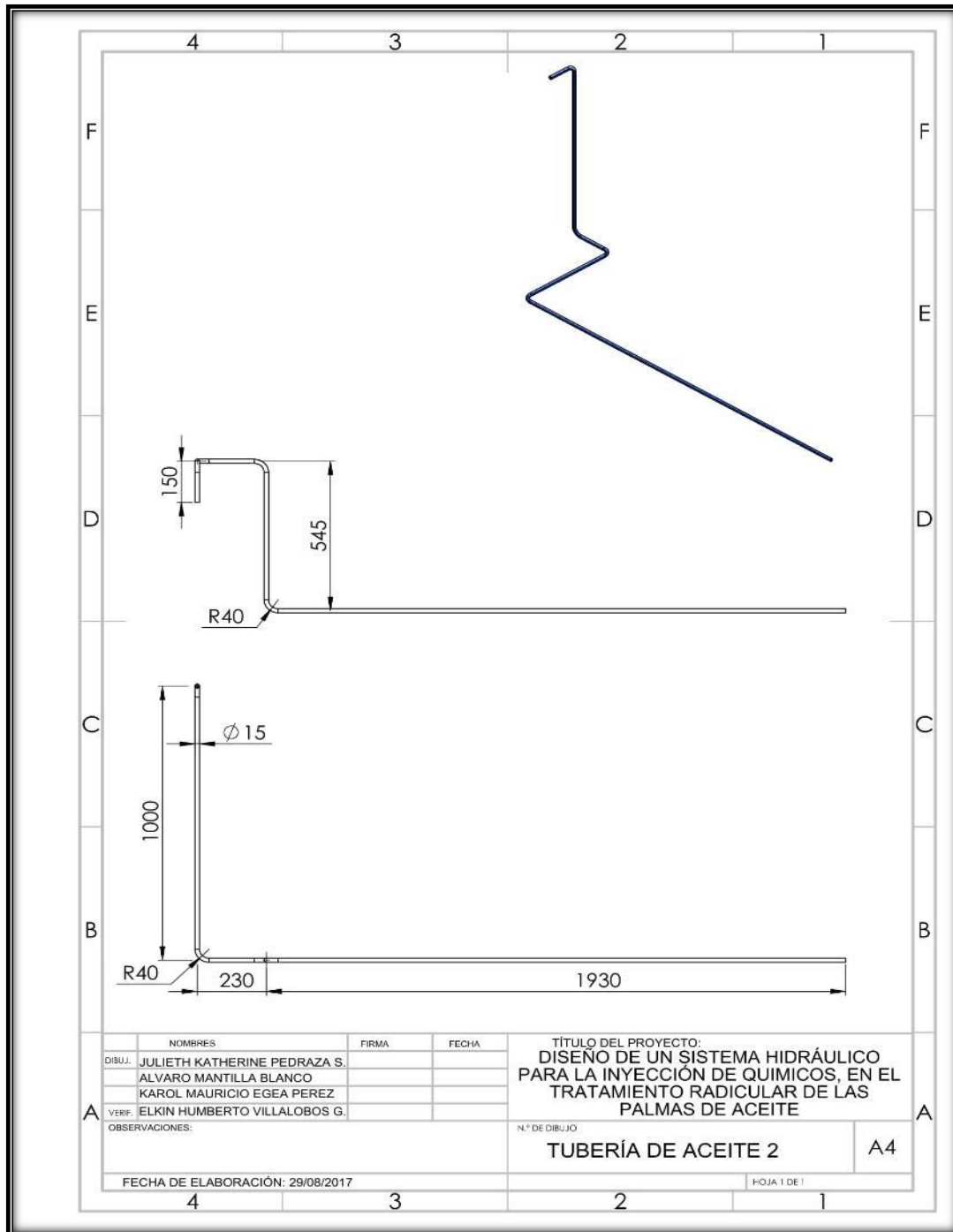
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 7. Plano de tubería de aceite 2



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

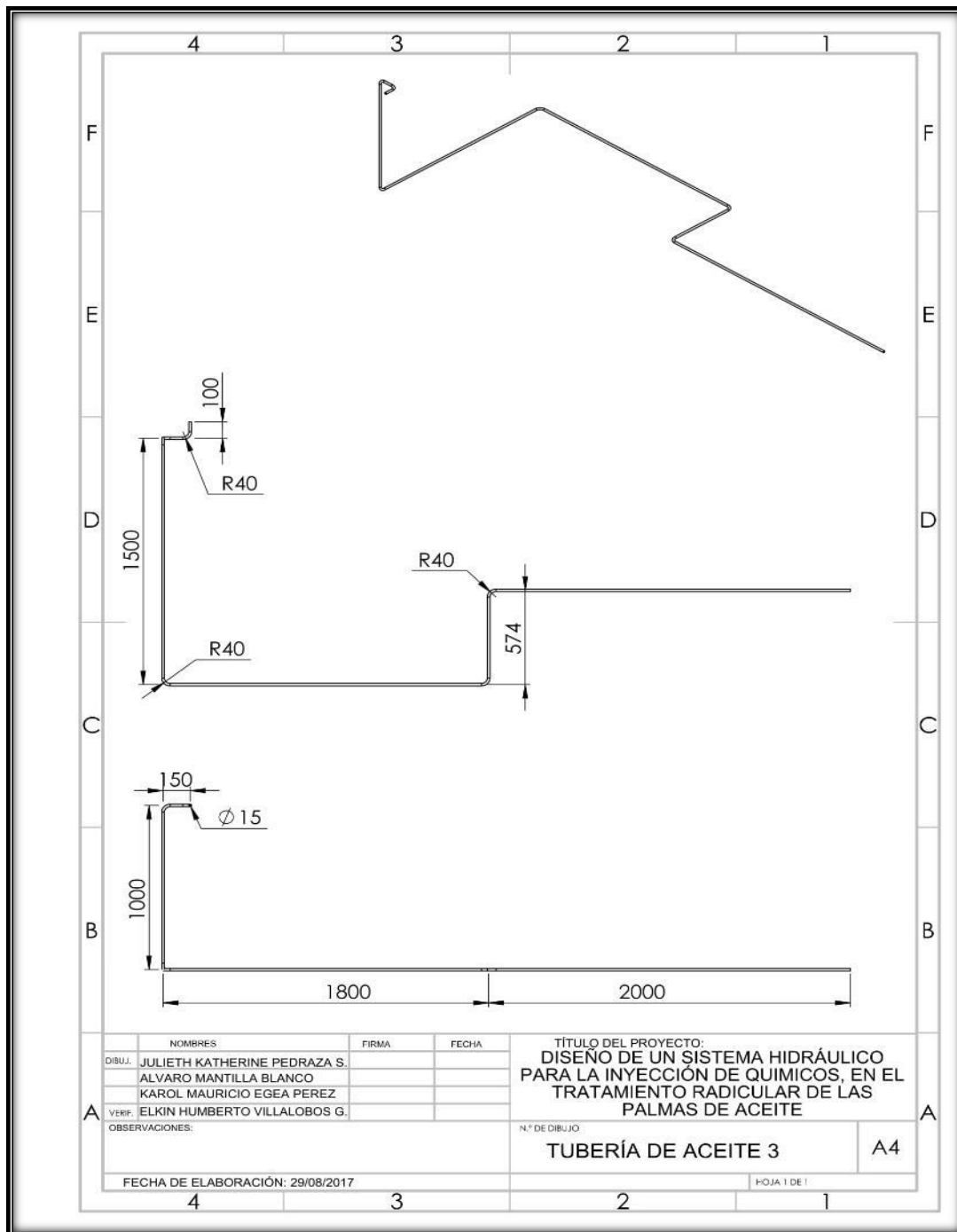
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 8. Plano de tubería de aceite 3



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

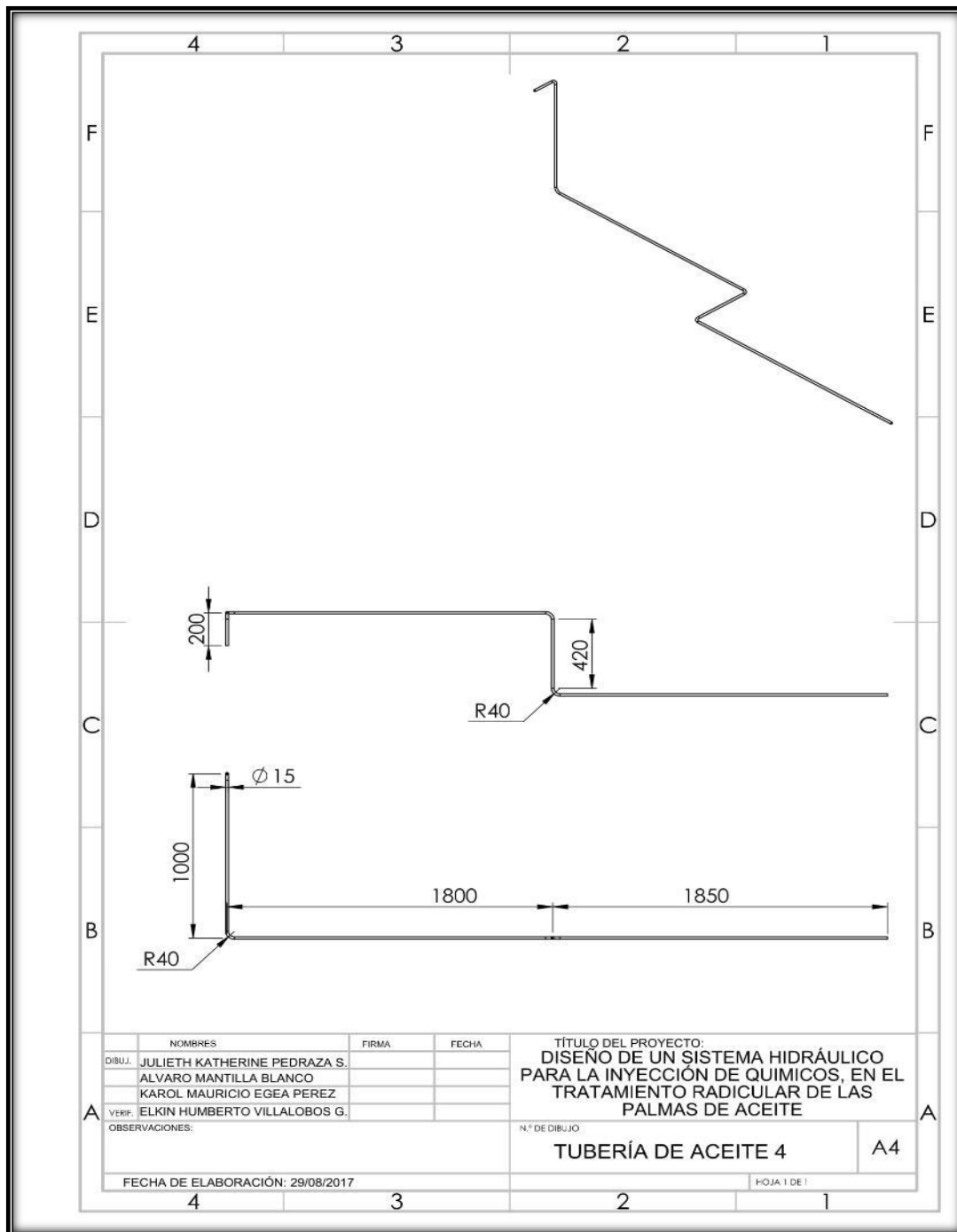
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 9. Plano de tubería de aceite 4



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

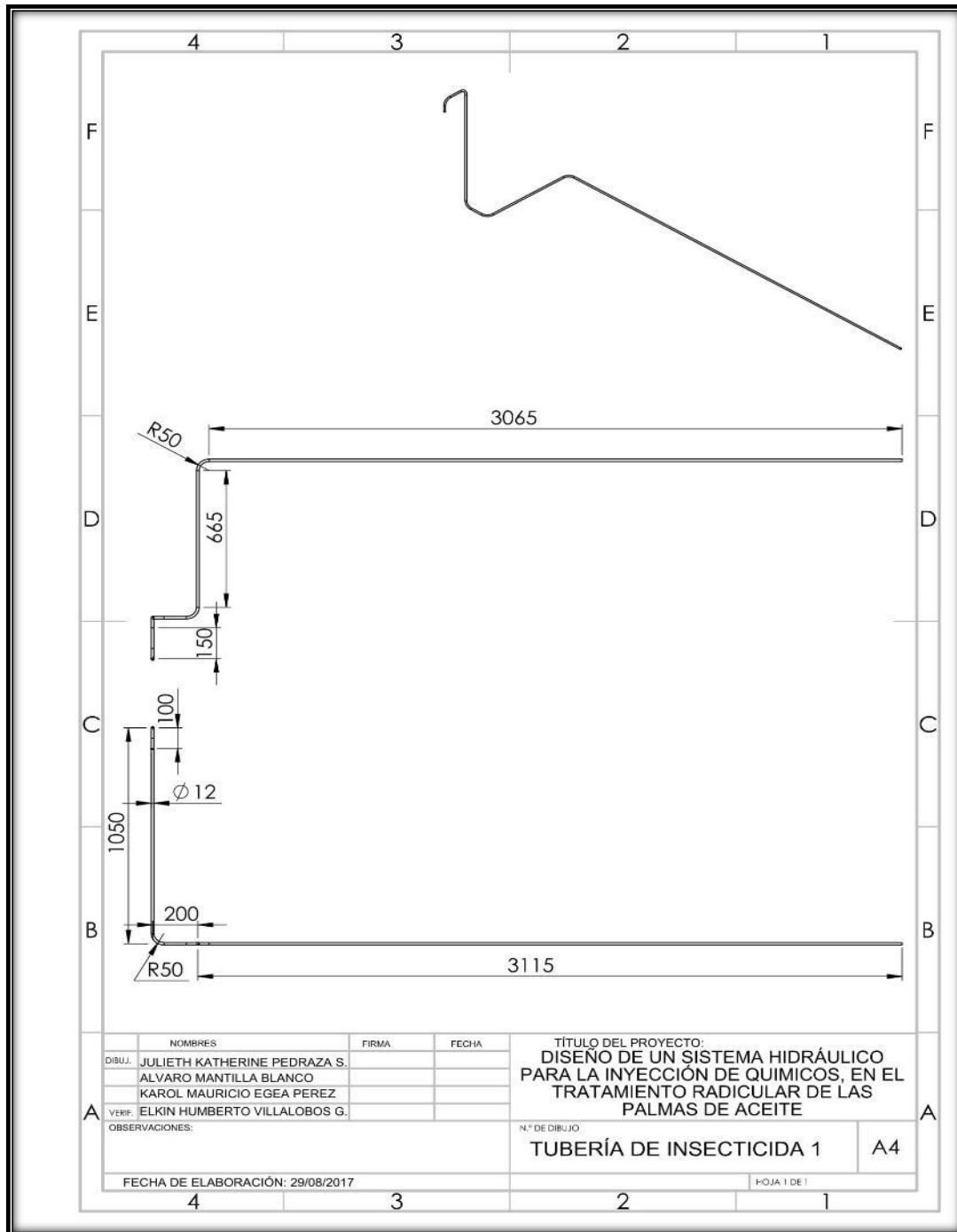
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 10. Plano de tubería de insecticida 1



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

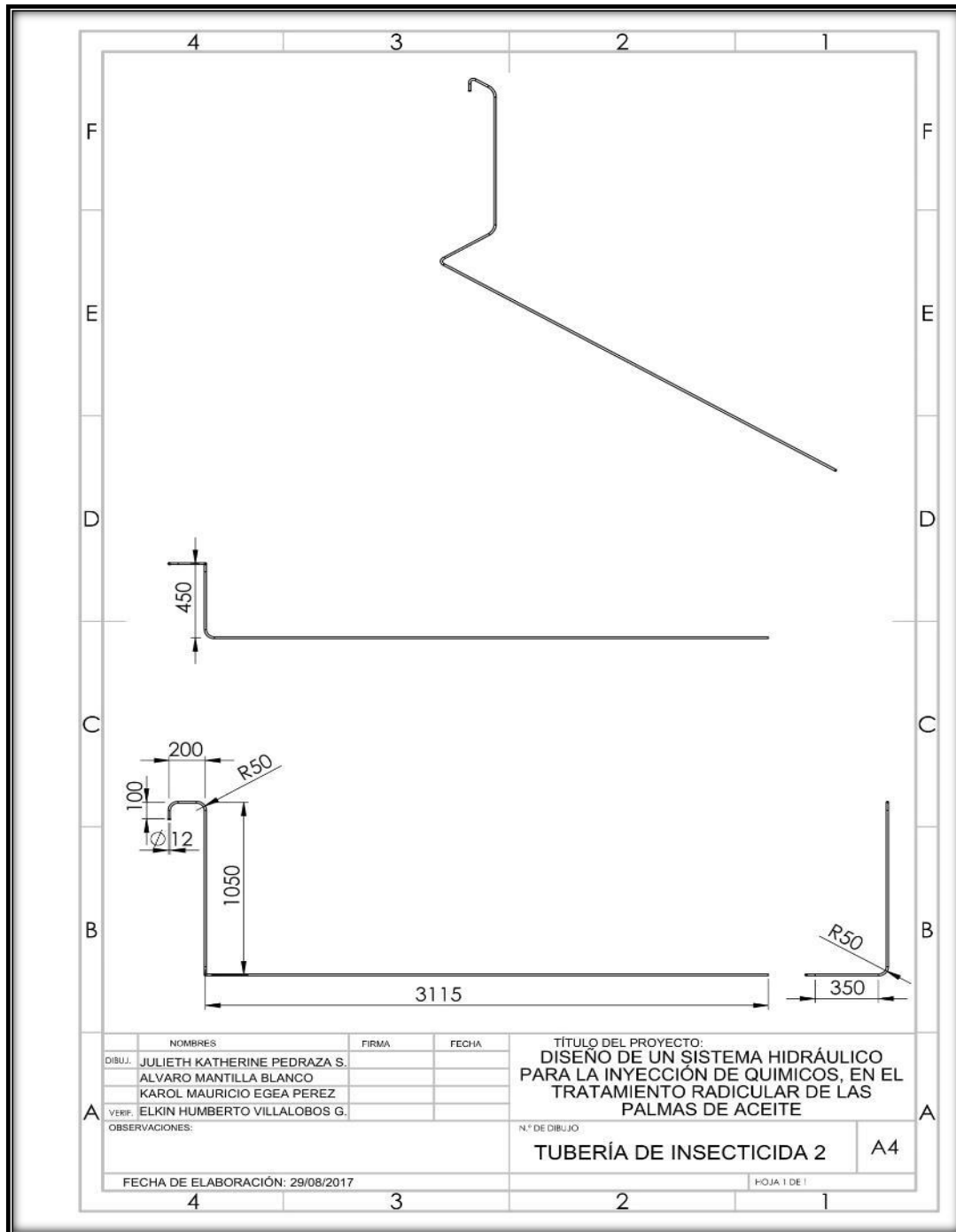
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 11. Plano de tubería de insecticida 2



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

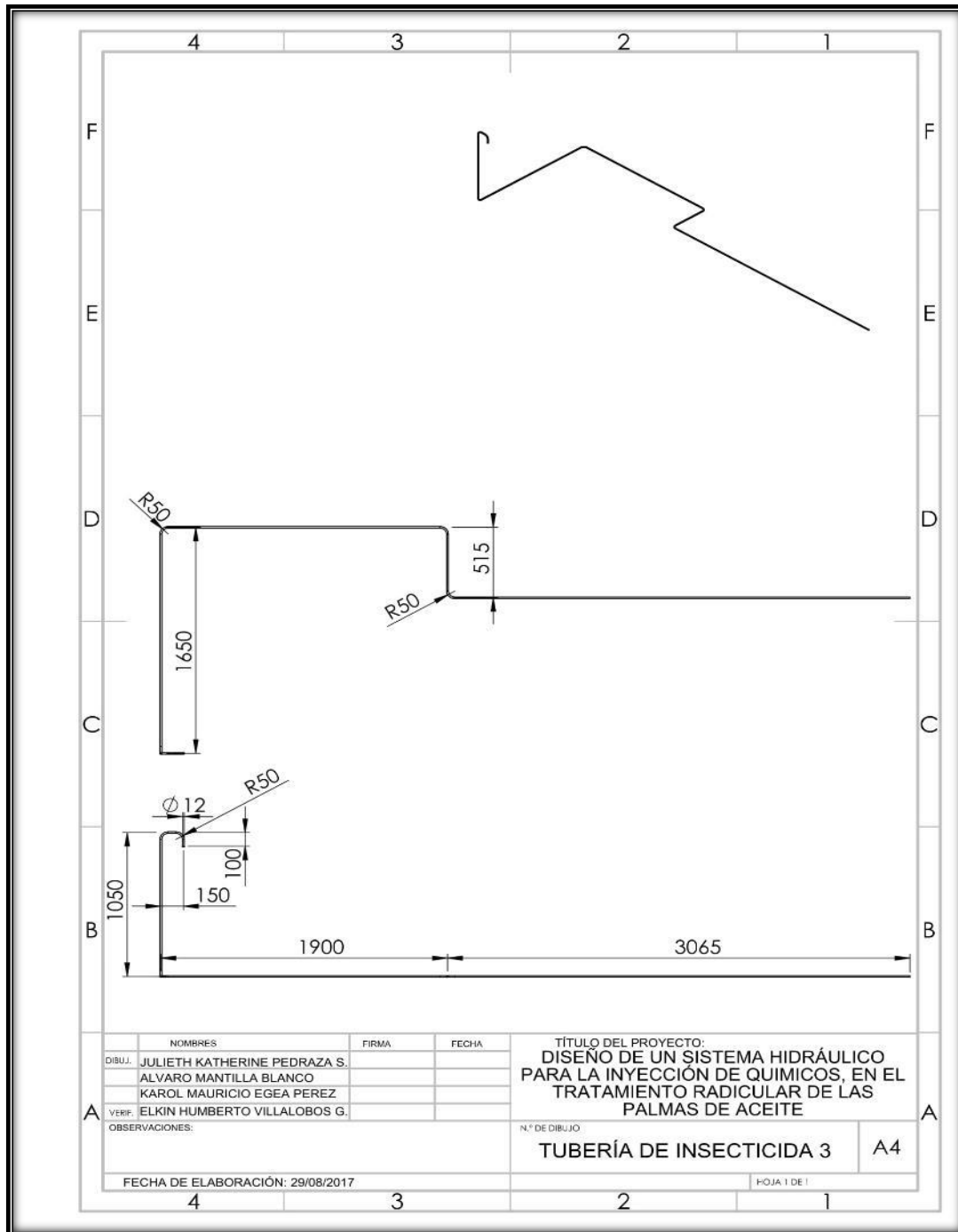
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 12. Plano de tubería de insecticida 3



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

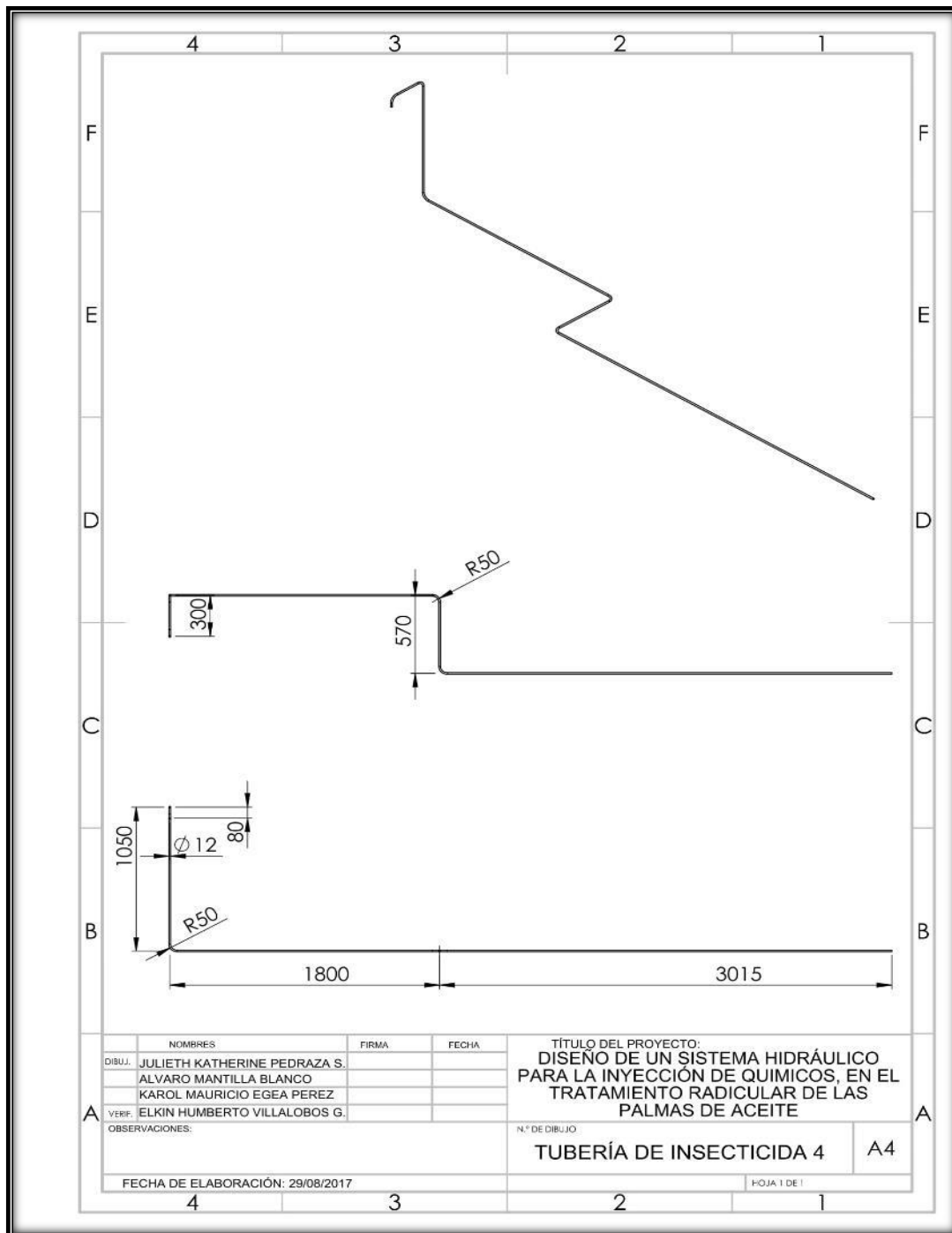
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 13. Plano de tubería de insecticida 4



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

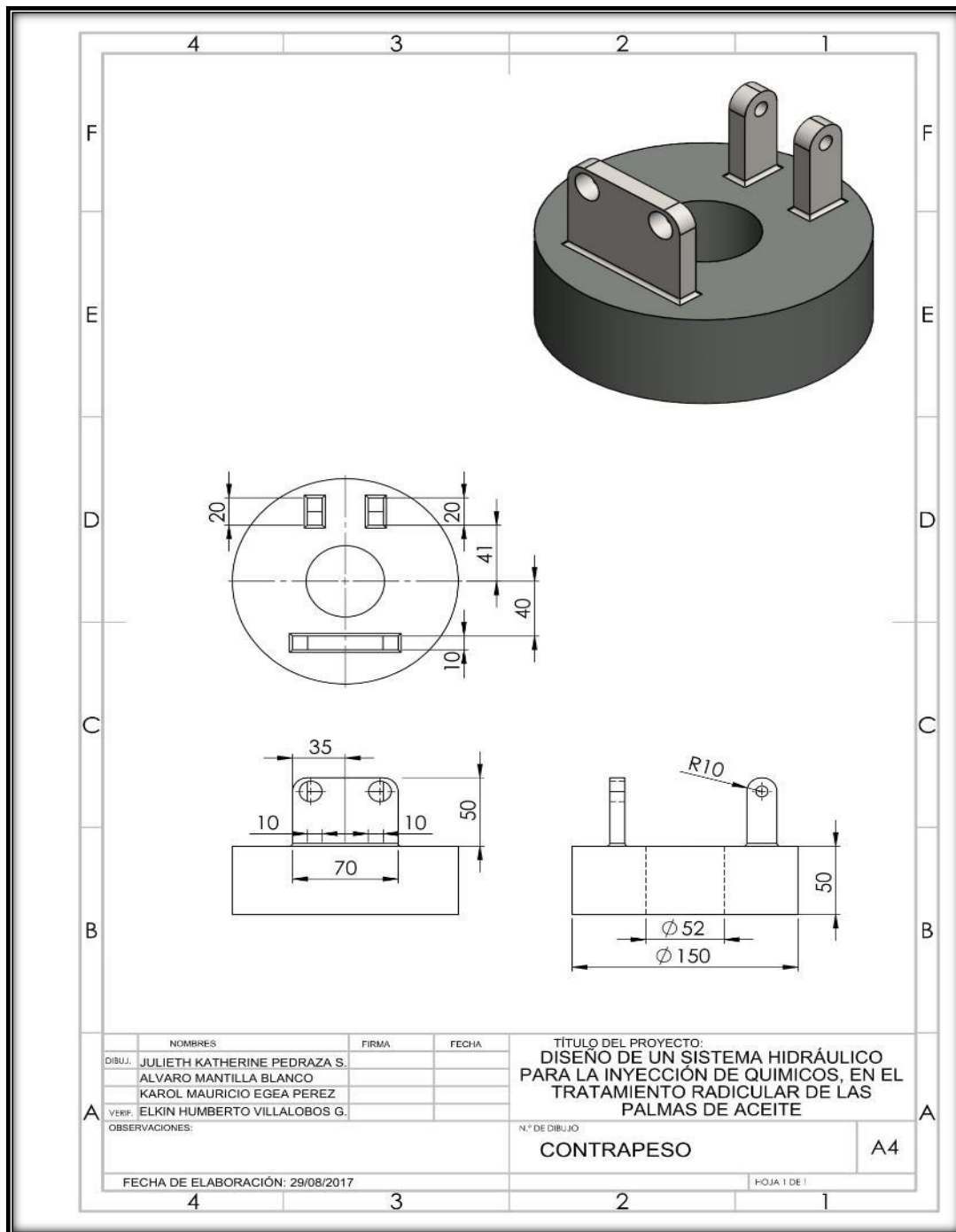
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 14. Plano de contrapeso



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

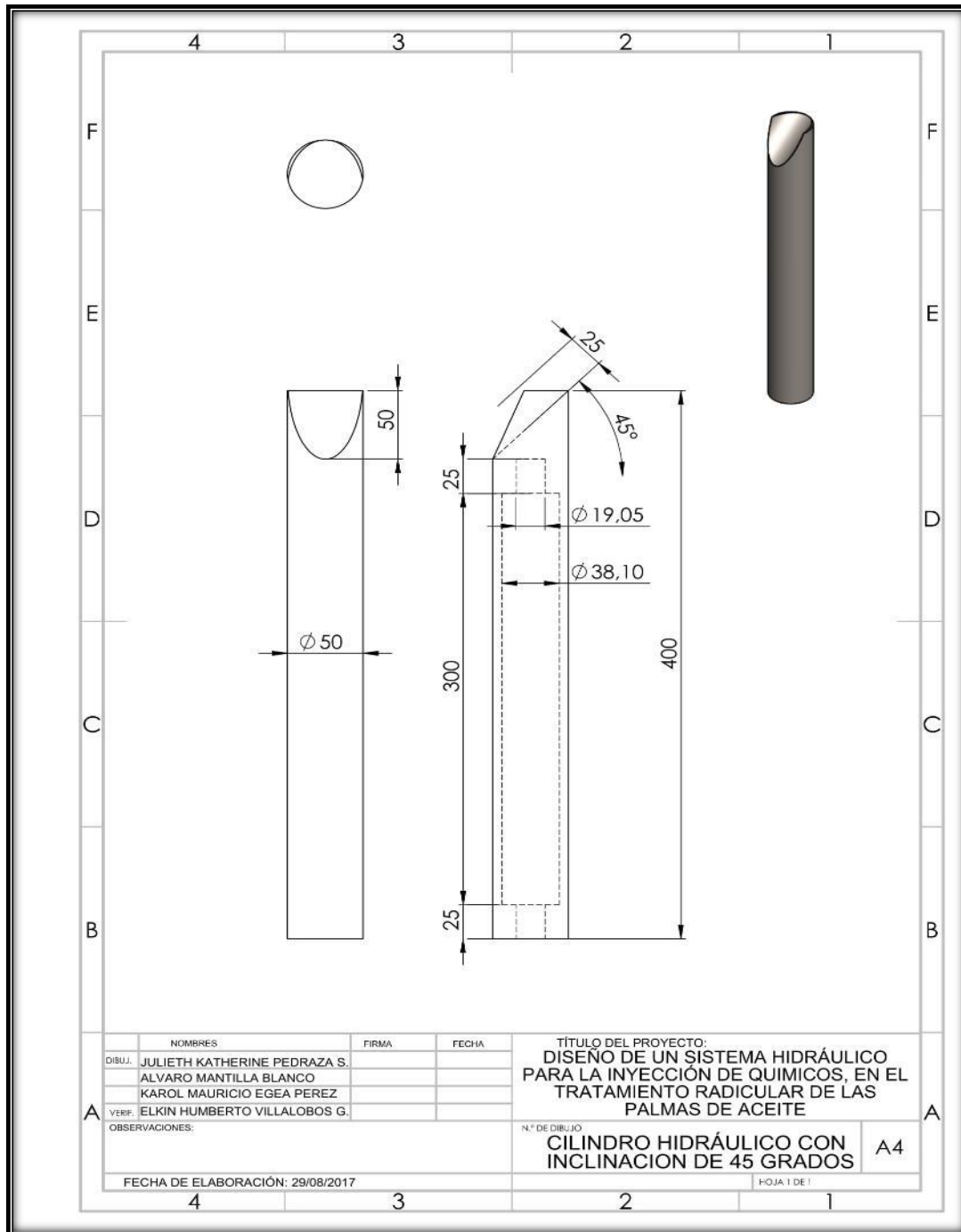
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 15. Plano de cilindro hidráulico con inclinación de 45 grados



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

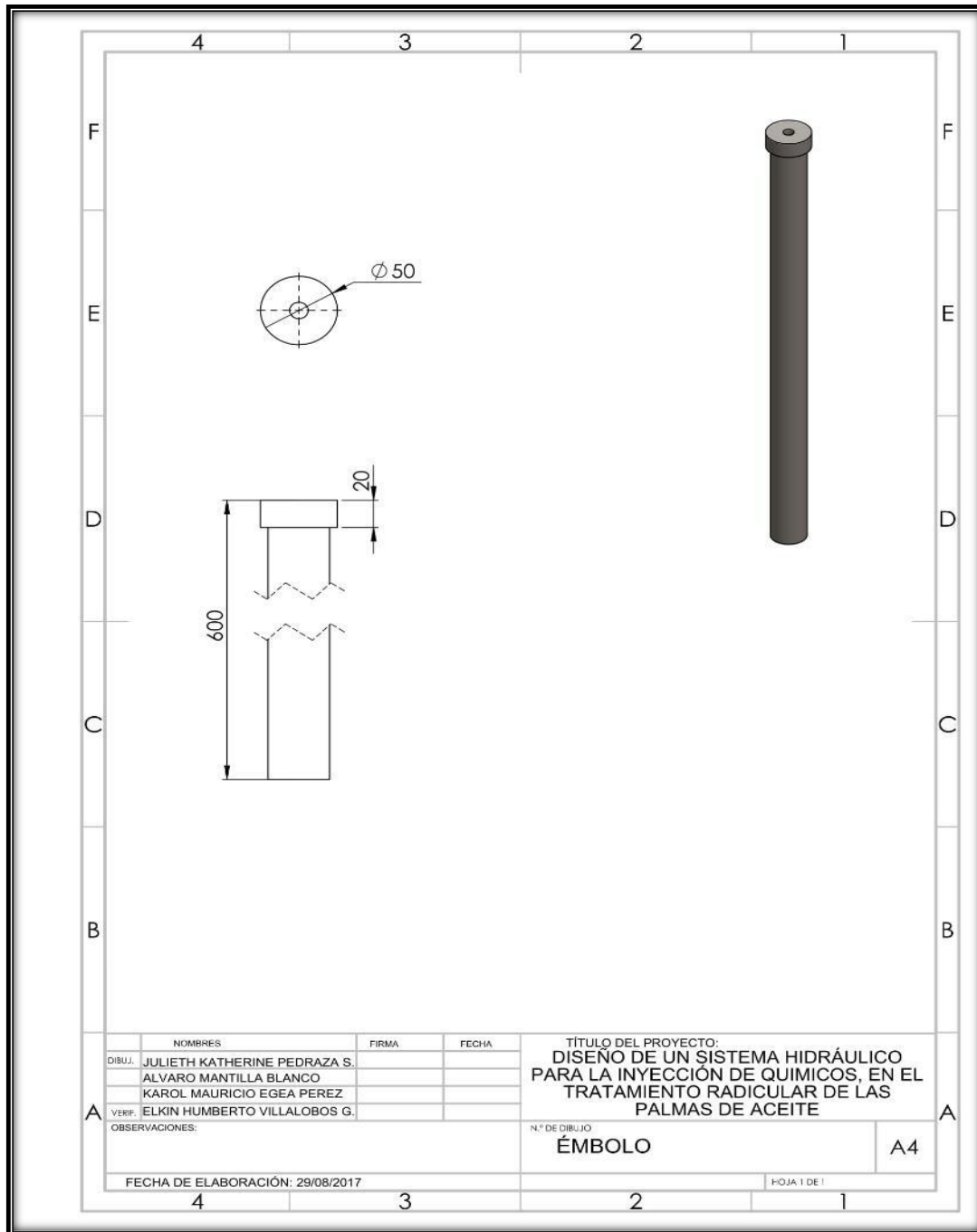
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 16. Plano embolo



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

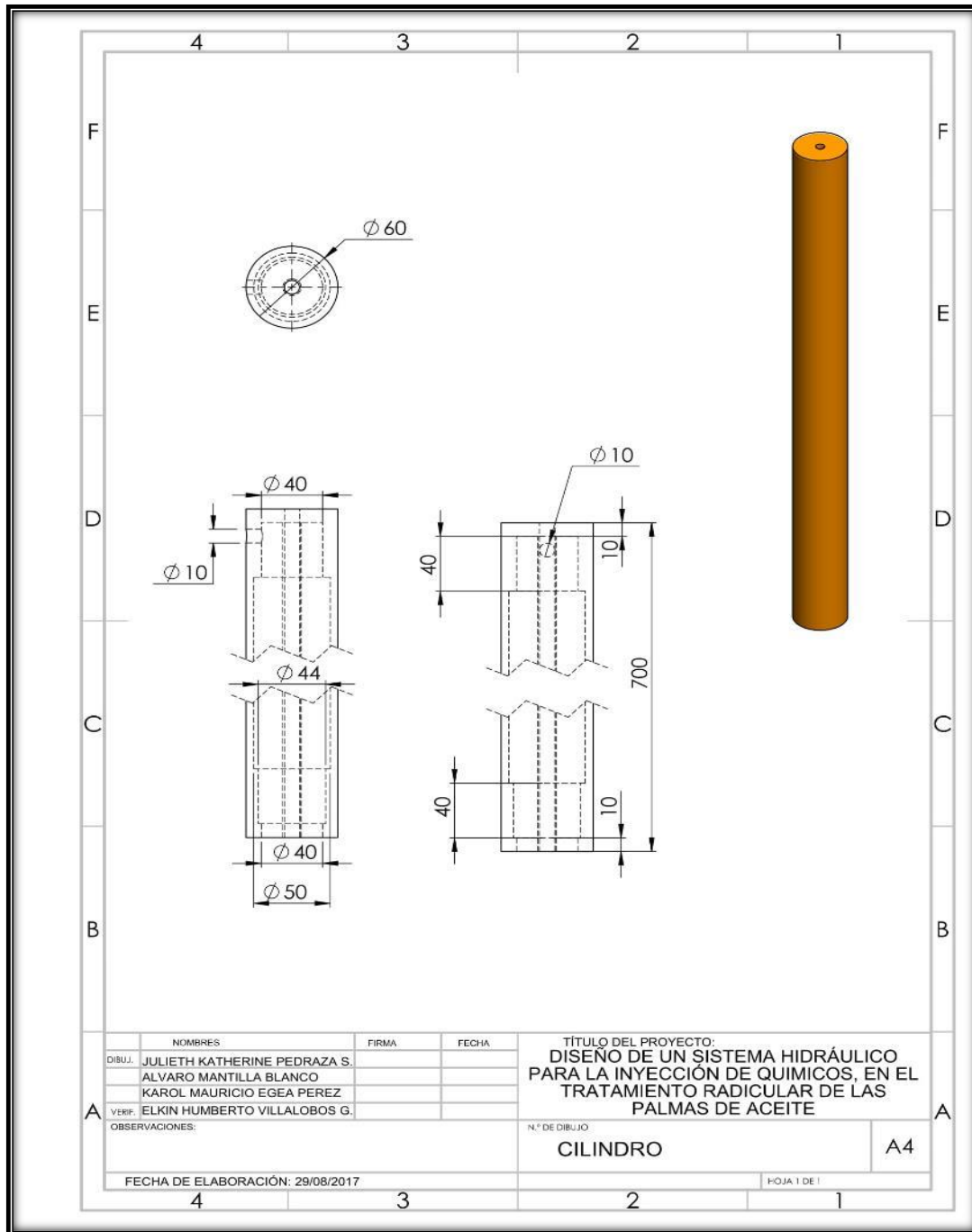
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 17. Plano cilindro



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

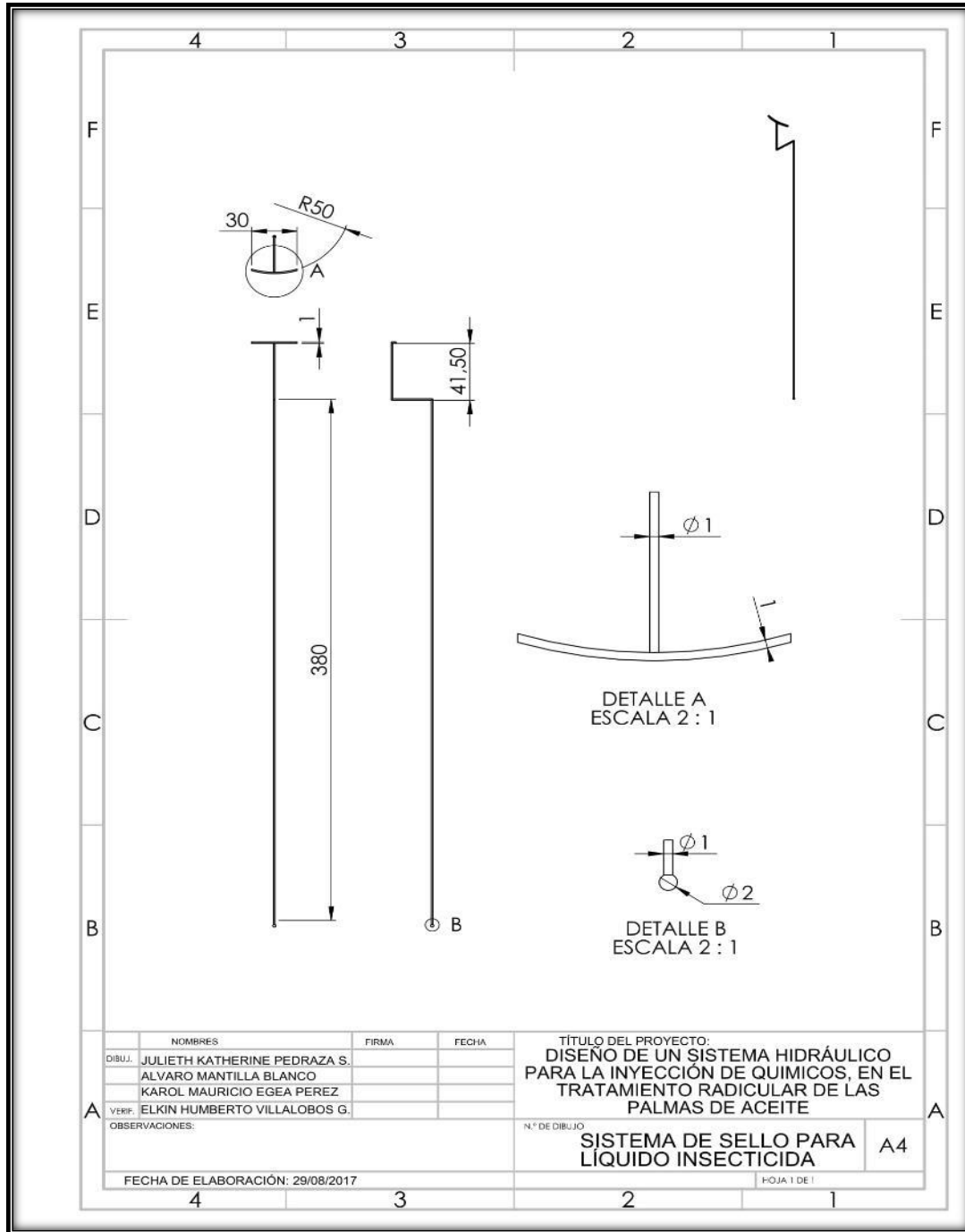
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 18. Sistema de sello para líquido insecticida



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

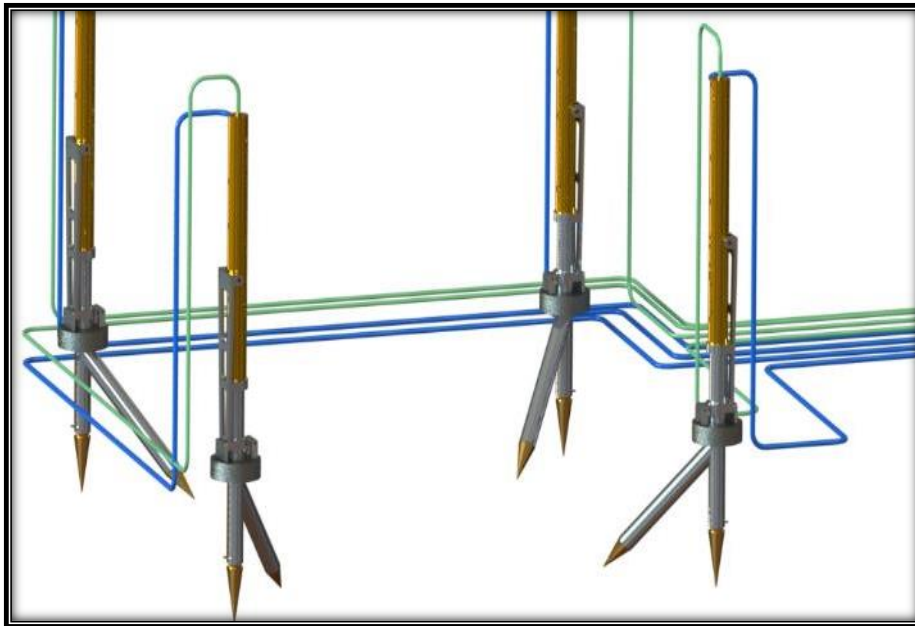
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

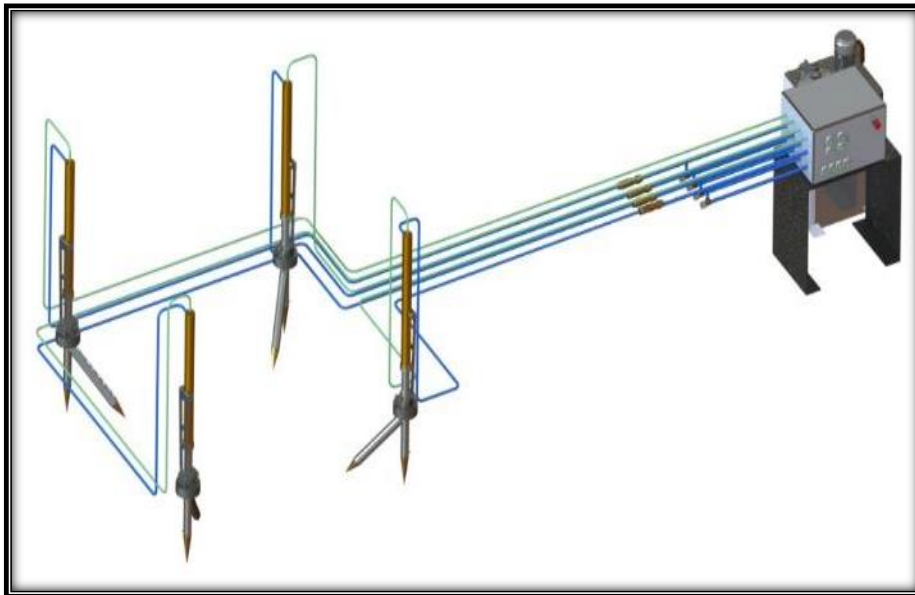
Versión: 01

Anexo 19. Sistema de inyección



Fuente: Autor

Anexo 20. Vista isométrica



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

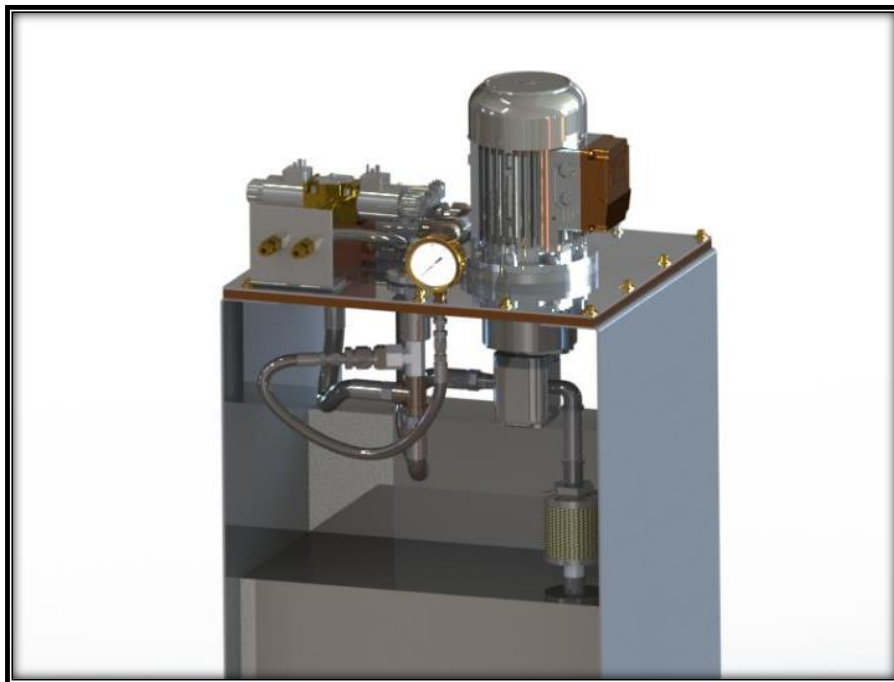
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

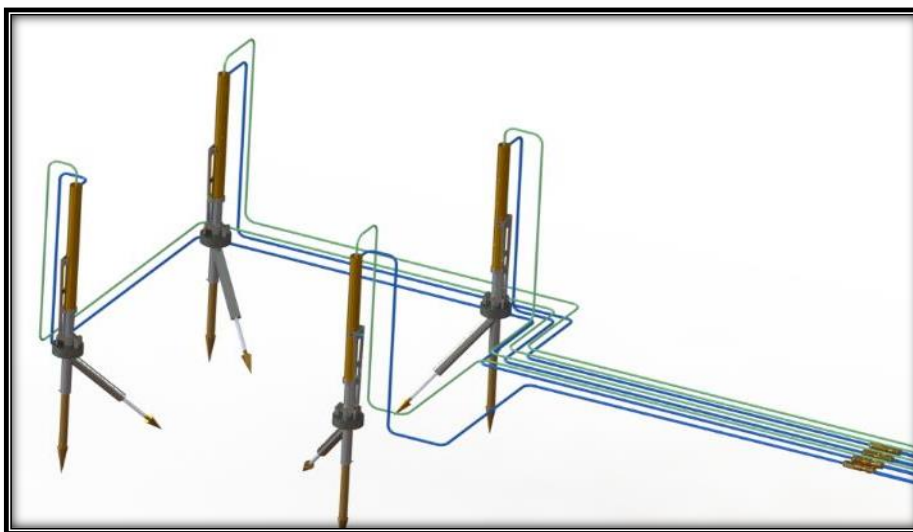
Versión: 01

Anexo 21. Ensamble de bomba hidráulica y piezas mecánicas.



Fuente: Autor

Anexo 22. Ensamble de líneas de inyección



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

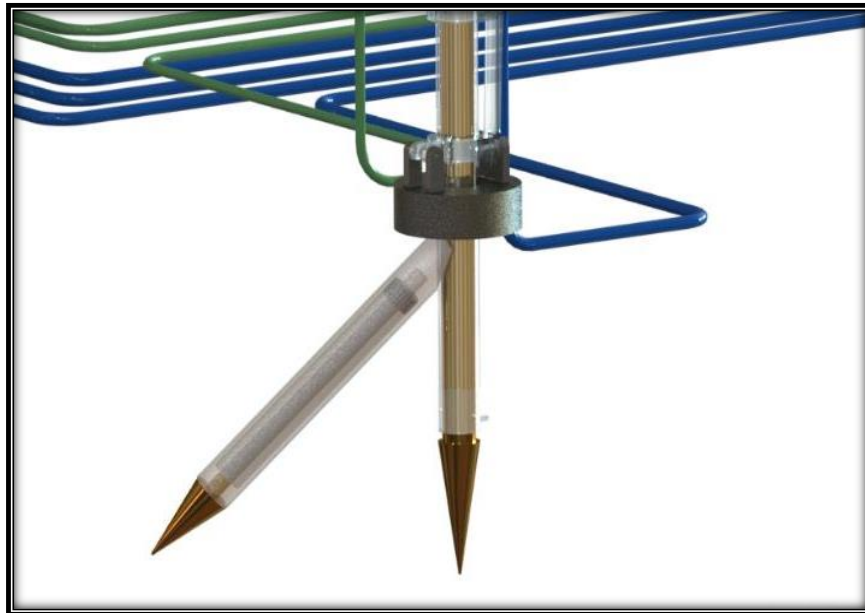
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

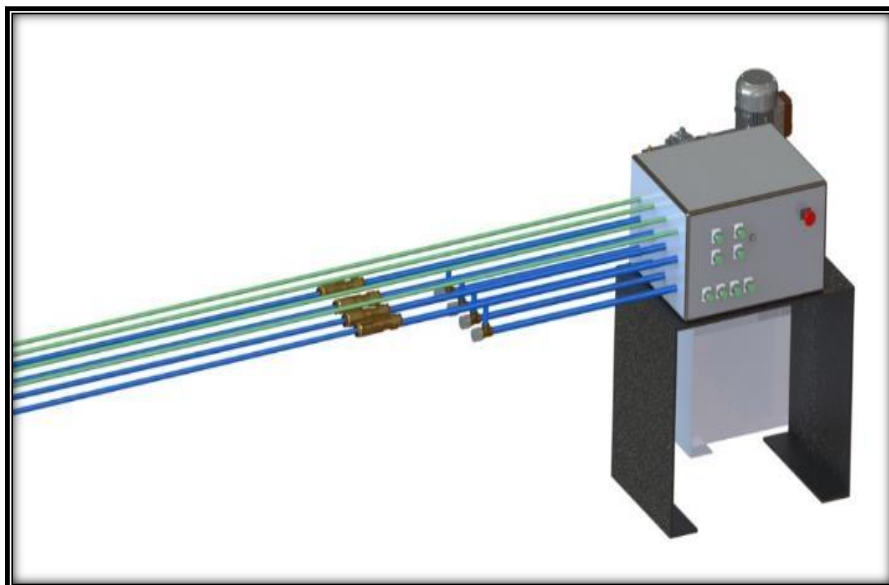
Versión: 01

Anexo 23. Ensamble de contrapeso



Fuente: Autor

Anexo 24. Unión de líneas y válvulas de retención



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

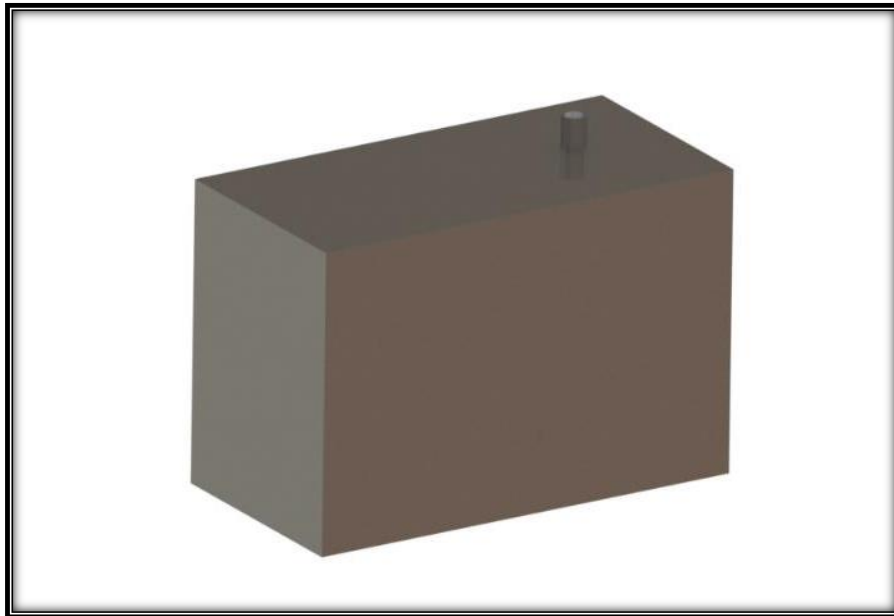
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

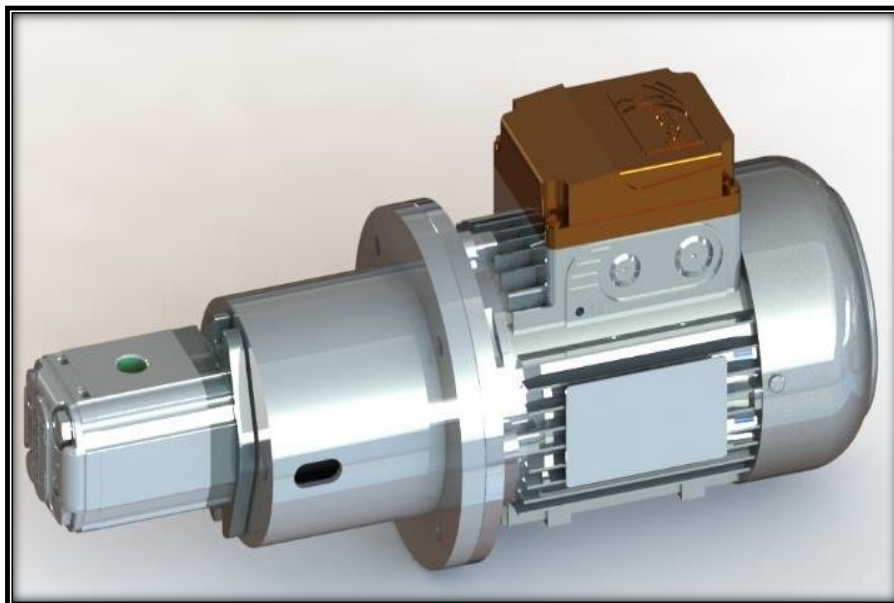
Versión: 01

Anexo 25. Tanque de almacenamiento



Fuente: Autor

Anexo 26. Moto bomba 3 Hp



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Anexo 27. Unión rápida de mangueras



Fuente: Autor

Anexo 28. Insecticidas

EVALUACION DE VARIOS INSECTICIDAS APLICADOS POR ABSORCIÓN EN EL CONTROL DE STENOMA CECROPIA Y EUPROSTERNA ELAEASA								
EUPROSTERNA ELAEASA					STENOMA CECROPIA			
Producto Grms.	Larvas antes/trat	Larvas desp./trat	Días desp.	% cont.	Larvas antes/trat.	Larvas desp. /trat.	Días desp.	% cont.
Monocrotofos 8.4 ca./palma	304	56	15	81.0	176	0	20	100
Dicrotofos 7.6 ca./palma	130	16	11	85.4	32	0	5	100
Testigo	121	102	11	--	32	27	11	--
Acefato 7.0 ca./palma	142	80	8	33.2	--	--	--	--
Triclorfon 1.2 ca./palma	116	65	11	33.5	54	5	11	89.0

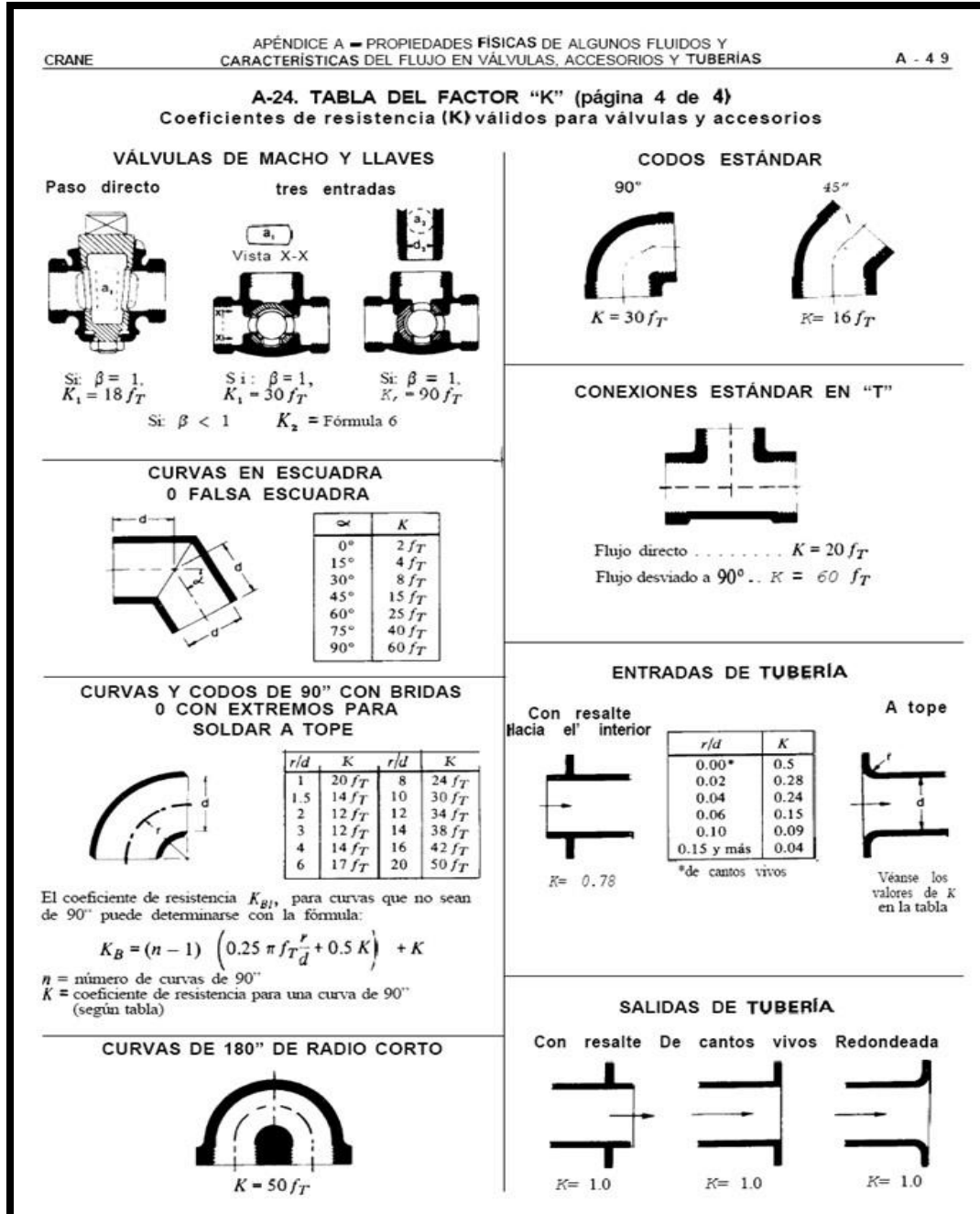
Fuente: Autor

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 29. Tabla de factor K continuación



Fuente: CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Mexico: CUCI, sd. p. 49.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

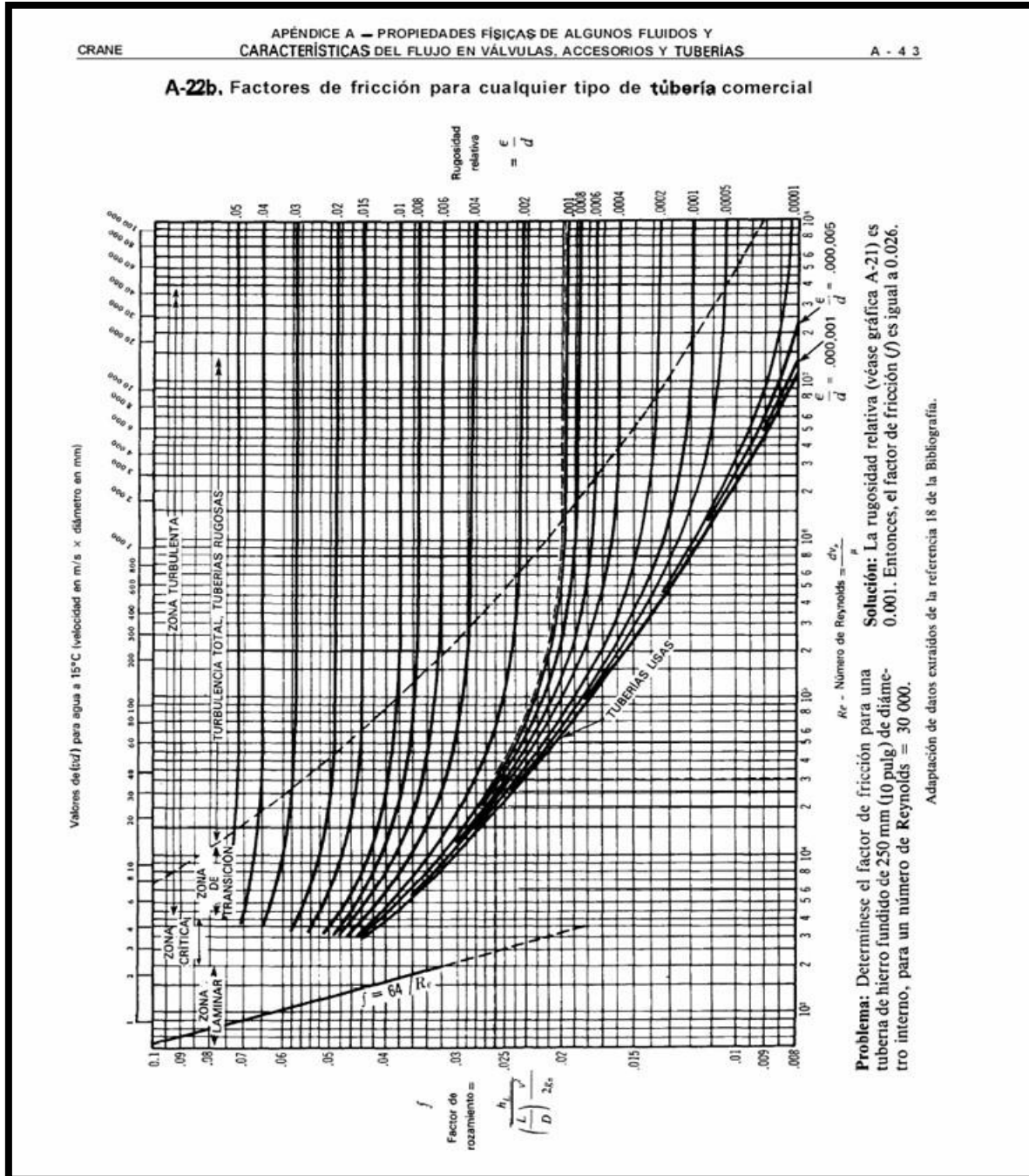
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 30. Factor de fricción diagrama de Moody



Fuente: CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México: CUCEI, sd. p. 43.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

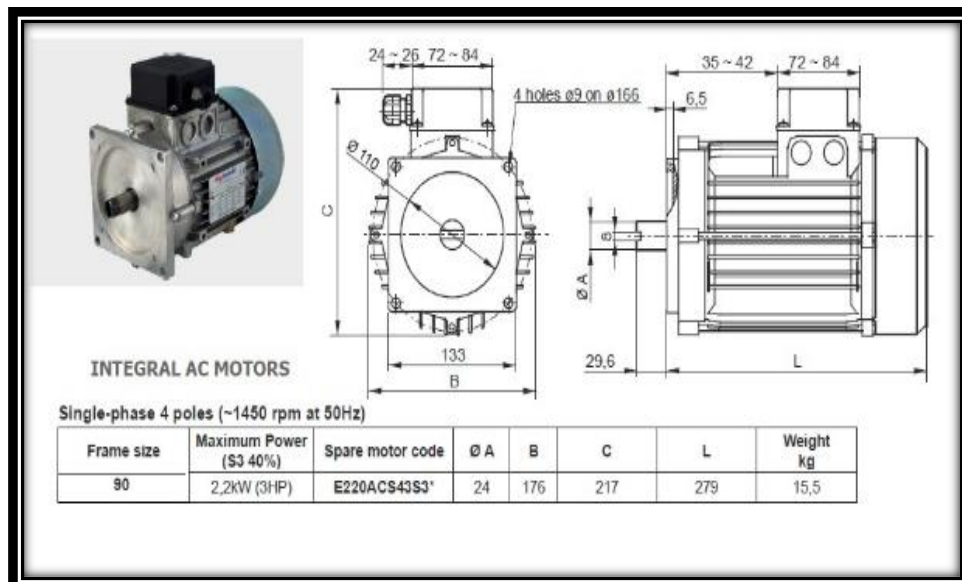
Versión: 01

Anexo 31. Presión máxima

Para 240 BAR (3480 PSI) (Presión Máxima).		
Cilindro (Pulgadas)	Área (cm ²)	Carga (Kg)
1"	5,06	1214
2"	20,27	4865
2 ½"	31,67	7601
3"	45,60	10944
3 ½"	62,07	14897
4"	81,07	19457

Fuente: HIDRAULICA MECANICA ELECTRONICA Y CONTROL INDUSTRIAL. [sitio web]. Sd: HIMELCO LTDA. [Consulta: 28 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 32. Motor eléctrico 3 Hp



Fuente: HIDRAULICA MECANICA ELECTRONICA Y CONTROL INDUSTRIAL. [sitio web]. Sd: HIMELCO LTDA. [Consulta: 28 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

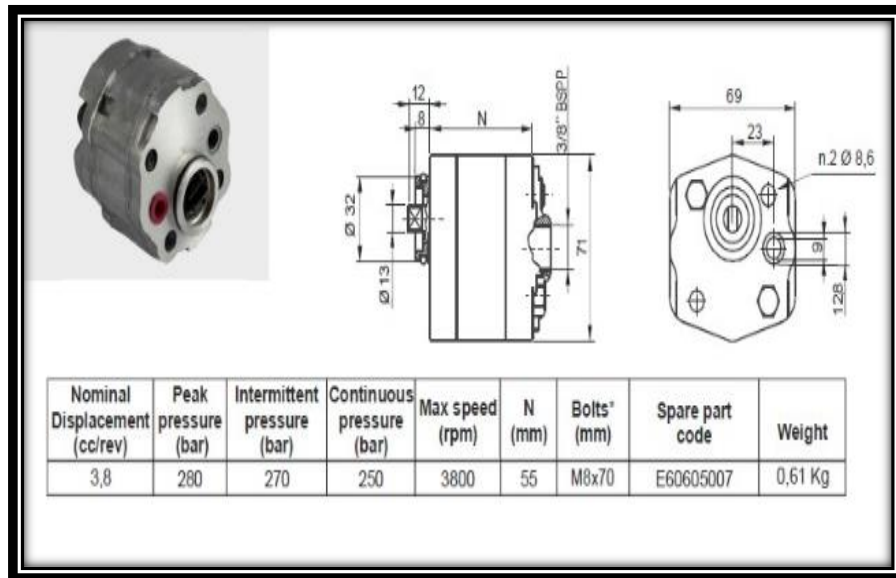
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

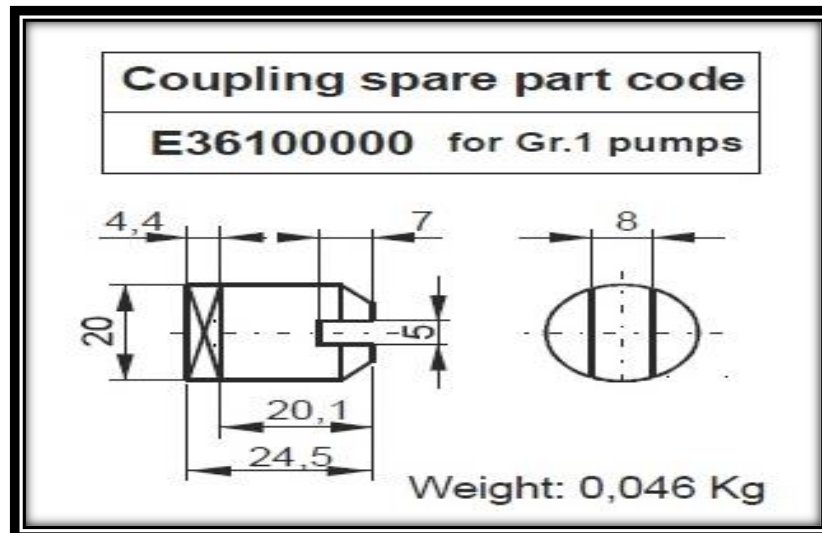
Versión: 01

Anexo 33. Bomba de engranajes



Fuente: HIDRAULICA MECANICA ELECTRONICA Y CONTROL INDUSTRIAL. [sitio web]. Sd: HIMELCO LTDA. [Consulta: 28 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 34. Acople de motor



Fuente: HIDRAULICA MECANICA ELECTRONICA Y CONTROL INDUSTRIAL. [sitio web]. Sd: HIMELCO LTDA. [Consulta: 28 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

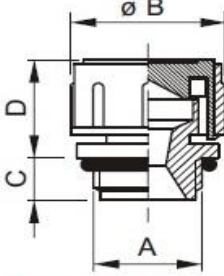
R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotopos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 35. Tapón de drenaje

**Filler breather
1/2" - 3/4" BSPP**



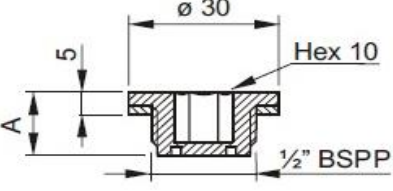
	1/2"	3/4"
A	1/2"	3/4"
ø B	30	47
C	10	17
D	21	17

Suitable for B/BV type tanks (1/2" BSPP)
Suitable for EV type tanks (3/4" BSPP)

Spare part codes

C86100001 (1/2" BSPP)
C86100002 (3/4" BSPP)

Drain plug



	A
TCNB0800	15
TB050801	19

Suitable for all steel tanks

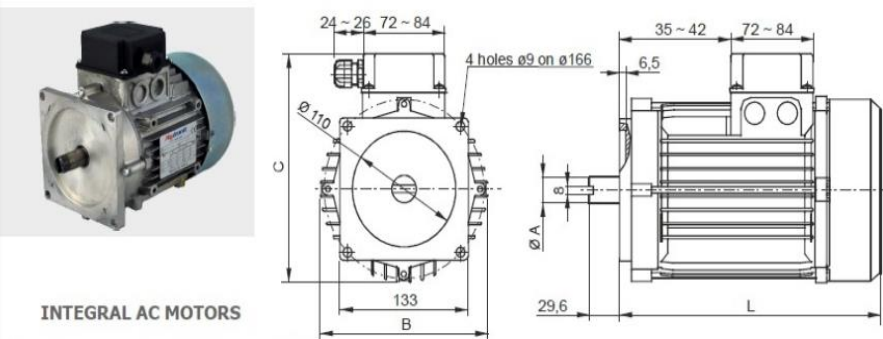
Spare part codes

Code: TCNB0800 (plastic)
TB050801 (steel)

Fuente: HIDRAULICA MECANICA ELECTRONICA Y CONTROL INDUSTRIAL. [sitio web]. Sd: HIMELCO LTDA. [Consulta: 28 Agosto 2017]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 36. Motor eléctrico (3 Hp – 220 VAC – 1450 rpm – 50 Hz)

Motor Eléctrico (3HP-220VAC-1450rpm-50Hz)



INTEGRAL AC MOTORS

Single-phase 4 poles (~1450 rpm at 50Hz)

Frame size	Maximum Power (S3 40%)	Spare motor code	ø A	B	C	L	Weight kg
90	2,2kW (3HP)	E220ACS43S3*	24	176	217	279	15,5

Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

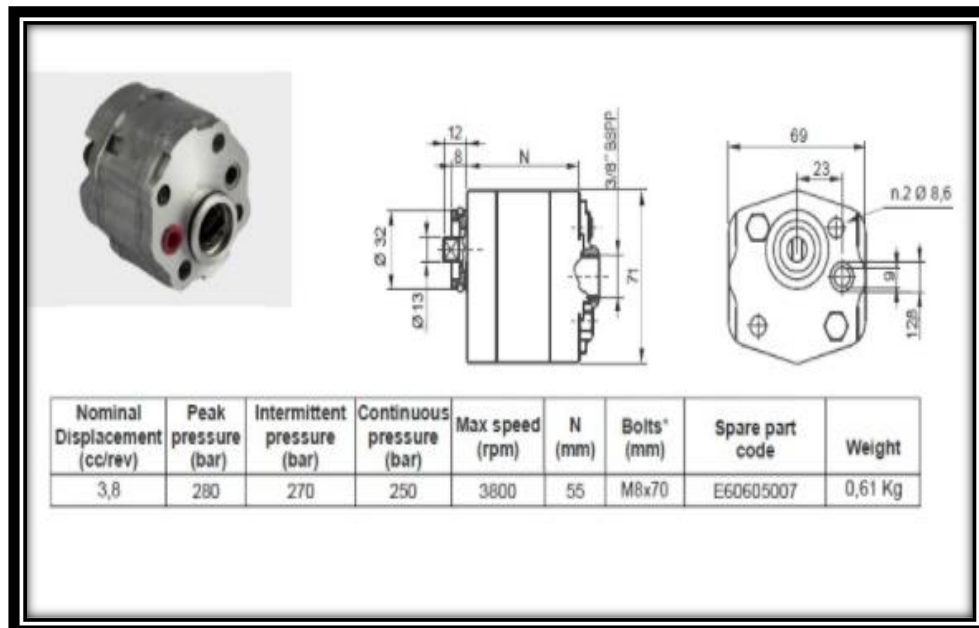
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

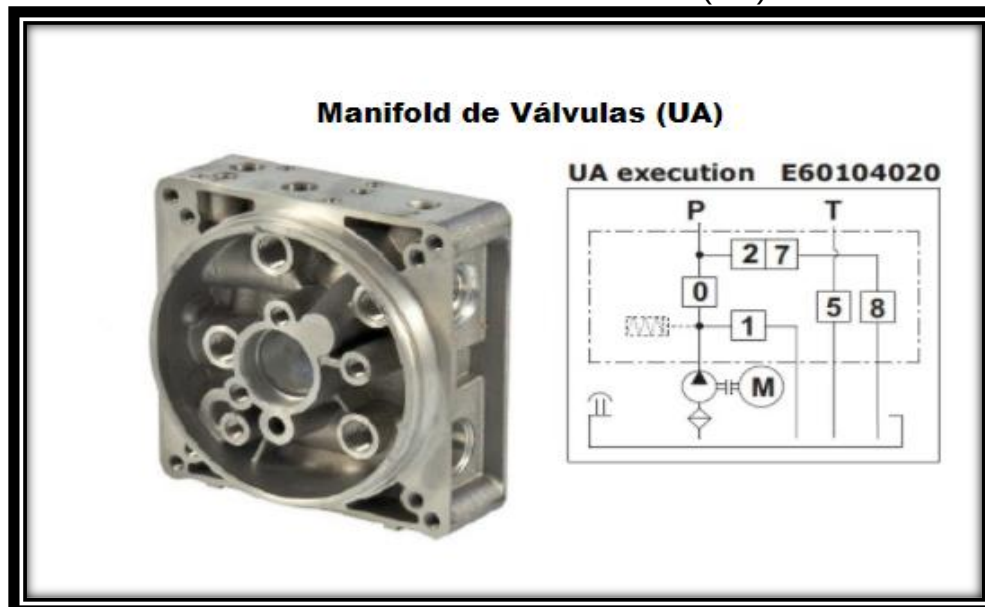
Versión: 01

Anexo 37. Bomba de engranajes 3,8 CC serie H



Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 38. Manifold de válvulas (UA)



Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

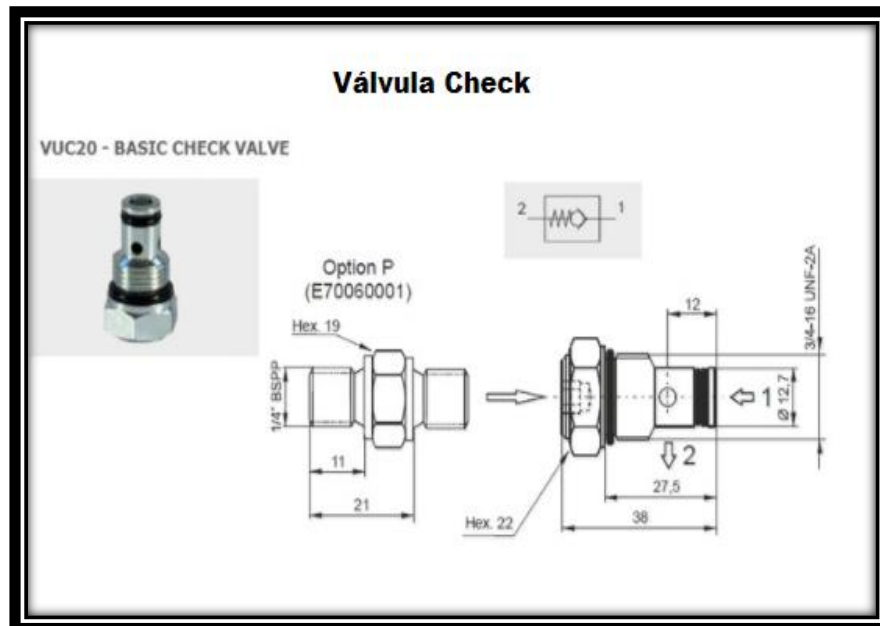
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

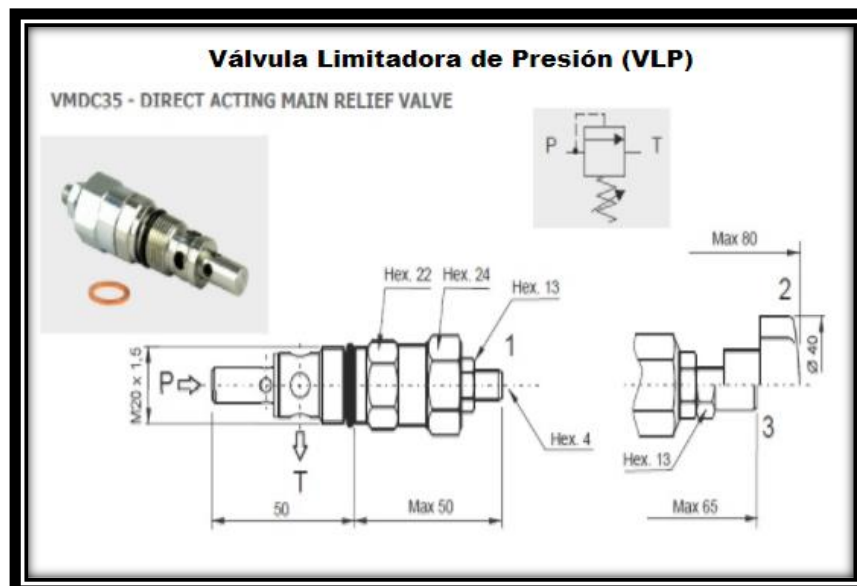
Versión: 01

Anexo 39. Válvula de check



Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 40. Válvula limitadora de presión



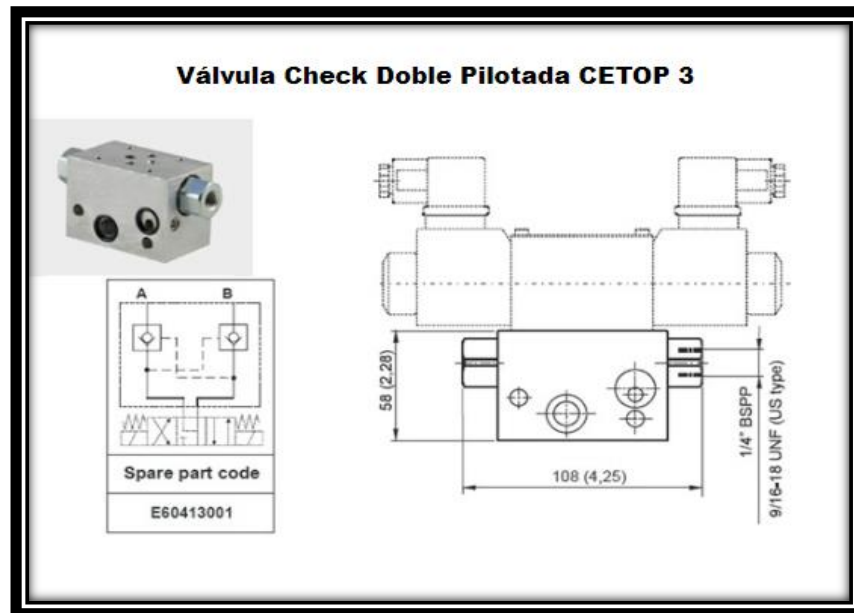
Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

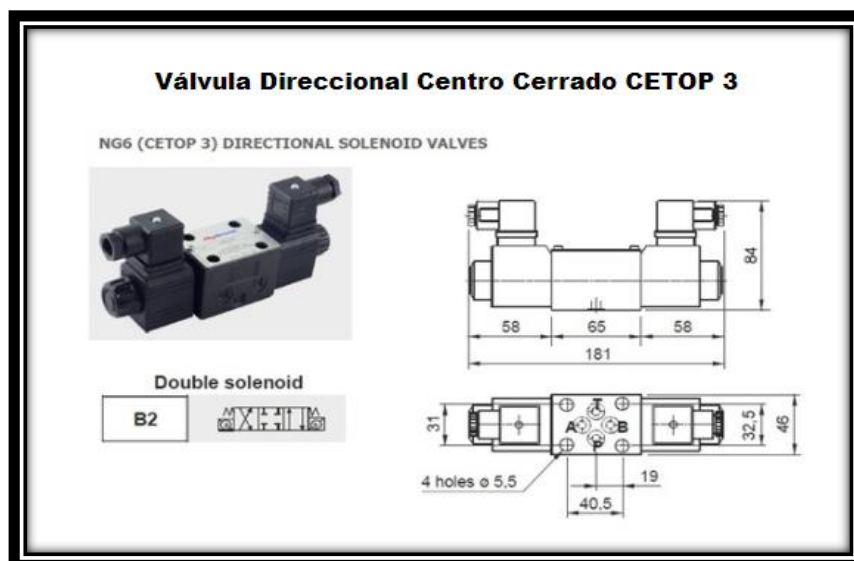
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Anexo 41. Válvula check doble



Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 42. Válvula direccional centro cerrado



Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 43. Bobina 230 VAC y conector eléctrico

Bobinas 230VAC y Conector Eléctrico

Supply voltage [V]	Assembly code	Coil type	Spare coil code	Spare connector code	Holding power [W]	Duty charge ED [%]	Weight [g]	Suitable for valve series
230AC	220RAC_M160	RC - needs external rectifying connector	M16040005	KA132R13B1	26W	100	190	SD03



M160



KA132

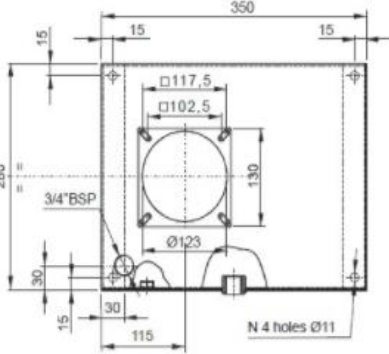
Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018].
Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 44. Estanque metálico

Estanque Metálico 30 Litros

SQUARE WELDED STEEL TANKS E SERIES





Description	PPC assembly code	Spare part code	A	Weight	Actual filling volume (lt)	
					Horizontal	Vertical
30 l squared vertical mounting	30EV	E60303048	423 mm	8,50 Kg	-	33,5

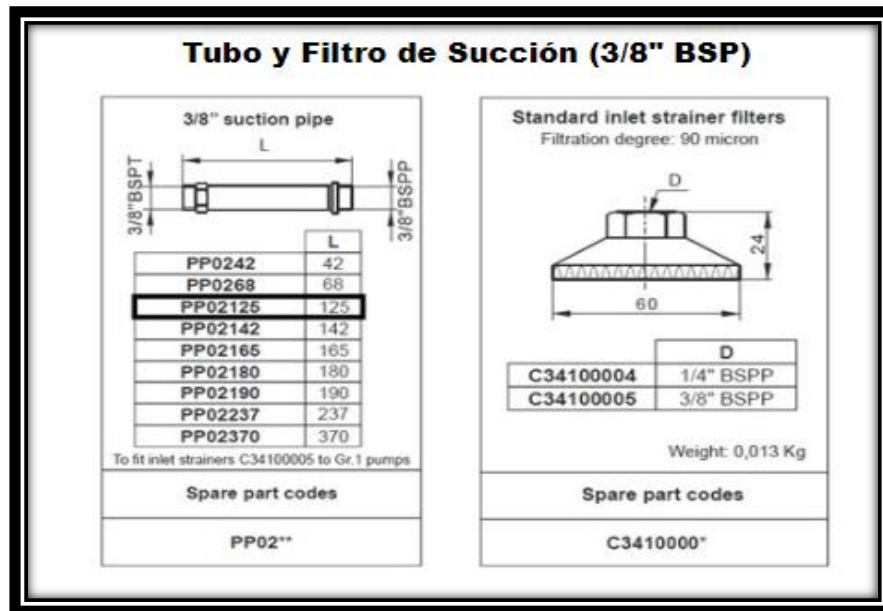
Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018].
Disponible en: <http://www.himelco.cl>

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

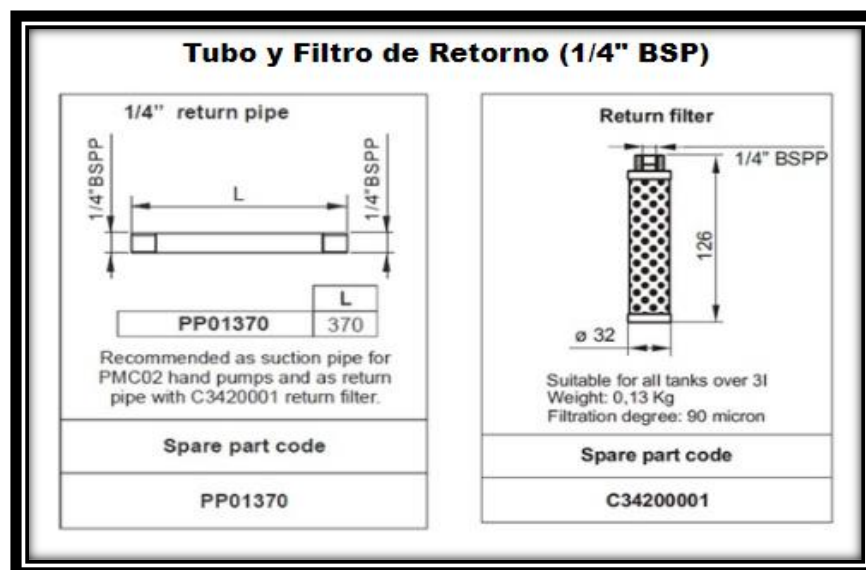
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Anexo 45. Tubo y filtro de succión



Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

Anexo 46. Tubo y filtro de retorno



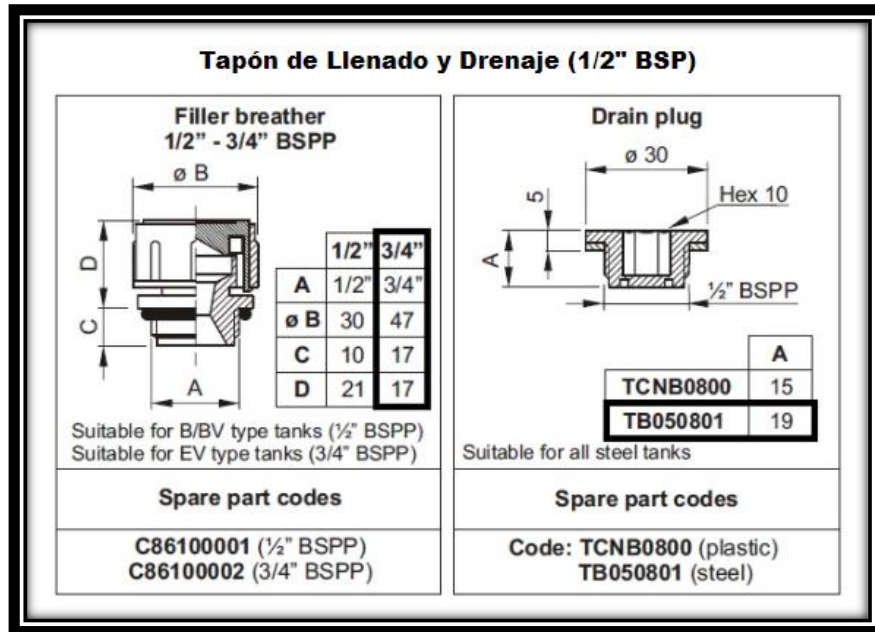
Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018]. Disponible en: <http://www.himelco.cl>

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 47. Tapón de llenado y drenaje



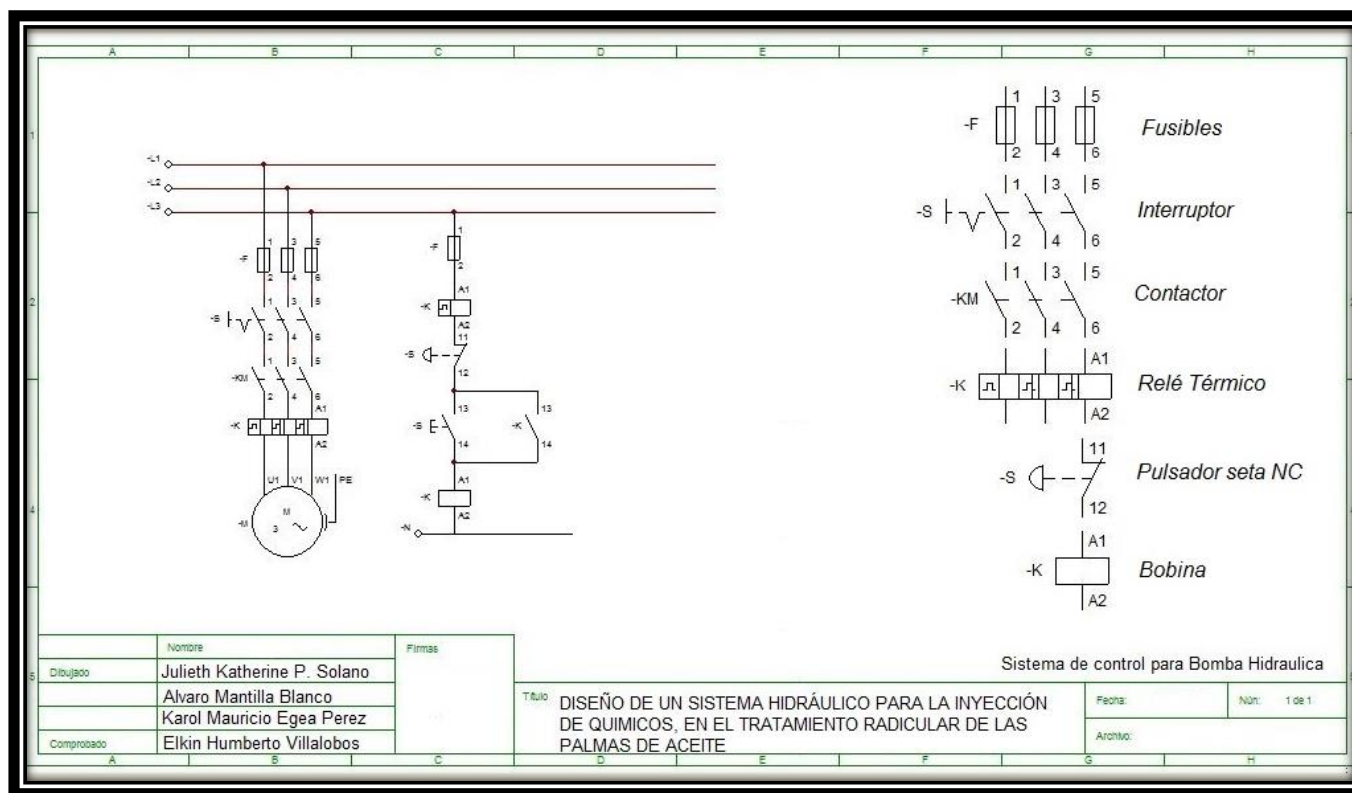
Fuente: HIMELCO. Centrales compactas. [sitio web]. sd: BUV. [Consulta: 28 enero 2018].
Disponible en: <http://www.himelco.cl>

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 48. Sistema de control para bomba.



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

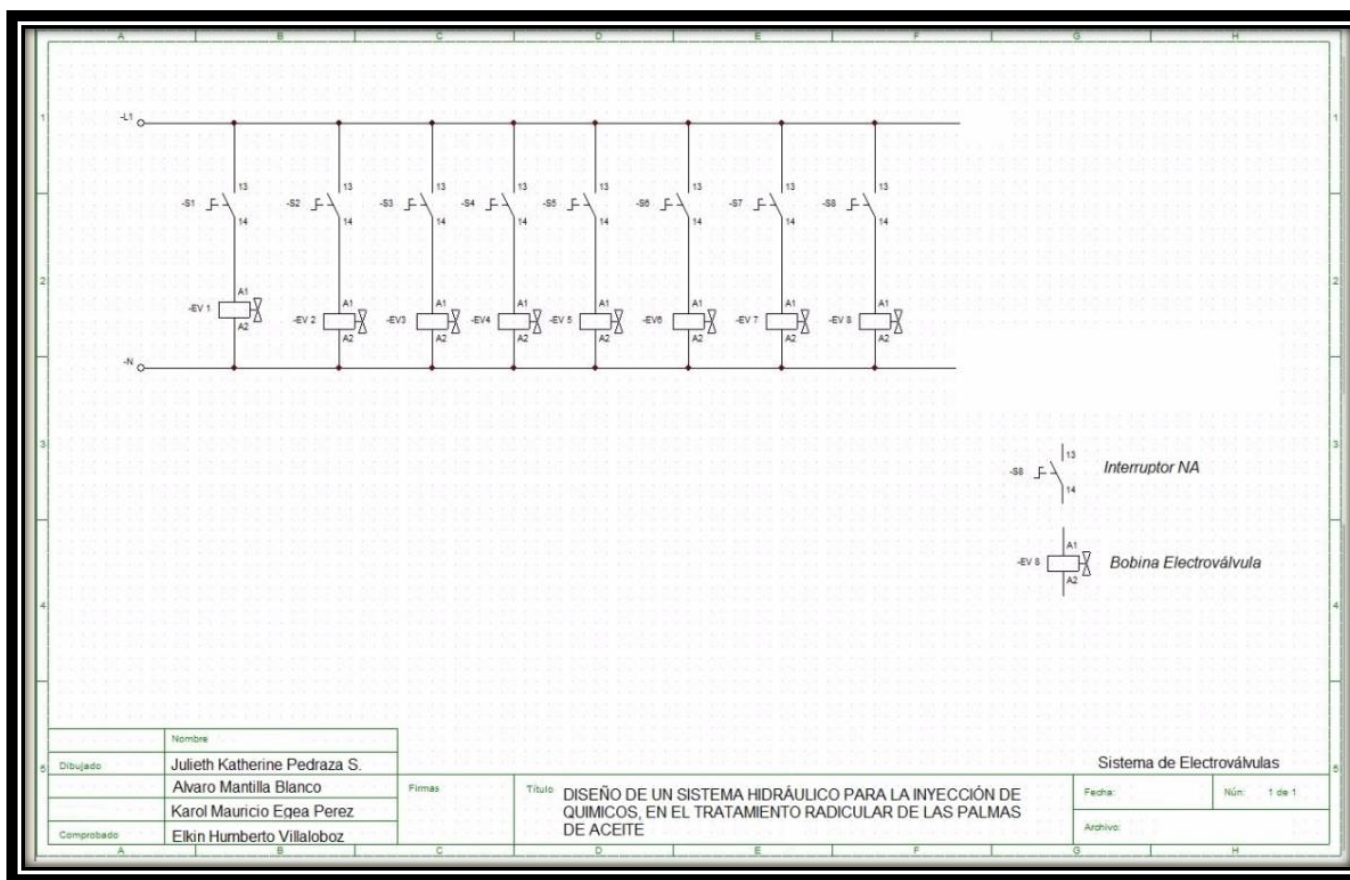
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 49. Sistema de electroválvulas.



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

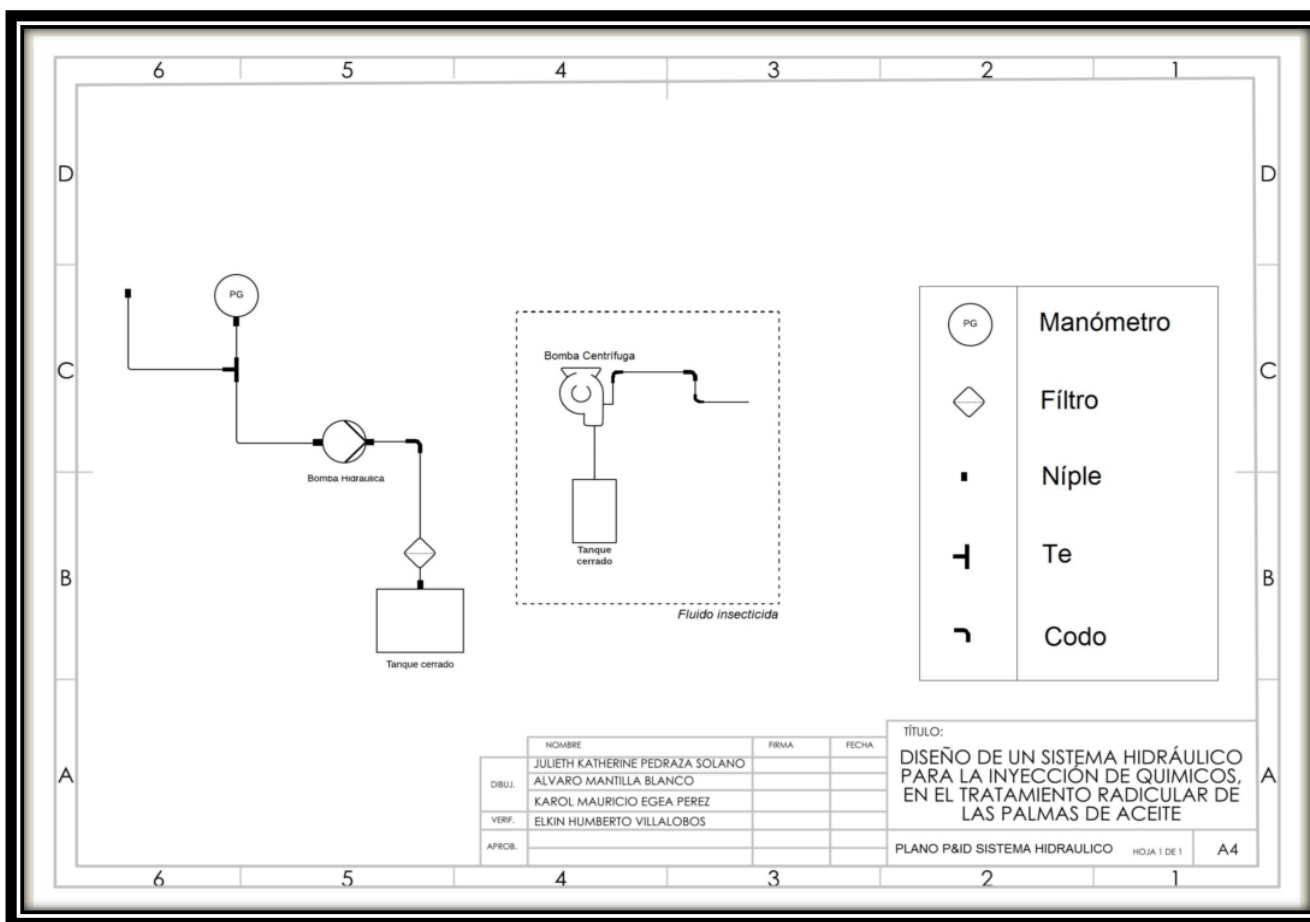
APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

Diseño de un sistema hidráulico de inyección para la absorción radicular del plaguicida Monocrotofos en la especie *Elaeis guineensis* (palma de aceite).

Versión: 01

Anexo 50. Sistema hidráulico para la inyección de químicos.



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION: