



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“Diseño de una Pala Niveladora Hidráulica para realizar Servicios de
Mantenimiento en Empresas Pecuarias”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO**

AUTOR:

Soto Castillo, Diego Anthony (ORCID: 0000-0002-1250-8499)

ASESOR:

Dr. Olórtegui Yume Jorge A., Ph.D. (ORCID: 0000-0001-5734-040X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

“A Dios, por brindarme su ayuda y protección incondicional, por estar conmigo para levantarme de cada caída y seguir luchando, por darme la oportunidad de ser mejor cada día.

Con todo mi amor y cariño para mis padres, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento”.

Raúl y Natalia

Todo lo puedo en Cristo que me
fortalece (Fil. 4:13)

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, en días malos y buenos siempre es fiel; a mi familia por el apoyo brindado a lo largo de mi vida y metas; a mi asesor el Dr. Jorge Olortegui por brindarme la ayuda y guía para poder culminar esta investigación; al Ing. Pedro Paredes por compartir su conocimiento y así lograr avanzar cada momento hacia adelante; al Ing. Jorge Inciso por el apoyo y la motivación a lo largo de mi vida académica.

A todas las personas, amigos y compañeros que me acompañaron hasta este momento sin ningún interés.

A la Universidad Cesar Vallejo, que tiene docentes bien calificados para poder impartir enseñanza de calidad y así prepararnos para el futuro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Variables y operacionalización.....	19
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	23
4.1. Recopilación de información.....	23
4.1.1. Necesidades de la empresa.....	23
4.2. Especificaciones de Ingeniería	27
4.3. Diseño Conceptual y de configuración.....	27
4.3.1. Diseño Conceptual	27
4.3.2. Diseño de Configuración	34
4.4. Dimensionamiento del equipo.....	39
4.5. Análisis estructural.....	41
4.5.1. Diagrama de cuerpo libre de la pala niveladora	41
4.6. Diseño Paramétrico y simulación	56
4.7. Diseño de selección de componentes estándar.....	63
4.8. Elaboración de planos de fabricación	72
4.9. Análisis Económico.....	73
V. DISCUSIÓN.....	80
VI. CONCLUSIONES	83

VII. RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	20
Tabla 2	26
Tabla 3	27
Tabla 4	32
Tabla 5	33
Tabla 6	38
Tabla 7	50
Tabla 8	55
Tabla 9	59
Tabla 10	60
Tabla 11	61
Tabla 12	62
Tabla 13	64
Tabla 14	66
Tabla 15	67
Tabla 16	72
Tabla 17	73
Tabla 18	74
Tabla 19	74
Tabla 20	75
Tabla 21	75
Tabla 22	76
Tabla 23	77
Tabla 24	77
Tabla 25	78
Tabla 26	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1	4
Figura 2	9
Figura 3	11
Figura 4	12
Figura 5	13
Figura 6	14
Figura 7	15
Figura 8	28
Figura 9	29
Figura 10.....	30
Figura 11	31
Figura 12.....	35
Figura 13.....	36
Figura 14.....	37
Figura 15.....	40
Figura 16.....	40
Figura 17.....	41
Figura 18.....	42
Figura 19.....	43
Figura 20.....	44
Figura 21	45
Figura 22.....	46
Figura 23.....	47
Figura 24.....	48
Figura 24.....	49
Figura 26.....	51
Figura 27.....	52
Figura 28.....	53
Figura 29.....	54
Figura 30.....	55
Figura 31	57

Figura 32	57
Figura 33	58
Figura 34	63
Figura 35	67
Figura 36	69
Figura 37	70
Figura 38	71
Figura 39	71
Figura 40	113
Figura 41	114
Figura 42	116
Figura 43	118
Figura 44	120
Figura 45	124
Figura 46	127
Figura 47	129
Figura 48	130
Figura 49	135
Figura 50	138
Figura 51	140

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se ha realizado el diseño de una pala niveladora hidráulica para realizar trabajos de mantenimiento en empresas pecuarias. Este trabajo se planteó como respuesta a los requerimientos de una empresa que presta tales servicios, el cual poseía inicialmente una maquina desarrollada de manera empírica que no cumplía con las especificaciones necesarias para este tipo de trabajo. Es así que la gerencia de la empresa solicito que se realice un nuevo equipo basado en una metodología formal de diseño.

La metodología de diseño empleada empezó con la recolección de las necesidades de la empresa empleando como técnica la entrevista y realizada al personal de la empresa solicitante del diseño. Lo siguiente fue convertir la información recopilada en parámetros técnicos que concluyó en una tabla de especificaciones de ingeniería. Luego se elaboraron 4 conceptos de solución y 3 alternativas de configuración los cuales fueron evaluadas mediante matrices de selección de pesos ponderados para obtener el concepto de diseño y la configuración que cumpla con los requerimientos de la empresa. Posteriormente se realizó el dimensionamiento general del equipo para definir las dimensiones base para los cálculos. Para el diseño paramétrico se tomó el pasador de pivoteo que hace contacto entre el bastidor y la base, pues es el elemento crítico que sufre los mayores esfuerzos y deformaciones.

Se analizó paramétricamente el pasador de pivoteo del cual se obtuvo que el diámetro adecuado para este componente crítico es de 2 pulgadas con un material AISI 4140, lográndose mediante el análisis dinámico un factor de seguridad de 4.165. Posteriormente se procedió a la selección de los elementos estándar y la elaboración de los planos de fabricación. Al finalizar el trabajo se realizó el análisis económico del cual se obtuvo un ROI de 2 meses con un VAN de S/.22,379.65 y un TIR del 45%.

Palabras clave: Diseño, niveladora hidráulica, pecuaria, FEM.

ABSTRACT

In this thesis work, the design of a hydraulic leveling shovel has been carried out to carry out maintenance work in livestock companies. This work was proposed in response to the requirements of a company that provides such services, which initially had an empirically developed machine that did not meet the necessary specifications for this type of work. Thus, the company's management requested that a new team be created based on a formal design methodology.

The design methodology used began with the gathering of the company's needs, using the interview as a technique and carried out with the personnel of the company requesting the design. The next thing was to convert the collected information into technical parameters that ended in a table of engineering specifications. Then 4 solution concepts and 3 configuration alternatives were elaborated, which were evaluated by means of selection matrices of weighted weights to obtain the design concept and configuration that meets the requirements of the company. Subsequently, the general sizing of the equipment was carried out to define the base dimensions for the calculations. For the parametric design, the Pin that makes contact between the frame and the base was taken, since it is the critical element that presents the greatest efforts and deformations.

The pivot pin was analyzed parametrically, from which it was obtained that the suitable diameter for this critical component is 2 inches with an AISI 4140 material, achieving a safety factor of 4.165 through dynamic analysis. Subsequently, we proceeded to the selection of the standard elements and the elaboration of the manufacturing plans. At the end of the work, the economic analysis was carried out, from which a 2 month ROI was obtained with a VNA of S/.22,379.65 and an TIR of 45%.

Keywords: Design, hydraulic grader, livestock, FEM.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al aumento de la población a nivel mundial, ciertos sectores en la industria han tenido un crecimiento notable en los últimos años. En el sector agropecuario se ubica el subsector pecuario donde los sistemas de crianza y producción de animales para el consumo masivo son considerados como la estrategia social, económica y cultural más apropiada para mantener el bienestar de la población. Dentro de este subsector se encuentra la crianza avícola, que ha tenido un desarrollo notable debido a la creciente demanda en su consumo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021).

De la producción mundial de carne avícola, los pollos representan el 89% del total, seguidos por los pavos (5%), los patos (4%) y los gansos (2%). Para el 2017 la población mundial de pollos superaba los 22000 millones de ejemplares. Entre los mayores productores de carne avícola se encuentra Estados Unidos de América, con el 18% de la producción mundial, seguida de China, Brasil y la Federación de Rusia. (FAO, 2017). Según Tamashiro (2019), en Argentina, el guano de aves ponedoras se puede usar para mejorar suelos agrícolas, aprovechando el crecimiento de la actividad avícola, lo que genera mayor residuos de guano, estimándose 1.5 millones de toneladas generadas cada año. Williams (sf), en su artículo para la FAO, muestra que, las características y cantidad de guano depende de la especie, la edad, la dieta y la salud de las aves. La cantidad de excremento que producen diariamente 1000 aves es aproximadamente 120 Kg en gallinas ponedoras, 80 Kg en pollos.

La avicultura se mantiene operativa, pero tiene un retraso económico, consecuencia de la pandemia, y en Centroamérica, se esperaba que la contracción de este rubro económico tenga una magnitud del -15 % al cierre de 2020. Así lo indicó Luis Valle, de Honduras, presidente de la Asociación Latinoamericana de Avicultura (ALA) y de la Asociación Nacional de Avicultores de Honduras (ANA-VIH). Guatemala represento el 22% de la producción del istmo, con 236893.2 toneladas métricas (TM); Panamá integro el 20%, gracias a su aporte de 217.224,4 TM; y Honduras el 19%, con 203.331,2 TM. Latino América produce poco más de 27 millones de toneladas métricas de pollo al 2019, mientras Brasil, Argentina, Perú

y México sobresalen entre los mayores exportadores, siendo la economía brasileña la que lleva el liderazgo (ElSitioAvicola, 2020). Según Estrada Pareja, (2005), en su artículo de la revista Lasallista de investigación en Colombia, menciona que por cada kilo de alimento que consume un pollo, produce de 1.1 a 1.2 kg de excremento fresco, con 70% de humedad. La cantidad de material como cama (viruta), es de 5 a 8 kg de cama/m² de superficie de galpon, lo que, en una densidad de 15 pollos/m², viene a ser 0.3 – 0.5 kg/pollo.

El Perú tiene un crecimiento en la producción avícola, gracias a la demanda en el consumo del pollo. En el 2019 la producción Nacional registro un aumento del 2.16%, con mayor aporte de la actividad agropecuario, entre otros, mostrando una evolución positiva ininterrumpida por más de dos décadas (INEI, 2020). El sector avícola, en enero 2021 participó con el 28,5% dentro del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (ave 23,8% y huevo 4,7%). En el período bajo análisis, las principales regiones productoras de pollo con mayor aporte fueron Lima (52,9%), La Libertad (18,5%), Arequipa (10,4%) e Ica (4,4%). En el comercio de huevos de gallina, las regiones con mayor participación fueron Ica (39,7%), Lima (28,6%), La Libertad (16,9%), Arequipa (3,4%) y San Martín (2,8%) (MINAGRI, 2021). En el mercado existen un aproximado de 52 empresas avícolas, de las cuales 12 están entre las principales empresas, según la Asociación Peruana de Avicultura (APA). Es gracias a la creciente demanda de producción de pollos, que las empresas avícolas comenzaron a generar mayor volumen de materia orgánica fecal, que, mediante un tratamiento adecuado, genera más de 8.6 millones de toneladas anuales de abono y fertilizante, produciendo alrededor de 200 millones de dólares. El mayor productor y comercializador de carne de aves, San Fernando, produce más de 100 mil toneladas anuales de abono y fertilizantes en su planta instalada al norte de Lima (RPP noticias, 2013)

Entre los productores líderes de pollos de engorde del país en el 2020 se encuentran: San Fernando (250 millones), Redondos SA (127.5 millones), Grupo Santa Elena (68 millones), Técnica Avícola (50 millones), Nutriproductos Santa Ana (49 millones), Roco Pollo (46 millones), El Roció (29 millones), Grupo Don Pollo (22 millones), Molino La Perla (21 millones) (Ruiz, 2021).

La limpieza y desinfección de granjas es el factor más importante para preservar la salud del ave, manteniendo el ambiente fuera de virus y gérmenes, los cuales son provocados por diferentes factores, ya sea por propagación de plagas (Roedores, moscas, insectos), bacterias y hongos en la humedad y en la materia orgánica. El piso de los galpones para pollos tiene contacto con animales y materia orgánica fecal, así como de la cama en descomposición. Por tal motivo, existen empresas dedicadas al rubro de la higiene en el subsector pecuario. El MINAGRI, a través del Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, es el encargado de inspeccionar las granjas de crianza de aves. SENASA verifica el cumplimiento de los requisitos documentarios según el TUPA y las condiciones técnicas sanitarias, cumpliendo con el D.S. 029 -2007-AG ‘Reglamento del Sistema Sanitario Avícola’ y su modificatoria el D.S. 020-2009-AG, con la finalidad de evitar riesgos a los comercios avícolas de la zonas y poblaciones avícolas del país. Dentro de la ficha de verificación se muestran ciertos requisitos mínimos, entre los cuales están: Especies a criar, población de aves, contar con un programa de limpieza y desinfección, registro de ocurrencias sanitarias (SENASA, 2017).

Entre los pasos para la desinfección eficaz de los galpones de pollos en las granjas, se considera primero la limpieza, la cual consta con el retiro total de la cama (viruta o cascarilla) y finaliza con el barrido profundo del piso (retiro de alimento sobrante, heces fecales, plumas y parte de tierra húmeda resultante), utilizando personal y maquinaria capaces de facilitar la tarea, reduciendo tiempo y esfuerzo de trabajo. Se suele utilizar una pala niveladora (mecanizada o hidráulica) para el barrido del terreno uniforme, y/o personal con pala manual. Luego sigue la desinfección física (Con flameador) y la desinfección química por aspersion de toda el área y equipos. Terminado esto, se coloca cal y una nueva cama (Gonzales, 2018).

Prestadora de Servicios Pecuarios SAC (PSP-Perú), es una empresa peruana, dedicada a la prestación de servicios en la industria pecuaria desde hace más de 27 años a nivel nacional, especialistas en 4 rubros: Obras civiles, Factoría, Mantenimiento de vehículos y maquinarias y Servicios pecuarios, el cual abarca la Limpieza y desinfección de granjas avícolas. Actualmente brinda este último servicio en las granjas de pollos ubicadas al norte de Lima, Perú, las que pertenece

a la empresa avícola Redondos SAC, una de las principales del mercado en el engorde de pollos (Segundo lugar en el país), con una producción de más de 125 millones de pollos en el 2020.

Actualmente la empresa PSP-Perú realiza la tarea de limpieza y desinfección de terreno en granjas de forma manual en las áreas laterales de los galpones, donde la maquinaria existente no puede ingresar por el reducido espacio entre los postes. De esta manera, la empresa opto por realizar el proceso con una pala de arrastre mecanizada para el bordeado y nivelación, la cual fue adaptada empíricamente por personal de la empresa. Los resultados en campo reportados indicaban que la longitud del implemento dificultaba la maniobra del equipo nivelador, lo que ocasionaba choques del chasis con los postes, generando tareas de bordeado y nivelado defectuosas. Además de ello, las llantas no permitían abarcar toda el área de bordeado quedando zonas sin limpiar (Ver Figura 1). Luego de la evaluación del equipo de ingeniería de la empresa, en conjunto con gerencia, se planteó que la solución definitiva a estos problemas sería el diseño y fabricación de un nuevo modelo de pala niveladora hidráulica con varios grados de libertad y nuevo circuito hidráulico, que cumpla con los requisitos expuestos para el trabajo y minimice los tiempos de operación.

Figura 1

Dificultad de Maniobra de Niveladora Modificada



Nota: Resultados de prueba de campo con niveladora modificada. Elaboración propia.

Por tal razón, estamos planteando el diseño de una pala niveladora hidráulica con varios grados de libertad y nuevo circuito hidráulico siguiendo una metodología de diseño mecánico formal que garantice la correcta realización de las funciones de limpieza y nivelación de terrenos en empresas pecuarias.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó la formulación del problema como sigue: ¿Cuáles deberían ser las especificaciones técnicas de una pala niveladora hidráulica para realizar servicios de mantenimiento en empresas pecuarias?

Con el fin de lograr un diseño que cumpla los requerimientos, esta investigación será de aporte práctico, ya que se aplicaran métodos de análisis e ingeniería para plantear una solución de mejora en el mantenimiento de empresas pecuarias mediante un diseño de niveladora que permita lograr los objetivos de la empresa. La investigación buscará proporcionar información que será útil para el trabajo propuesto por la empresa de estudio para mejorar el conocimiento sobre el alcance del problema que existe y la forma de solucionarlo.

Para este trabajo el objetivo general se ha definido como: Diseñar una pala niveladora hidráulica de tres grados de libertad para el mantenimiento de empresas pecuarias. Y los objetivos específicos se enumeran como sigue: 1) Obtener las necesidades de la empresa, 2) Elaborar una tabla de especificaciones de ingeniería con la información recopilada, 3) Elaborar diversos conceptos de solución y configuración para el nuevo diseño los cuales serán evaluados para obtener el concepto óptimo, 4) Realizar los cálculos de los componentes críticos del sistema y verificarlos mediante una simulación por el método de elementos finitos (FEM), 5) Seleccionar los componentes estándar para la máquina, 6) Elaborar los planos de fabricación finales y 7) Elaborar un análisis económico para el diseño propuesto.

II. MARCO TEÓRICO

Para este trabajo se emplearon los antecedentes que se describen a continuación:

(Murillo Pinedo, 2015), en su tesis para optar el grado de Ingeniero Mecánico Automotriz en la Universidad Mayor de San Andrés, sede La Paz, Bolivia, “Diseño de un brazo-pala, tipo topadora, para la adaptación en un camión volquete”, para el mantenimiento de carreteras, garantizando la disponibilidad de vías adecuadas para el transporte, la competencia y capacidad de movimiento (exportación/importación) para promover el desarrollo local y calidad de vida de los habitantes. Al identificar los parámetros de diseño (mecánicos e hidráulicos) y cálculos para el dimensionamiento de elementos, se concluyó que el modelo virtual mediante software CAD/CAE para la simulación y determinación de la factibilidad del diseño, permitió seleccionar los componentes adecuados según los criterios evaluados, especificaciones técnicas, resistencia a las cargas aplicadas en los puntos críticos, logrando adaptar el sistema a un camión volquete, aprovechando el accionamiento mecánico-hidráulico.

(Arbulu et al., 2019), en su tesis para optar por el grado de Ingeniero Mecatrónico en la Universidad Nacional de Piura, sede Piura, Perú, “Diseño de una estructura móvil para nivelar terrenos en zonas agrícolas”, para evitar la disminución de productividad y elevados tiempos de transporte debido a los desniveles en los terrenos de producción. Como objetivos propuestos está el diseño mecánico, hidráulico y establecer el plan operacional y mantenimiento del equipo. La investigación se desarrolló con un diseño no experimental observando el comportamiento de la estructura mediante un software de diseño, Autodesk Inventor Profesional, tomando valores máximos y mínimos de deformaciones de la estructura así como los esfuerzos en los diferentes componentes. La estructura móvil presenta cuatro movimientos hidráulicos tales como: control de altura de chasis, giro de cuchilla, control de altura de escarificadores y movimiento angular del chasis, permitiendo el trabajo en suelo con desnivel. Tiene una masa de 5,000 kg constituido estructuralmente por un material ASTM A572 y además está diseñado para operar en suelos muy compactados teniendo una fuerza de

resistencia al suelo de 48,000 N. Los cilindros hidráulicos tienen una fuerza de extensión de 109,801.6 N y una fuerza de retracción de 71,807.9 N.

(Rivero Garcia, 2019), en su trabajo de diploma en la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, sede en Santa Clara, Cuba, “Diseño de modificación al tractor YTO-1604, para convertirlo en un equipo de empuje frontal”, para que, además de cumplir con sus funciones originales, pueda nivelar terrenos y distribuir material de canteras, para lo cual, se utilizaron técnicas CAD para elaborar planos y documentos correspondientes, lo que permitió determinar y seleccionar la cantidad de materiales para la modificación, seleccionar las características de los cilindros hidráulicos determinando su grado de esbeltez, pandeo y carga máxima de trabajo, y realizar el diseño y simulación de la pala de empuje frontal en SolidWorks, permitiendo materializar la modificación propuesta.

(Sogamoso Gonzalez, 2015), en su trabajo de Grado para Titulación en la Universidad Militar Nueva Granada, sede en Bogotá, Colombia, “Diseño de un prototipo para el control de maleza en la preparación del suelo de cultivos orgánicos dirigido a pequeños agricultores”, para que ejecute la labor de control y remoción de maleza del suelo agrícola para cultivos. El autor uso la metodología que se basa en la elaboración de conceptos de solución para generar y asociar variables que necesita el diseño, utilizando una matriz de decisiones o de selección de criterios ponderados para la elección del mejor concepto, lo cual le permitió diseñar un prototipo que se adecue a las necesidades del trabajo. Este proceso le permitió elaborar el diseño estructural haciendo uso del software SolidWorks, el cual le permitió realizar la simulación por elementos finitos de cada componente que forman el mecanismo propuesto, evaluando los puntos críticos donde se generan las deformaciones unitarias máximas con el fin de determinar si el elemento fallara cuando se apliquen grandes esfuerzos. Los resultados obtenidos en la simulación ayudaron a la selección del material para la fabricación del equipo.

(Cordova Carlos, 2016), en su Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Pontificia Universidad Católica del Perú, sede en Lima, “Diseño de una horquilla estibadora acoplable a un tractor agrícola con capacidad de cargar 1500 Kg.”, explica que el diseño de este equipo ayuda a la carga de material en la industria agrícola, minimizando los tiempos de operación y esfuerzo, además que

se adecua a las necesidades del agricultor y accesible económicamente. Elaboro una matriz morfológica para obtener el concepto de solución óptimo, evaluando 3 posibles soluciones, y utilizando 3 alternativas para de configuración, selecciono la que más se adecua a la solución real mediante criterios de evaluación, lo que le permitió obtener un diseño basado en las necesidades reales. El cálculo analítico y simulaciones en software 3D CAD/CAE de los elementos críticos, le permitió realizar la selección de cada componente de acuerdo a los valores obtenidos, los cuales son validados entre sí. La elaboración de planos facilita la construcción y montaje del sistema, mostrando como deben estar unidos y ubicados cada elemento, por lo cual, el autor presenta 4 planos detallados.

Ahora se explicarán los principales temas teóricos relacionados con el objetivo de este trabajo.

Las niveladoras son ampliamente utilizadas en las obras públicas para la construcción de carreteras y de redes viarias, la niveladora es una máquina potente con una apariencia imponente (hasta 12m de largo). Permite nivelar grandes superficies de suelo y efectuar una regulación precisa respetando las inclinaciones del terreno gracias a su articulación y a su blindaje (Andre, 2019)

Las primeras motoniveladoras autopropulsadas adoptaron la forma de tractores modificados. En 1920, Russell Grader Manufacturing Company comenzó a comercializar la "Motor Hi-Way Patrol No. 1", una niveladora que consistía en un tractor Allis-Chalmers modificado (Khplant, 2018).

A principios del siglo XX, los tractores de vapor, que funcionaban con motores de vapor, habían comenzado a reemplazar a los caballos y bueyes, y estos se utilizaron con éxito para tirar de niveladoras. Después de la Primera Guerra Mundial, los motores de combustión interna estuvieron más disponibles. Los motores eran más baratos, más rápidos y más ligeros que los motores de vapor, y se utilizaban para impulsar tractores de orugas, que a su vez podían tirar de equipos como arados o niveladoras (Khplant, 2018).

Las Niveladoras tienen una variedad de modelos y adaptaciones, para diferente tipo de trabajos, según el criterio que demande. El sector Agropecuario sigue

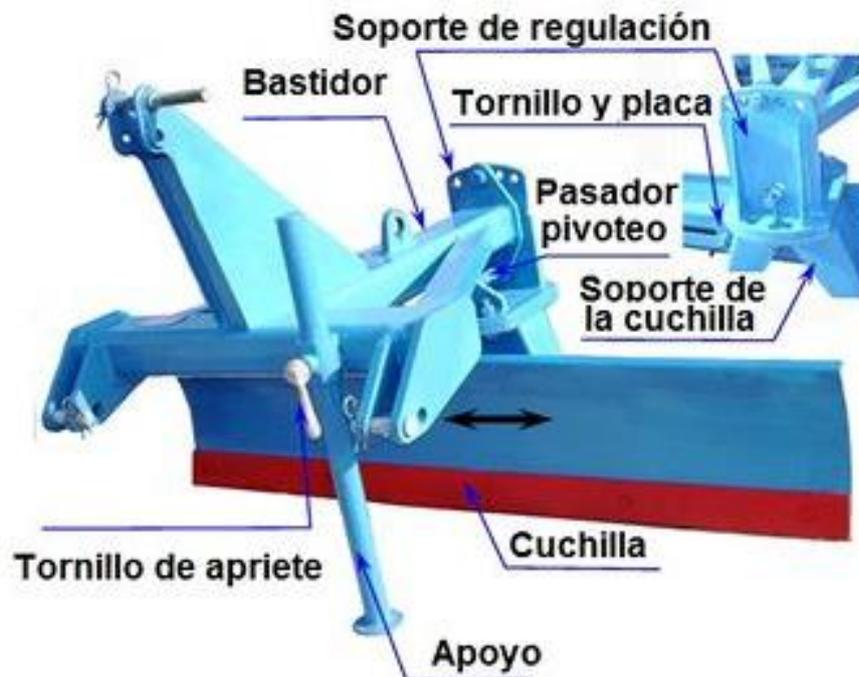
creciendo en todo el mundo, donde cada empresa tiene que optimizar la operación de los trabajos, facilitando la tarea correspondiente. Es por ello que hoy en día existen las palas niveladoras de 3 puntos, adaptadas a la parte trasera del tractor para tareas menores de barrido de tierra.

Entre los principales componentes de niveladora agrícola de 3 puntos se tiene:

Bastidor. Es un fuerte, robusto y compacto conjunto metálico soldado lo cual garantiza la resistencia mecánica necesaria para soportar las cargas que aparecen durante el trabajo que realiza este equipo. En su extremo posterior tiene la placa para la regulación de los ángulos de trabajo de la cuchilla en el plano vertical en el caso mecánico o un cilindro en el caso hidráulico, tiene soldados además la torre del tercer punto y las orejas de enganches inferiores. Se acoplan también los 3 pasadores de enganche y el Apoyo. En la Figura 6 se detalla el bastidor y demás componentes.

Figura 2

Componentes de una Pala Niveladora Mecánica



Nota: Implemento agrícola para nivelación del suelo. Reproducido por Cuchilla niveladora CN-1.95M, de EcuRed, sf.

Soporte de regulación. Este conjunto soldado es el destinado para las regulaciones en el plano vertical de la cuchilla hasta en 3 posiciones angulares para lograr las pendientes necesarias según las tecnologías de nivelación que se requieran (Caso mecánico).

Soporte de la cuchilla. Este conjunto soldado es el destinado para las regulaciones en el plano horizontal de la cuchilla en diferentes posiciones angulares (Caso mecánico, o un cilindro hidráulico), para lograr los diferentes ángulos de trabajo de la cuchilla tanto en sentido horario como en sentido antihorario en dependencia del alisamiento a realizar.

Pasador de pivoteo. Es el elemento de unión del soporte de regulación y el bastidor y permite el movimiento oscilante de la cuchilla en el plano horizontal, es un pasador robusto y resistente (Caso mecánico).

Cuchilla. Es el órgano de trabajo y está encargado para el corte y arrastre del suelo hacia los lugares que se prevén. Es un conjunto formado por el bastidor de la cuchilla y la cuchilla respectivamente, los cuales están unidos a través de tornillos y tuercas. Tiene desplazamiento lateral a ambos sentidos como indica la flecha lo cual le permite laborar en diferentes condiciones de trabajo.

Apoyo. Es un conjunto soldado sencillo y es el encargado de sostener al equipo en la posición de parqueo, cuando el equipo va a trabajar, el mismo se eleva completamente y se fija con el apriete de apoyo.

Las palas niveladoras pueden variar en su estructura y componentes según el requerimiento solicitado: Ángulo de desplazamiento e inclinación (número de pistones para diferentes grados de inclinación), sistema de mando (Manual, mecánico-hidráulico, electrohidráulico), Cuchilla de corte (Simple, doble, reversible), tipo de acople (enganche), autonomía de movimiento (Mecánico, semi hidráulico, hidráulico), ancho de labor (Longitud de pala), potencia requerida (Presión de hidráulico). En la Figura 7 se muestra 3 tipos de palas niveladoras.

Figura 3

Diferentes Palas Niveladoras con Acople de 3 Puntos



Nota: Palas Niveladoras con diferente autonomía de movimiento. Adaptado de Agrofy Market, de Agrofy, 2021.

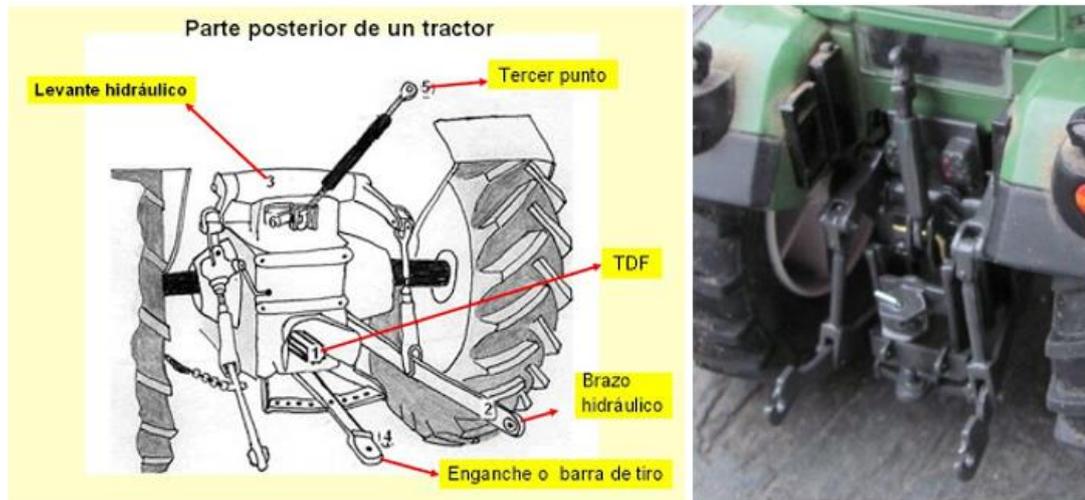
El tractor agrícola posee diferentes sistemas.

Sistema hidráulico. Su función es usar la energía mecánica en diferentes lugares y puntos del tractor, sin necesidad de acudir a transmisiones mecánicas. Esta energía se transmite por medio de un fluido a alta presión. Con el sistema hidráulico se pueden levantar y bajar implementos con el enganche de 3 puntos, controlar la profundidad de una labor por medio de toma hidráulica (Arroyo, sf)

Enganche de tres puntos. Es un sistema de conexión para una mejor transferencia de peso del apero al tractor e integrar el apero. en la Figura 4 se detalla sus partes.

Figura 4

Enganche Tripuntal en Tractor Agrícola



Nota: Accionamiento del enganche 3 puntos por el sistema Hidráulico en un tractor. Adaptado de Maquinaria agrícola I, de Laureano Martínez M., sf

En relación con sus dimensiones, este tipo de enganche se ha normalizado de acuerdo a la potencia del motor, por categorías. Está definida en la UNE 68006 <->ISO 730 (Tractores agrícolas de ruedas. Enganche de tres puntos montado en parte trasera) (Llop, 2015). Toma TDF a régimen nominal del motor (ISO 789-1).

- 1.- Categoría 1N: Hasta 35 KW (48 CV).
- 2.- Categoría 1: Hasta 48 KW (34 CV).
- 3.- Categoría 2N/2: 30 a 92 KW (41 a 125 CV).
- 4.- Categoría 3N/3: 60 a 185 KW (82 a 250 CV).
- 5.- Categoría 4N/4: 110 a 350 KW (150 a 476CV)

La categoría afecta a las dimensiones del enganche (Desplazamiento lateral, distancia del extremo de la TDF al centro de los puntos inferiores, etc.) y las que están relacionadas con el apero (Diámetro del pasador, altura del cabezal, etc.).

Categoría 1N y 2N son de tractores compactos (Estrechos y viñedos). Categoría 4 pierde sentido por los aperos, para estos tractores funcionan mejor arrastrados.

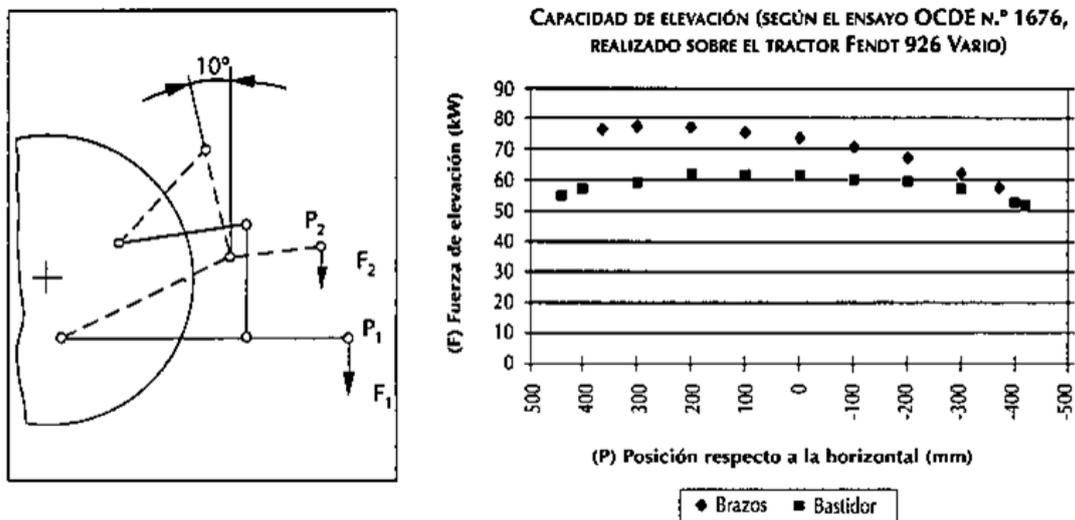
(Organización Internacional de Normalización [ISO], 2009) (Anexo 10), indica la medida de capacidad de elevación en el enganche de 3 puntos mediante un ensayo realizado en los brazos inferiores utilizando un bastidor normalizado. El ensayo se realiza aplicando una fuerza hacia abajo en un punto, el cual se encuentra a 610 mm hacia atrás del punto de enganche de los brazos inferiores, siendo este el centro de gravedad de un apero enganchado en el sistema tripuntal.

La fuerza de elevación mínima de tractores de baja potencia de tracción (hasta 65kw) debe ser de 30 daN por cada Kilovatio de potencia de tracción.

En la Figura 5 se muestra la capacidad de elevación máxima del sistema utilizando un bastidor normalizado desde la posición neutra de los brazos inferiores, donde la posición P1 se ve desplazada hasta la posición P2 cuando el sistema se encuentra elevado al máximo, la cual forma un ángulo de 10° con la vertical. Esto se realizó en un ensayo sobre un tractor Fenot 926.

Figura 5

Capacidad de Elevación Máxima del Sistema Tripuntal.

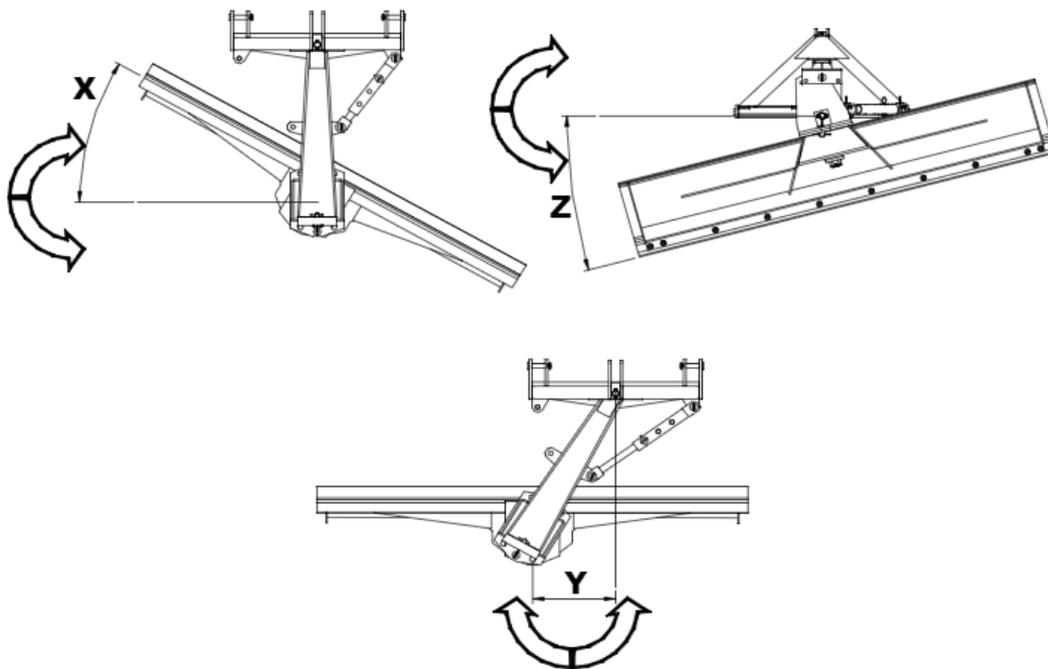


Nota: Posición del enganche tripuntal con carga aplicada. Recuperado de El sistema hidráulico del tractor, de StuDocu, sf

La pala de niveladora tiene 2 ángulos de inclinación y 1 de desplazamiento, que permite facilitar el trabajo en terreno con desnivel. Los ángulos de trabajo varían según el fabricante y la necesidad requerida. Dichos movimientos angulares se realizan mediante accionamiento mecánico (manual, con pines fijos) y/o hidráulico (Cilindros hidráulicos) que se rigen según el tipo de trabajo que se desempeña. La Figura 9 muestra los distintos desplazamientos angulares de la maquina

Figura 6

Desplazamiento Angular de Pala de Niveladora



Nota: Ejemplo de Desplazamiento y especificaciones de niveladora. Recuperado de Cultivadora niveladora agrícola modelo, de Manuelzz, 2021.

Los cilindros hidráulicos son actuadores mecánicos que se encargan de transmitir energía, de un fluido, mediante una fuerza constante a través de un recorrido lineal. Es decir, transforman el movimiento rotativo en movimiento lineal. Y, generalmente, el fluido que fluye en su interior es aceite industrial (World, 2017)

Tienen innumerables aplicaciones. Se pueden ver en el trabajo de aplicaciones industriales y móviles. Son esenciales en el funcionamiento de máquinas como

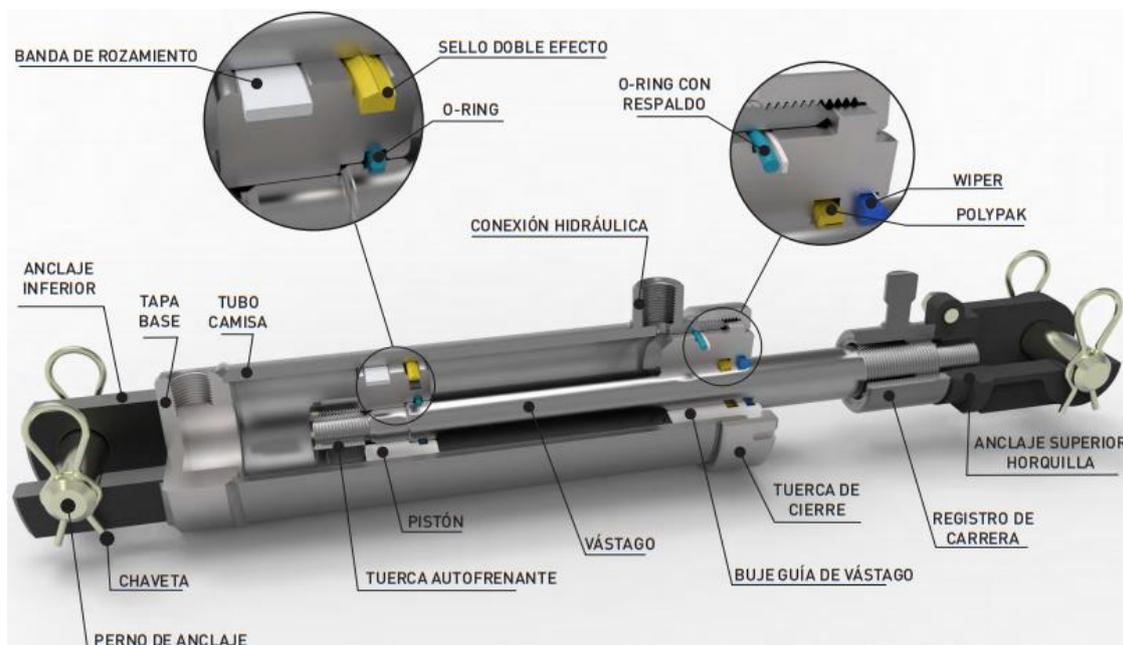
excavadoras, elevadores, plataformas, brazos, camiones de volteo o empaquetadoras entre otras. Los cilindros son el método más eficaz y competente de levantar, bajar, empujar, tirar, doblar, retener, etc. Su mecanismo se basa en la aplicación de una fuerza de tracción y/o compresión constante desde el principio hasta la finalización de la carrera. La velocidad a la que discurre el fluido depende del caudal y de la superficie del pistón.

Están divididos en dos piezas fundamentales: Un cilindro barril y el pistón o émbolo (pieza de un motor que se mueve dentro del cilindro para interactuar con un fluido). Los cilindros hidráulicos se pueden clasificar en función del efecto que generan: simple y doble. Y según su tipo: **1.-** Con vástagos: más fuerte para tareas pesadas. **2.-** Soldado: más pequeño y débil para trabajos ligeros. **3.-** Especializado: para maquinaria industrial especializada y a medida

En la Figura 10 se muestra el corte transversal de un cilindro hidráulico,

Figura 7

Corte de cilindro Hidráulico Standard Serie 2000



Nota: Tomado de Moro Hidráulica, sf

A continuación, se describirá las ecuaciones teóricas para el análisis físico-matemático desarrollado en el presente trabajo.

Para el obtener el peso de cualquier elemento se emplea la ecuación 1 donde se relaciona la masa del elemento con la aceleración de la gravedad.

$$F = m_p \times g \quad \dots (1)$$

Donde:

F : Peso del elemento (N)

m_p : Masa del elemento (kg)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Para los cálculos se empleó el análisis estático que se basa en las tres ecuaciones de equilibrio en el plano.

$$\sum F_x = 0 \quad \dots (2)$$

$$\sum F_y = 0 \quad \dots (3)$$

$$\sum M_B = 0 \quad \dots (4)$$

La resultante de una fuerza a partir de sus componentes se puede hallar con la ecuación siguiente:

$$F_R = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} \quad \dots (5)$$

Para determinar el esfuerzo de flexión en un elemento estructural se emplea la ecuación siguiente:

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I} \quad \dots (6)$$

Donde:

σ_f : Esfuerzo de flexión (MPa)

M : Momento flector máximo (N.m)

c : Distancia perpendicular desde el eje neutro a la superficie (m)

I : Momento de inercia del área de sección transversal (N.m)

Para caracterizar el esfuerzo cambiado en un elemento de maquina se emplea el esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \dots (7)$$

Donde:

- σ' : Esfuerzo de Von Mises
- σ_x : Esfuerzo normal en el eje x
- σ_y : Esfuerzo normal en el eje y
- τ_{xy} : Esfuerzo cortante en el plano xy

Para determinar el factor de seguridad desde el esfuerzo de Von Mises se emplea la ecuación:

$$FS = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \dots (8)$$

Donde:

- FS : Factor de seguridad
- S_y : Resistencia a la fluencia del Material

Para el análisis financiero del proyecto se utilizan las ecuaciones del ROI, VAN y TIR.

$$ROI = \frac{\text{Inversion } (\$)}{\text{Beneficio } \left(\frac{\$}{\text{año}}\right)} \quad \dots (9)$$

$$\text{Beneficio} = C_{inicial} - C_{actual} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right) \quad \dots (10)$$

Análisis del VAN

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (11)$$

Dónde:

VAN : Valor actual neto [\$]

V_t : Flujos de caja en cada tiempo [\$]

r: Interés [%]

t: Número de períodos considerados [años]

I_0 : Valor del desembolso inicial de la inversión [\$]

Tasa interna de retorno:

Las tasas internas de retorno se utilizan habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto.

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + \text{TIR})^t} - I_0 = 0 \quad (12)$$

Dónde:

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor actual neto [\$]

V_t : Flujos de caja en cada tiempo [\$]

t: Número de períodos considerados [años]

I_0 : Valor del desembolso inicial de la inversión [\$]

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Es aplicada, pues se emplearán los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería para generar un nuevo diseño que cumpla con las especificaciones del cliente.

Diseño de investigación: Es no experimental y transversal descriptivo (Hernández et al. 2014). Esto debido a que para el nuevo diseño se tomara la información recopilada de las entrevistas y se determinara la relación entre estas con las características que debe tener el nuevo diseño.

3.2. Variables y operacionalización

En los proyectos de investigación los valores de las variables dependientes dependen de los vapores de las variables independientes. Las variables dependientes vienen representando el resultado cuya variación se está analizando en la investigación. Las variables independientes representan causas, es decir, razones potenciales de variación.

Las variables dependientes e independientes que toman en este trabajo son:

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Resistencia del material (MPa).
- Profundidad de capa removible (cm).

VARIABLES DEPENDIENTES:

- Velocidad de remoción del material (m³/h)
- Factor de seguridad (Adim)

La matriz de operacionalización se muestra en el Anexo 1.

El diseño de la caja negra se muestra en el Anexo 2.

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: Son los equipos para el mantenimiento en granjas pecuarias

Muestra: Pala niveladora para remoción de material

Muestreo: Muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos a emplearse en el presente estudio se muestran en la tabla 1, en la que figura el Análisis documental (Ficha de registro) y la entrevista (Cuestionario), utilizadas para obtener información que determinara los resultados del estudio.

Tabla 1

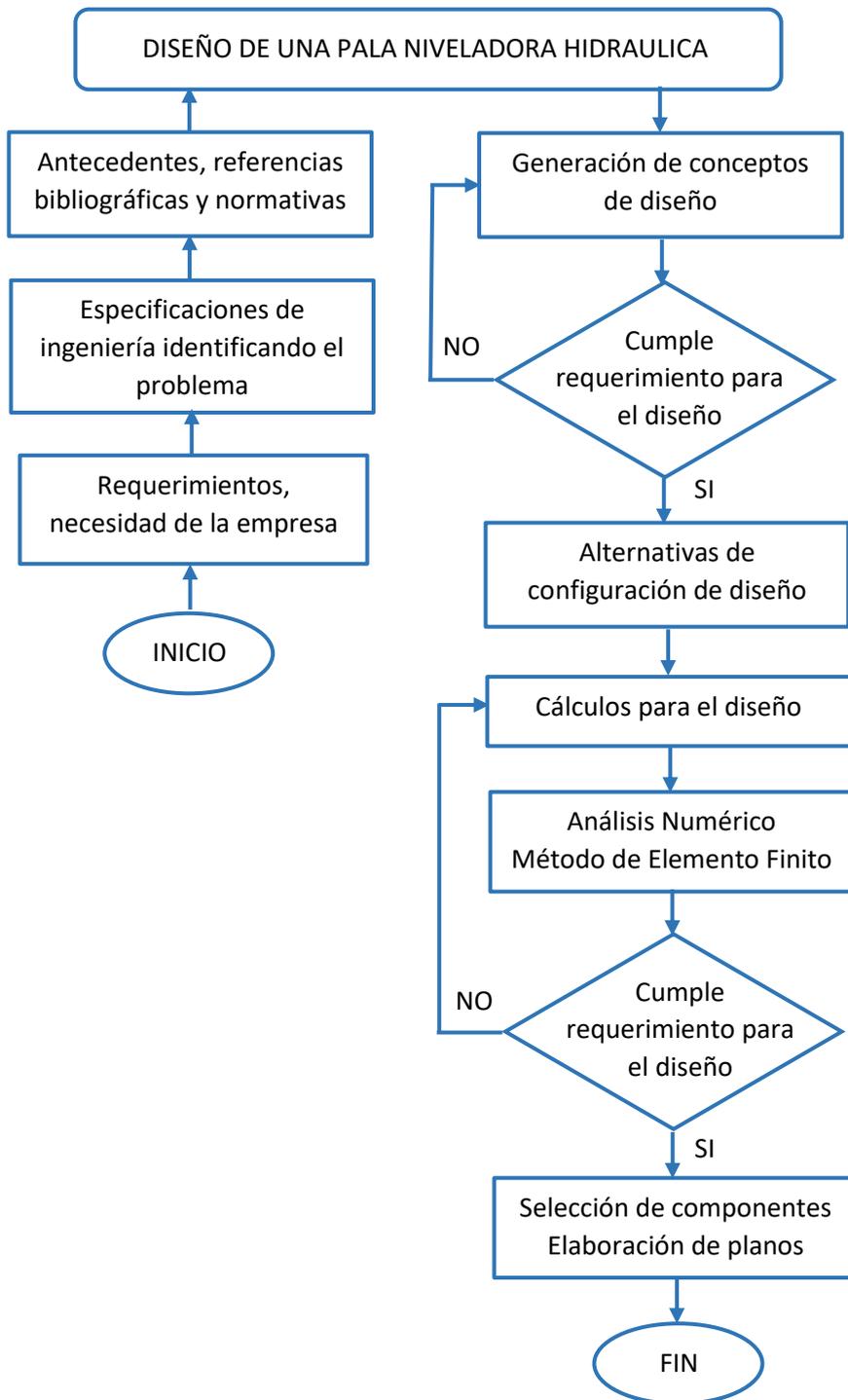
Tabla de validación de técnicas e instrumentos de recolección de datos

TECNICA	INSTRUMENTO	VALIDACION
Análisis documental: Fichas técnicas, informes de requerimientos.	Ficha de registro	Por el especialista
Entrevista: Realizada al personal de la empresa PSP-Perú (Coordinador y supervisor de mantenimiento, operarios)	Cuestionario	Por el especialista

Nota. Elaboración Propia

3.5. Procedimientos

El procedimiento a seguir con la metodología de diseño adoptada consta de los siguientes pasos mostrados en el flujograma:



3.6. Método de análisis de datos

Identificar las necesidades de la empresa: La información recopilada tiene como principal fuente las entrevistas realizadas al personal del área directamente relacionada con la necesidad de la empresa.

Especificaciones de ingeniería: Se empleo la información recolectada de las entrevistas para elaborar una tabla resumen en términos de ingeniería.

Matriz de selección: Se generaron conceptos alternativos de diseño y configuración que cumplen las exigencias del cliente, los mismo que fueron evaluados mediante una matriz de selección de criterios ponderados para seleccionar la alternativa optima de diseño.

Simulación Numérica: Se empleo un software basado en el método de elementos finitos (FEM) para determinar la distribución de esfuerzos en la estructura.

Selección de componentes estándar: Se selecciona los componentes estándar para completar el diseño, considerando las dimensiones de los elementos diseñados. Se realiza los planos finales de la máquina.

Análisis económico: Se realizan un presupuesto para la fabricación del equipo y se determina la viabilidad económica empleando el ROI, VAN y el TIR.

3.7. Aspectos éticos

El autor se compromete a proteger de la información expedida por la empresa propietaria del equipo, del cual el autor tuvo acceso solo con fines académicos y con un tiempo límite previsto hasta la culminación de este trabajo.

IV. RESULTADOS

4.1. Recopilación de información

4.1.1. Necesidades de la empresa

La información recopilada tiene como principal fuente las entrevistas realizadas al personal que trabaja en la Empresa PSP-Perú. Estas entrevistas se realizaron al personal del área directamente relacionada con la necesidad de la empresa, estos son: el Coordinador de Mantenimiento, Supervisor de mantenimiento, el Operario del tractor y otros operarios de mantenimiento. La entrevista consta de trece preguntas y están agrupadas en cuatro aspectos: Funcionalidad, Normativa, Diseño y Económico. Para cada una de las respuestas obtenidas se realizó una conclusión breve, las cuales se pueden ver en las líneas siguientes:

Pregunta 1: ¿Cuál es la distancia promedio entre postes en los galpones donde transita el tractor durante el proceso de limpieza? Se mostro que existen diferentes distancias entre los postes por donde ingresa el tractor, de las que se rescata la medida mínima: $A=2$ m, indicándonos el valor al cual no debe sobrepasar el ancho de la máquina.

Pregunta 2: ¿Para qué tipo de trabajos se requiere la pala niveladora en la empresa? ¿Qué tipo de terreno es? Los entrevistados mostraron que la maquina cumplirá con la función de bordeo (Retirar el material hacia los laterales) o pastoreo (Guiar el material hacia cierta zona específica) en terreno con desnivel y piedras.

Pregunta 3: ¿Conoce usted algún tipo de norma, estándar u otro tipo de regulación relacionada con el diseño de palas niveladoras? En esta pregunta los entrevistados mostraron que aún desconocen de aquellas normativas relacionadas con el diseño de palas niveladoras.

Pregunta 4: ¿Qué consideraciones se debe tener para la pala niveladora en cuestión? Se muestra que para el diseño de la pala debemos considerar la longitud y altura en aproximadamente 1.8 m y 0.6 m, respectivamente,

que la distancia entre pala y enganche con el tractor no sobre pase la medida de 1 metro, dimensiones máximas de la maquina en general.

Pregunta 5: ¿Qué características técnicas mínimas o en promedio debería tener la pala niveladora para brindar un servicio óptimo en el mantenimiento de las granjas? Los entrevistados mostraron que las características técnicas a tener en cuenta para el diseño de la pala niveladora son la presión (aprox. 1500 psi) y la potencia de trabajo (80 HP), tomando en cuenta que el terreno es férreo, resistente.

Pregunta 6: ¿Cuál es la altura de la cama (material del suelo) que debe ser retirada y reemplazada en el mantenimiento de las granjas? La máquina se debe adaptar a los trabajos donde el terreno tiene desniveles, siendo la altura de la cama que se desea retirar: mínima=10 cm y máxima=30 cm, lo cual muestra que debe ser de fácil adaptación y operatividad.

Pregunta 7: ¿Cuál debería ser la longitud ideal de la pala para un bordeado optimo en el terreno? Para un bordeado optimo, el rango para la longitud de la pala es entre 1.7 y 2 metros, ya que existen varias medidas entre postes para el ingreso del tractor, por lo cual, la longitud de la pala debe ser menor a la medida mínima entre los mismos, siendo la longitud promedio de 1.8 metros.

Pregunta 8: ¿Cuánto es el tiempo de operación para realizar la limpieza en un galpón solo con la pala? Los entrevistados respondieron que el tiempo de operación para la limpieza de cierta área de terreno dependía de las características del mismo, donde nos especifican que existe zonas con piedra, desniveles, suelo compacto que dificulta el trabajo, maximizando el tiempo de operación, así también, existe zonas donde el suelo es suave y tiene nivel plano. El rango estimado para el tiempo de operación por área es: mínimo=40 m² en una hora, máximo=133 m² en una hora.

Pregunta 9: ¿A qué velocidad aproximadamente trabaja el tractor para el mantenimiento de granja? El rango de velocidad en la operación del tractor para el mantenimiento es de 10 Km/h a 15 km/h en promedio.

Pregunta 10: ¿Cuántas veces se realiza el bordeado en la misma zona para que el terreno quede conforme? Los entrevistados mostraron que, dependiendo del terreno, las veces que se realiza el bordeado en la misma zona varía de 1 a 2 veces.

Pregunta 11: ¿Cuáles son los desplazamientos e inclinaciones que la pala debería ser capaz de realizar? En esta pregunta los entrevistados mostraron que la pala de niveladora debería tener 3 movimientos independientes: un movimiento de inclinación horizontal, un movimiento de inclinación vertical y un movimiento de desplazamiento angular, para poder abarcar mayor área de terreno en la operación.

Pregunta 12: Comente algún detalle adicional respecto del diseño ideal de este equipo, Ejemplos: Funciones deseables, problemas persistentes, innovación en el diseño, etc.

En esta pregunta los entrevistados mostraron que para el diseño de la pala niveladora debemos tomar en cuenta el tipo de material de fabricación, la resistencia al desgaste, mantenimiento fácil de realizar, adaptación a desniveles.

Pregunta 13: ¿Cree usted que sería rentable diseñar una pala niveladora para el mantenimiento de granjas? Los entrevistados mostraron que el diseño de una pala niveladora para el mantenimiento en granja sí es rentable, ya que la limpieza de material orgánico en la zona de pastoreo la realizan manualmente, por lo que es necesario mecanizar el proceso para minimizar el costo por mano de obra, elevando la productividad.

En la Tabla 2 se encuentra condensada la información extraída de las entrevistas y las conclusiones anteriores a excepción de la pregunta 3 que corresponde a la normativa asociada a este tipo de equipos y la pregunta 13 que tiene que ver con la percepción del cliente.

En el Anexo 3 se muestra el modelo de entrevista. En el Anexo 4 se muestra las entrevistas realizadas al personal de la empresa. En el Anexo 5 se muestran imágenes de la entrevista y toma de datos para el diseño.

Tabla 2*Resumen de las entrevistas*

Aspectos	Área de cobertura			Aspecto de Diseño							
Preguntas Entrevistados	Distancia entre postes	Tipos de trabajo	Dimensiones	Características técnicas	Altura de terreno	Longitud de pala	Tiempo de operación por área	Velocidad de trabajo	Repeticiones	Desplazamiento	Adicional
Coordinador de mantenimiento	A=2.8	Bordeo	Longitud de pala	Presión=1500 psi, Potencia=80 HP	H=10-20	1.8	3h → 120 m ²	10 km/h	2	3	Adaptarse a desnivel
Supervisor de mantenimiento	A=2-4.5	Pastoreo, desnivel	Longitud pala =1.8 m, altura de pala =0.6 m, distancia pala – llantas =1 m	Presión	H=10-20	1.8	3-4h → 400 m ²	10-15 km/h	1-2	3	Material resistente
Operario de tractor	A=2.3	Pastoreo, desnivel	Ancho	Potencia	H=20-30	1.7-1.8	1-3h → 400 m ²	12 km/h	1-2	3	Fácil mantenimiento
Operario	A=3	Bordeo, desnivel	Longitud de pala	-	H=5-10	2	2h → 200 m ²	-	1	3	-

Nota. Elaboración propia

4.2. Especificaciones de Ingeniería

De la información obtenida en las entrevistas se ha elaborado la Tabla 3 donde se extrae y resume los valores y/o rangos en lo que queda enmarcado el diseño de la máquina. Estos valores han sido traducidos en términos de ingeniería tomando como base los requerimientos de la empresa expresadas en las repuestas de las entrevistas.

Tabla 3

Tabla de Especificaciones de Ingeniería

Subfunción	Característica	Unidad	Límites
Dimensiones de la pala	Distancia	metros	$1.7 < L_p < 2.0$ $0.5 \leq H_p \leq 0.6$
Potencia del tractor	Potencia	HP	80
Presión Hidráulica de trabajo	Presión	PSI	1500
Espesor de material a retirar	Distancia	cm	$10 \leq E_m \leq 30$
Grados de libertad	Movimientos Angulares	Adim	3
Tiempo de operación por área	Área, tiempo	m ² / h	$40 \leq T_o \leq 133$
Velocidad de trabajo de tractor	Velocidad	Km / h	$10 \leq V_t \leq 15$

Nota. Elaboración Propia

4.3. Diseño Conceptual y de configuración

4.3.1. Diseño Conceptual

Para determinar el mejor concepto de solución para el diseño de una pala niveladora que cumpla con las necesidades de la empresa, se elaboraron cuatro conceptos, los cuales se describen en las líneas siguientes:

Concepto 1: Pala niveladora Mecánica

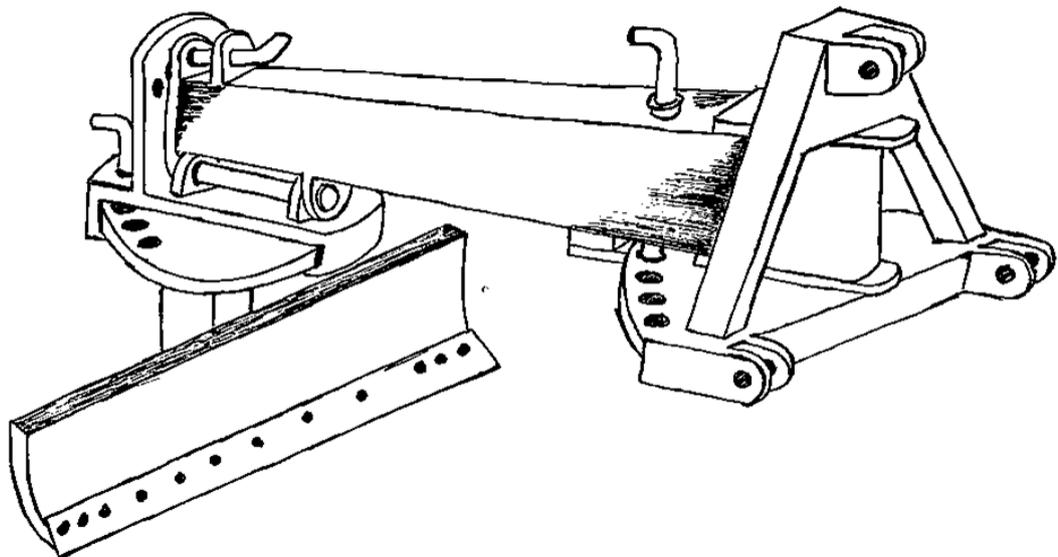
El diseño de este concepto es una variante del modelo PT de la empresa Distrimaqu. Posee 2 movimientos de inclinación en la pala y uno de desplazamiento, regulables mediante el empleo de varillas de tope, de accionamiento solo mecánico – manual, permitiendo trabajar en terrenos con desnivel. El equipo tiene enganche tripuntal para tractores de 2da a más categoría.

Su principal ventaja es que el mantenimiento es solo mecánico, de piezas con desgaste y fabricación de bajo costo con materiales ligeros.

Sus principales desventajas son que la potencia para el movimiento de material con la pala depende solo del brazo hidráulico del tractor, el tiempo de producción depende del nivel del terreno al tener solo regulación manual. La pala tiene inclinaciones fijas limitadas para los múltiples trabajos. Mayor producción en terrenos de un mismo nivel.

Figura 8

Concepto 1, Pala Niveladora Mecánica



Nota: Elaboración propia.

Concepto 2: Pala niveladora semi hidráulica.

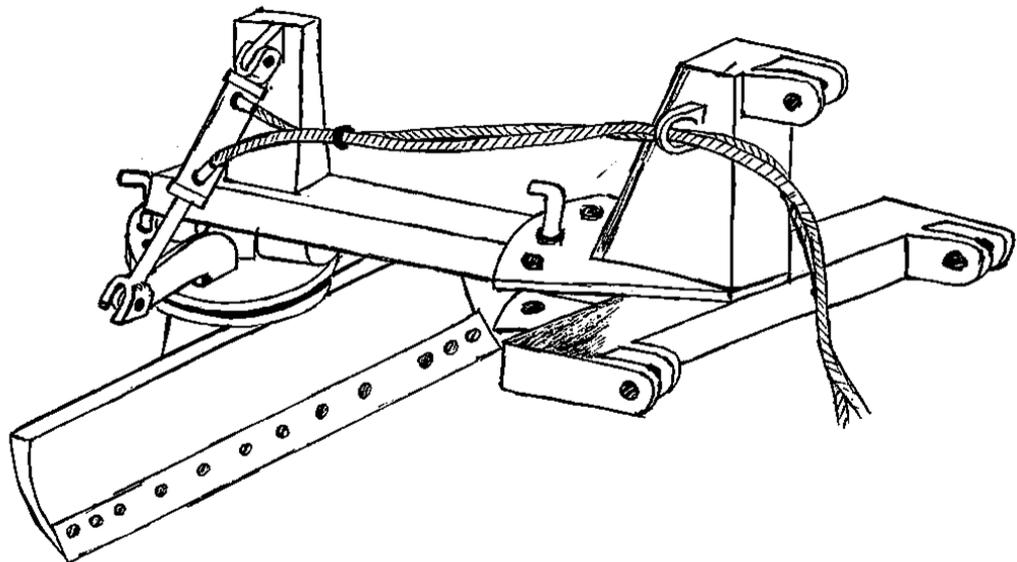
El diseño de este concepto es una variante de varios modelos de la empresa MACI. Posee accionamiento hidráulico para la inclinación vertical de la pala, los otros 2 movimientos son mecánicos, similares al concepto 1. El bastidor o cuerpo tiene más estructura para sujetar el cilindro hidráulico.

Sus principales ventajas son el accionamiento hidráulico de la pala que le brinda más potencia de empuje en el suelo para desniveles en el terreno. Mayor producción para trabajos en terrenos con desnivel.

Las desventajas son que el accionamiento mecánico manual del ángulo horizontal de la pala presenta fallas por la presión que ejerce el cilindro.

Figura 9

Concepto 2, Pala Niveladora Semi Hidráulica



Nota: Elaboración propia.

Concepto 3: Pala niveladora hidráulica.

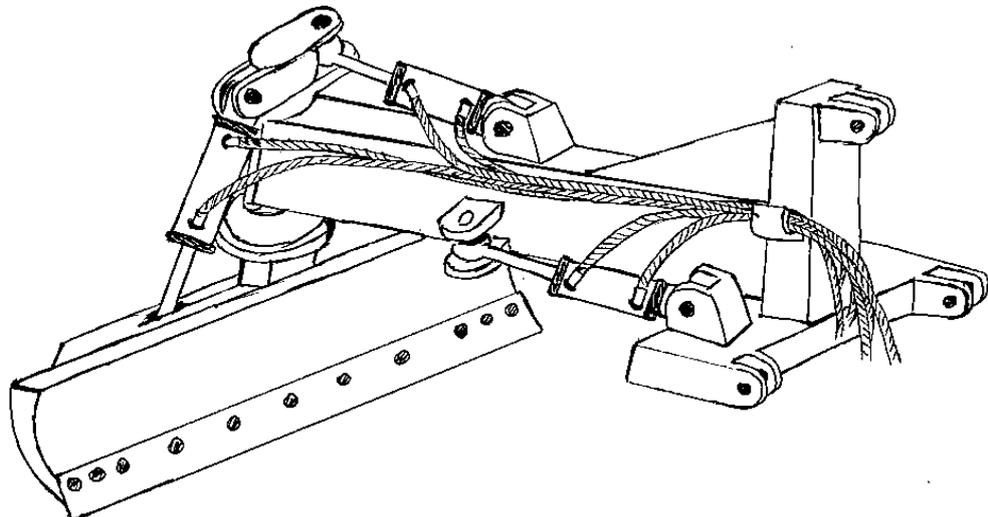
El diseño de este concepto es una variante del modelo polidozer 2000 de la empresa Alfaias agrícolas SA, la pala posee regulación angular horizontal y lateral para adaptarse a la inclinación del terreno, además de desplazamiento lateral a ambos lados mediante cilindros hidráulicos. Presenta una estructura simple y ligera en los ejes, facilidad de fabricación.

Sus principales ventajas son mayor productividad en la operación, con accionamiento hidráulico independiente en cada movimiento de la pala, proporcionándole versatilidad para el trabajo en diferentes terrenos y condiciones. Mayor potencia de trabajo.

Sus principales desventajas son el costo adicional por el sistema hidráulico.

Figura 10

Concepto 3, Pala Niveladora Hidráulica



Nota: Elaboración propia.

Concepto 4: Pala niveladora hidráulica de simple efecto.

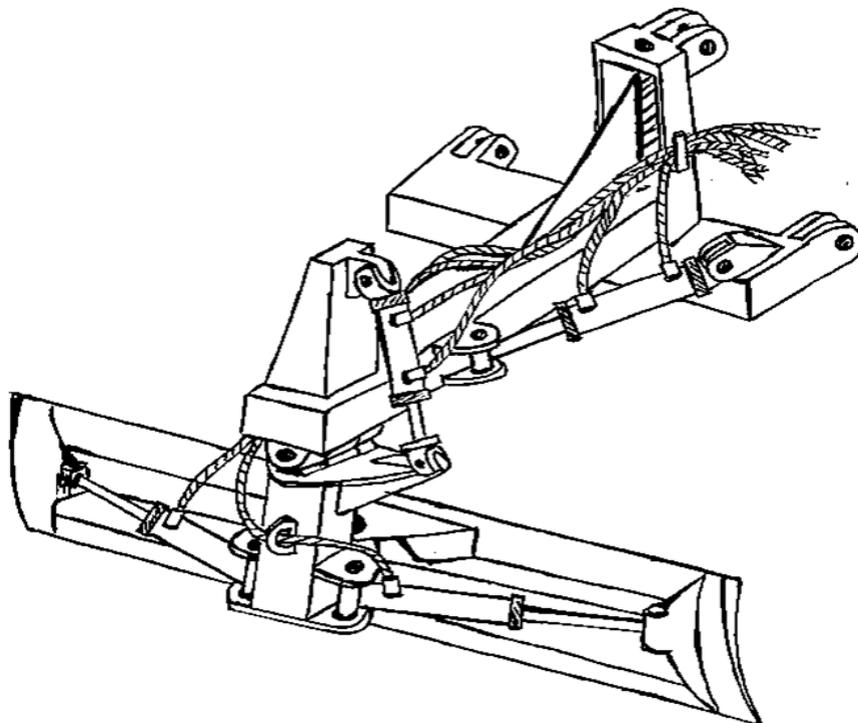
El diseño de este concepto es una variante del modelo Planner 110 de la empresa Sureña Maquinaria Agrícola, la pala posee regulación angular horizontal mediante 2 cilindros hidráulicos independientes de simple efecto ubicados detrás de la misma, lo cual le otorga mayor potencia para arrastre de material. También posee regulación angular vertical para adaptarse a la inclinación del terreno, además de desplazamiento lateral a ambos lados mediante cilindros hidráulicos.

Sus principales ventajas son accionamiento hidráulico en el movimiento de la pala. Inclinación horizontal independiente a cada lado. Mayor potencia de trabajo en el arrastre de material. Mayor estabilidad en la inclinación horizontal de la pala.

Sus principales desventajas son el costo y peso adicional por cada cilindro hidráulico. Mayor número de componentes para mantenimiento.

Figura 11

Concepto 4, Pala Niveladora Hidráulica de Simple Efecto



Nota: Elaboración propia.

Para obtener el diseño óptimo de entre los conceptos de solución propuestos anteriormente, se empleará la matriz de selección de criterios ponderados de la Tabla 5, la misma que utiliza cinco criterios para evaluar cada uno de los conceptos antes mencionados. Para la ponderación se emplea una calificación de 1 a 5 de la Tabla 4, donde 1 significa que el concepto no satisface el criterio de selección y 5 significa que cumple satisfactoriamente.

Tabla 4

Tabla de valoración para matriz de selección de criterios ponderados

Calificación	Valor
Insatisfactorio	1
Poco satisfecho	2
Satisfecho	3
Muy satisfecho	4
Satisface completamente	5

Nota. Elaboración Propia

La matriz de selección por criterios ponderados se presenta en la Tabla 5 donde en la primera columna desde la izquierda se encuentran los criterios de evaluación bajo los cuales se evaluará los conceptos de solución. En la segunda columna se encuentra la ponderación de la importancia de cada criterio para el diseño. En las columnas siguientes se encuentra agrupado por cada concepto una columna de valoración que corresponde al nivel de cumplimiento del concepto para cada criterio, en este caso el número asignado depende de la calificación de la Tabla 4. Finalmente, las columnas de calificación ponderada son el valor decimal de la multiplicación de la columna 2 con la valoración de cada concepto, la suma de estas ponderaciones da el calificativo final para cada uno de los conceptos.

Tabla 5*Matriz de selección de criterios ponderados*

		Conceptos de Solución							
		Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3		Concepto 4	
Criterio	Importancia de Peso (%)	Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada
Fácil de operar	30	2	0.6	4	1.2	5	1.5	4	1.2
Fácil de fabricar	20	4	0.8	3	0.6	3	0.6	3	0.6
Regular la posición	30	2	0.6	3	0.9	5	1.5	4	1.2
Seguridad	10	2	0.2	2	0.2	4	0.4	4	0.4
Bajo Costo	10	5	0.5	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Total	100 %		2.7		3.2		4.2		3.6
Posición			4		3		1		2

Nota. Elaboración Propia

4.3.2. Diseño de Configuración

Se elaboro tres alternativas de configuración con el fin de seleccionar la mejor disposición de los elementos en la máquina para que permita un desempeño optimo en la operación mediante una matriz de selección ponderada bajo ciertos criterios establecidos que permitan una fácil operación, facilidad de fabricación, apropiada cantidad de piezas, equilibrio, seguridad, bajo costo.

Alternativa “A”

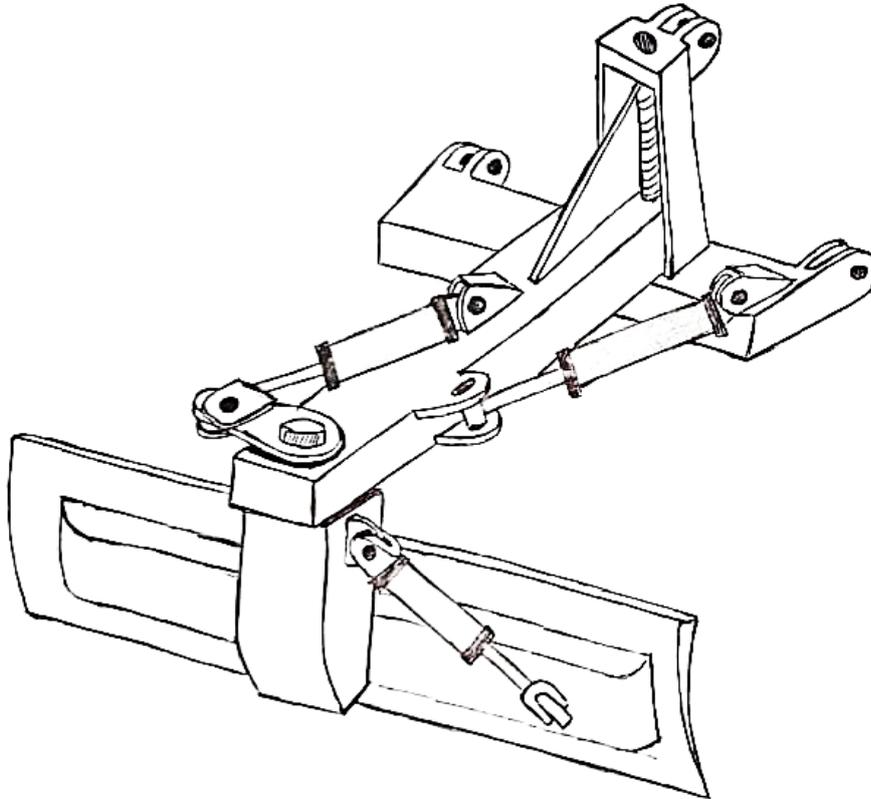
En esta configuración se emplean 3 cilindros hidráulicos de doble acción ubicados de tal manera que permita el accionamiento de la pala en 3 movimientos. El cilindro 01 (inferior) para dar movimiento angular vertical, cuyos extremos están unido a la pala y al eje vertical ubicado en el lateral derecho. El cilindro 02 (medio) para dar movimiento angular de traslado y el cilindro 03 (superior) da un movimiento angular horizontal a la pala

La ventaja es que se aplican pocas piezas para su fabricación, bajo costo.

La desventaja es que el cilindro superior este fijo al extremo del eje vertical, dando inestabilidad en la operación (Al aplicar la mayor potencia), además que el número de componentes de un lado es mayor.

Figura 12

Alternativa "A", Diseño de Configuración



Nota: Elaboración propia.

Alternativa "B"

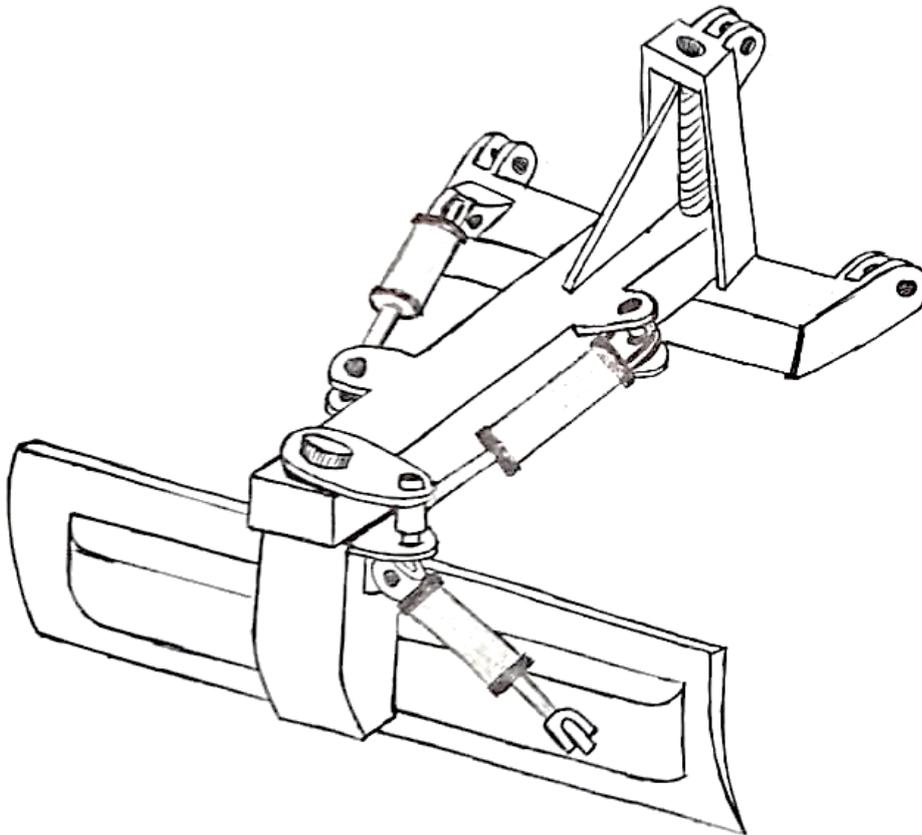
En esta configuración se reubica el cilindro 03 (superior) hacia el lateral del bastidor, además se le adiciona un soporte en el eje vertical de la pala para sujetarlo.

La ventaja es la estabilidad en el eje vertical que acciona el movimiento angular horizontal de la pala ya que la fuerza que se le aplica mediante el cilindro está distribuida entre el extremo y el medio, brindando mayor potencia de empuje.

La desventaja es el mantenimiento de soporte y eje vertical.

Figura 13

Alternativa "B", Diseño de Configuración



Nota: Elaboración propia.

Alternativa "C"

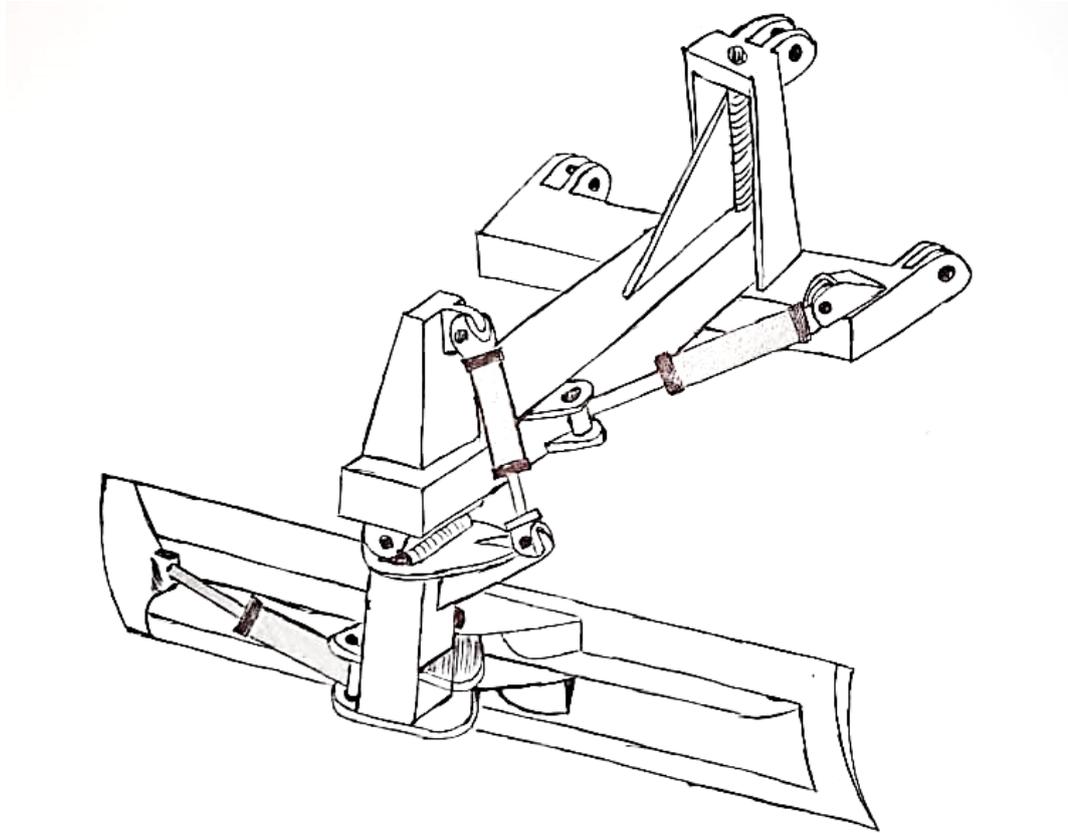
En esta configuración se reubica el cilindro 01 (inferior) en un plano horizontal cambiando la función de giro angular de la pala de vertical a horizontal, dándole mayor estabilidad en la operación. El cilindro 03 (superior) se le ubica vertical sobre la pala, cambiando la función de giro angular de la pala de horizontal a vertical.

La ventaja es que la pala tiene mayor potencia de arrastre en el plano horizontal con la posición del cilindro 01.

La desventaja es el costo y peso que le adicionan el aumento de piezas. El mantenimiento de eje y soporte del cilindro 03.

Figura 14

Alternativa "C", Diseño de Configuración



Nota: Elaboración propia.

Se determino la mejor alternativa de configuración de diseño empleando una matriz de selección ponderada bajo los siguientes criterios: Facilidad de mantenimiento, fabricación, cantidad de piezas, proporción en peso, seguridad y peso. La matriz de selección ponderada se muestra en la tabla 6. Se asigno peso de importancia para cada criterio de evaluación. Para la ponderación se emplea una calificación del 1 al 5 de la tabla 4. Finalmente se seleccionó la alternativa con mayor puntuación ponderado.

Tabla 6*Matriz de selección de criterios ponderados de Diseño de configuración*

		Alternativas de configuración					
		Alternativa "A"		Alternativa "B"		Alternativa "C"	
Criterio	Importancia de Peso (%)	Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada
Fácil mantenimiento	20	4	0.8	4	0.8	3	0.6
Facilidad de fabricación	20	4	0.8	5	1.0	3	0.6
Cantidad de piezas	10	5	0.5	4	0.4	3	0.3
Proporcionalidad en peso	20	4	0.8	5	1.0	3	0.6
Seguridad	15	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Costo	15	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Total	100 %		4.1		4.4		3
Posición			2		1		3

Nota. Elaboración Propia

4.4. Dimensionamiento del equipo

Para el dimensionamiento general del equipo tomamos en cuenta el rango de dimensiones que se muestra en la tabla 3 de especificaciones de ingeniería, además de otros criterios requeridos por la necesidad de la empresa. A continuación, se describe las especificaciones consideradas para el dimensionamiento de la parte estructural y la parte hidráulica del equipo.

El equipo se debe adaptar para trabajar en terrenos con desniveles, por lo cual, se requiere versatilidad en la función de la pala, otorgándole diferentes movimientos angulares para cada operación. Las dimensiones del equipo deben permitirle ingresar a las áreas con menor espacio.

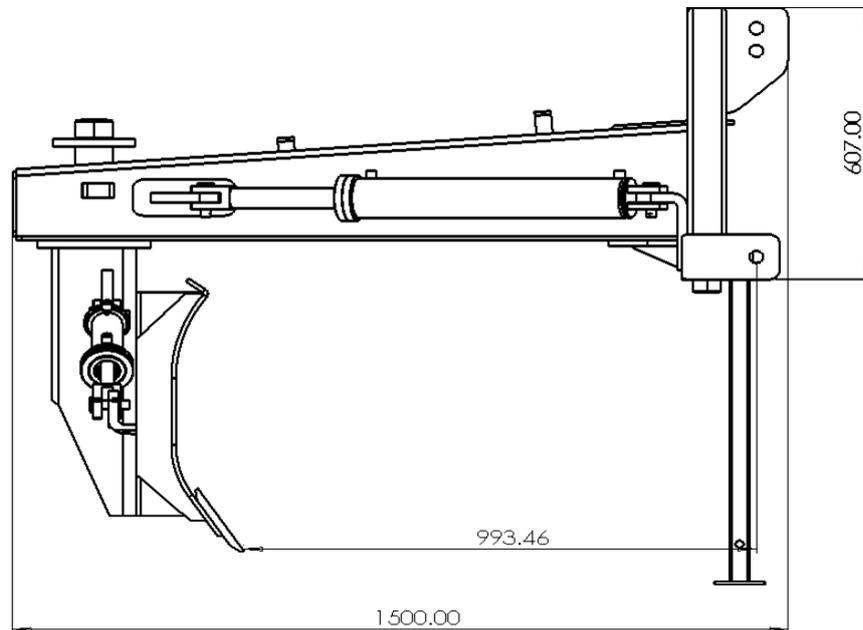
Las dimensiones que deben considerarse para el equipo están determinadas según las necesidades que tiene la empresa, de acuerdo a la información recolectada en las entrevistas. La medida mínima entre postes es $A = 2$ metros, siendo esta la medida que limita la anchura del equipo, comprobando de esta manera que la pala ingrese sin problema alguno en los espacios estrechos de los galpones, como se muestra en la figura 17.

Las dimensiones de la pala están determinadas de acuerdo a la tabla de especificaciones de ingeniería, siendo además la distancia entre ésta y el punto de apoyo con el tractor, no mayor a 1 metro, para un mejor manejo en la operación.

El equipo trabajara en terreno con desniveles, por lo que se está considerando 2 movimientos angulares y uno de desplazamiento en la pala para una mayor producción de operación, teniendo en cuenta la composición del material a retirar, el cual no es compacto ya que en el proceso anterior se utiliza un rotovalor para desmenuzar el suelo mediante el giro de sus cuchillas, dejando el terreno inconsistente para el bordeado con la pala niveladora.

Figura 15

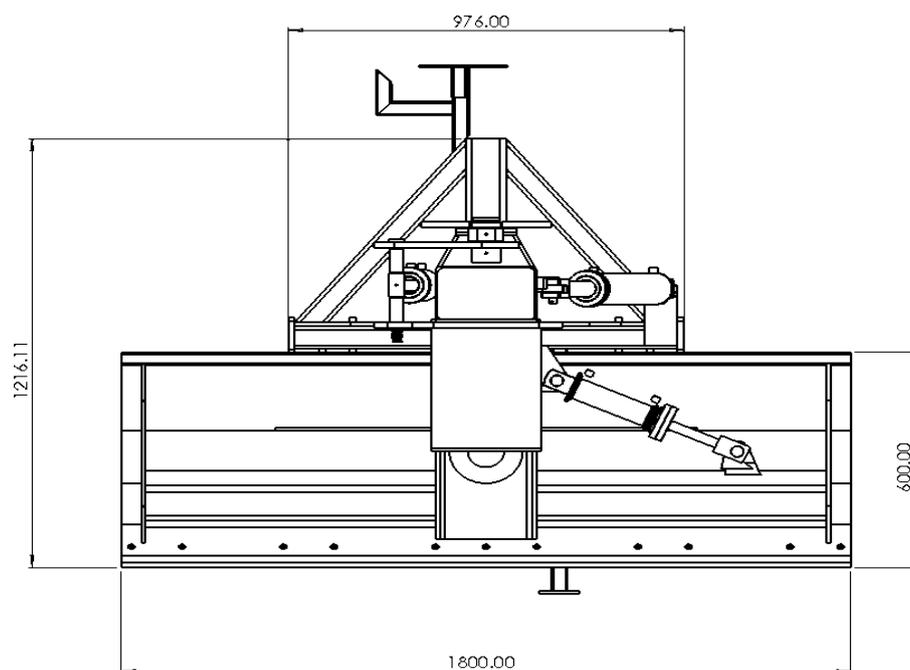
Dimensiones Generales de Pala Niveladora, Vista Lateral Derecha



Nota: Elaboración propia.

Figura 16

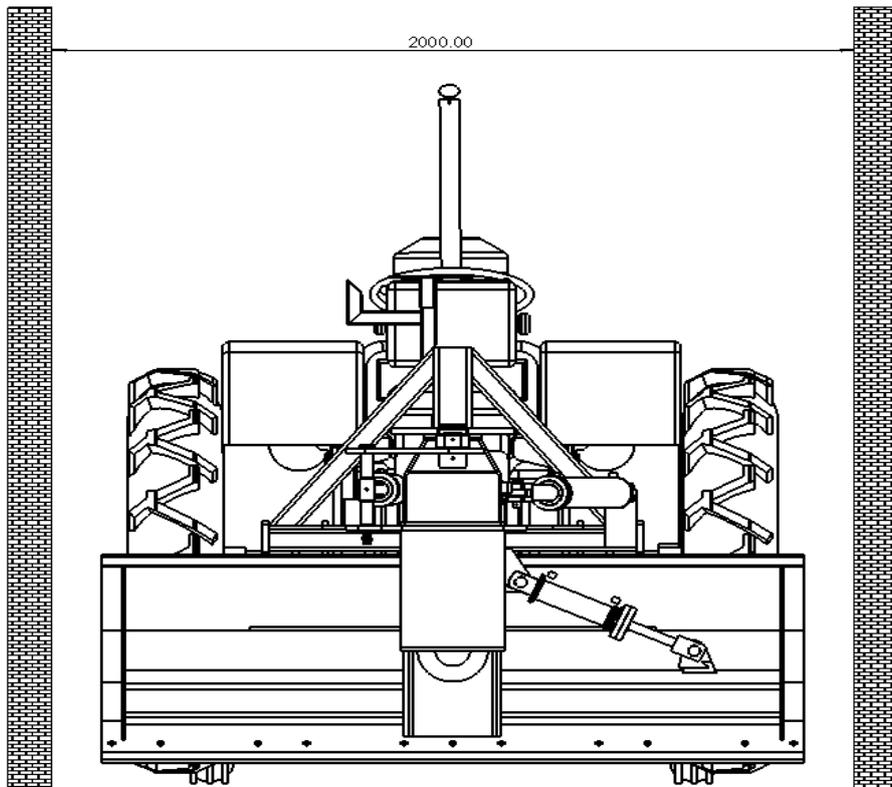
Dimensiones Generales de Pala Niveladora, Vista Frontal



Nota: Elaboración propia.

Figura 17

Pala Niveladora Montada en Tractor. Posicionada Entre Postes de Granja.



Nota: Elaboración propia.

4.5. Análisis estructural

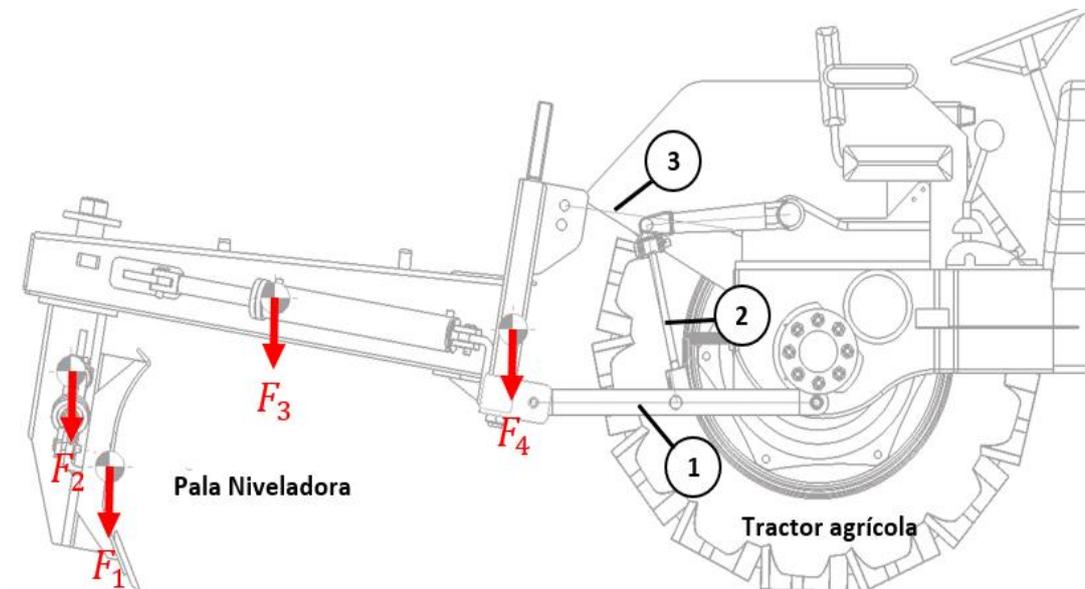
4.5.1. Diagrama de cuerpo libre de la pala niveladora

Para este sistema se analizarán 2 condiciones, (1) donde la Pala niveladora estará en su punto máximo de altura, elevada con el sistema hidráulico del tractor, y no se ejerce ninguna Fuerza reactiva en la Pala, además, la fuerza reactiva en los 3 puntos de enganche está relacionada con la fuerza que produce el peso de la estructura, y (2) donde la pala estará insertada en el terreno a una profundidad “h”, sometida a fuerzas reactivas.

En la Figura 18 se muestra el diagrama de cuerpo libre del equipo, el cual está montado en la parte posterior del tractor en modo de reposo, sobre los acoples de tres puntos. Cada elemento muestra la posición de su centro de gravedad con su respectivo peso: Pala (F1), Soporte de pala (F2), Bastidor (F3), Base (F4). Así mismo, se señalan los componentes que conforman el sistema de levante de tres puntos del tractor, el cual sujeta al equipo y es accionado por un pistón de simple efecto para el ascenso y descenso del mismo. (1) Barras inferiores, (2) Brazos niveladores, (3) Brazo del tercer punto.

Figura 18

Diagrama de Cuerpo Libre de la Pala Niveladora.



Nota: Elaboración propia.

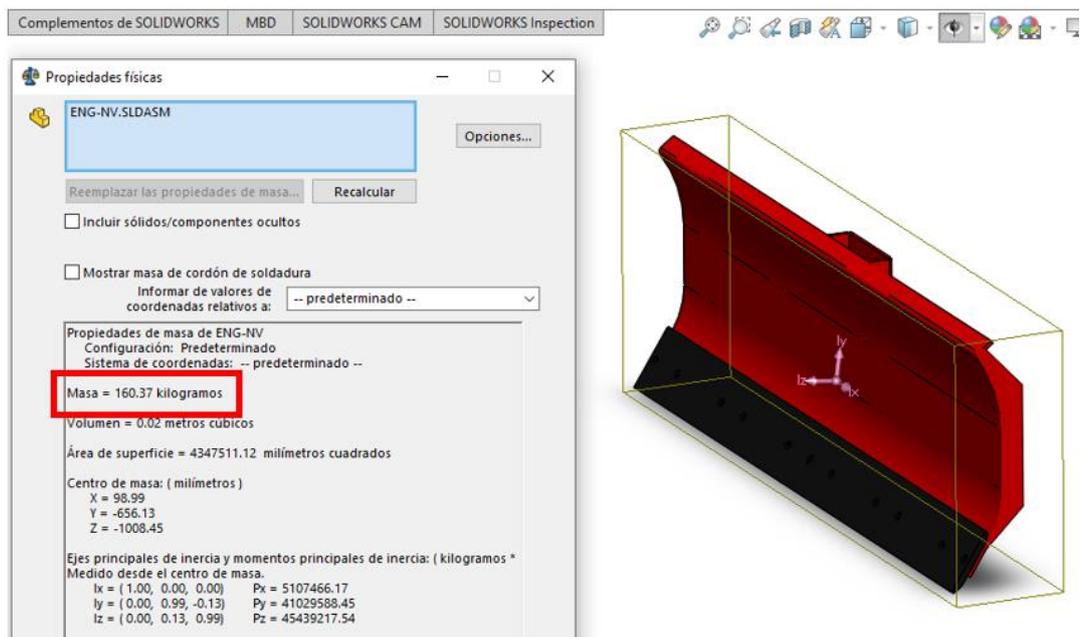
Para el procedimiento del análisis estructural serán empleadas las condiciones de equilibrio para el sistema, la cual indica que la fuerza y momento resultante que actúa sobre un cuerpo sea igual a cero ($\Sigma F=0$, $\Sigma M=0$). Para aplicar la ecuación de equilibrio se debe trazar un diagrama de cuerpo libre (DCL) en el cual se indiquen todas las fuerzas conocidas y desconocidas que actúan sobre el sistema completo y en cada elemento para determinar las fuerzas activas, reactivas y momentos.

Debido a la complejidad de la geometría se ha utilizado las herramientas de SolidWorks que permiten determinar la masa de la estructura diseñada en un modelo 3D mediante el comando de Propiedades Físicas, considerando al acero estructural ASMT A36 como material de fabricación.

En la figura 19 se muestra el diseño 3D de la pala con su centro de gravedad, en el cual actúa la fuerza resultante que el peso de la estructura ejerce. Utilizando los comandos del software 3D se obtiene la masa en kilogramo, el cual será multiplicado por la gravedad para calcular el peso.

Figura 19

Comando de Propiedades Físicas de SolidWorks Para la Pala.



Nota: Elaboración propia.

Cálculo del peso de la pala:

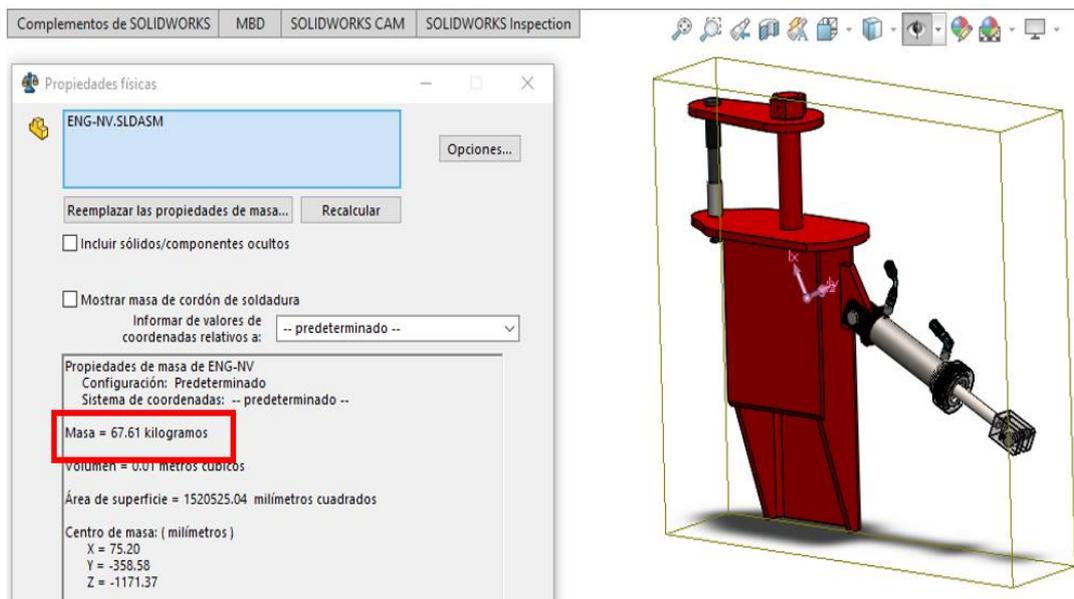
$$F_1 = m_p \times g$$

$$F_1 = 160.37 \times 9.81 = 1573.23 \text{ N}$$

Al igual que en el diseño de la pala en la Figura 19, se debe determinar el peso para cada elemento del diseño utilizando el comando de Propiedades físicas de SolidWorks. En la Figura 20 se muestra el diseño del Soporte de la pala, donde también se están considerando todos los sub elementos que lo conforman, con el fin de obtener el peso exacto para los cálculos. El elemento consta de la estructura del soporte de la pala, a la cual está sujeta un cilindro hidráulico que permite el movimiento angular vertical de la pala.

Figura 20

Comando de Propiedades Físicas de SolidWorks Para el Soporte de Pala.



Nota: Elaboración propia.

Cálculo del peso del soporte de la pala:

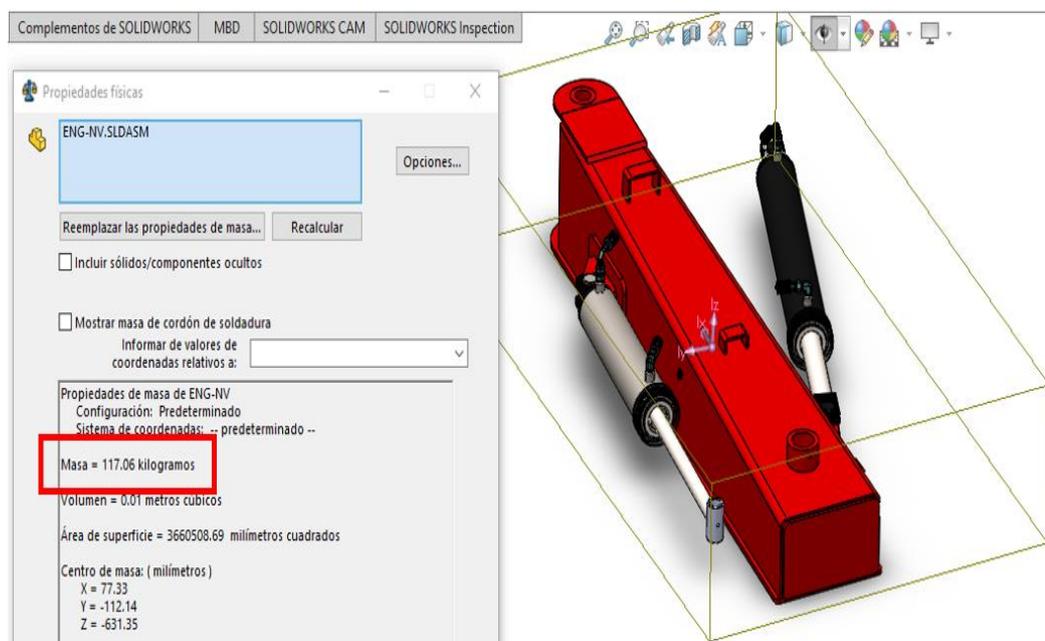
$$F_2 = m_s \times g$$

$$F_2 = 67.61 \times 9.81 = 663.25 \text{ N}$$

A continuación, se muestran los elementos en 3D que conforman el Bastidor y la Base (Figura 21, Figura 22, respectivamente), junto a la masa que les corresponde obtenida con el comando de propiedades físicas de SolidWorks, además del cálculo del peso en cada uno. En la imagen del diseño del Bastidor (Figura 21), se observan 2 elementos adicionales que son los cilindros hidráulicos, los cuales se consideran para el peso total del mismo.

Figura 21

Comando de Propiedades Físicas de SolidWorks Para Bastidor.



Nota: Elaboración propia.

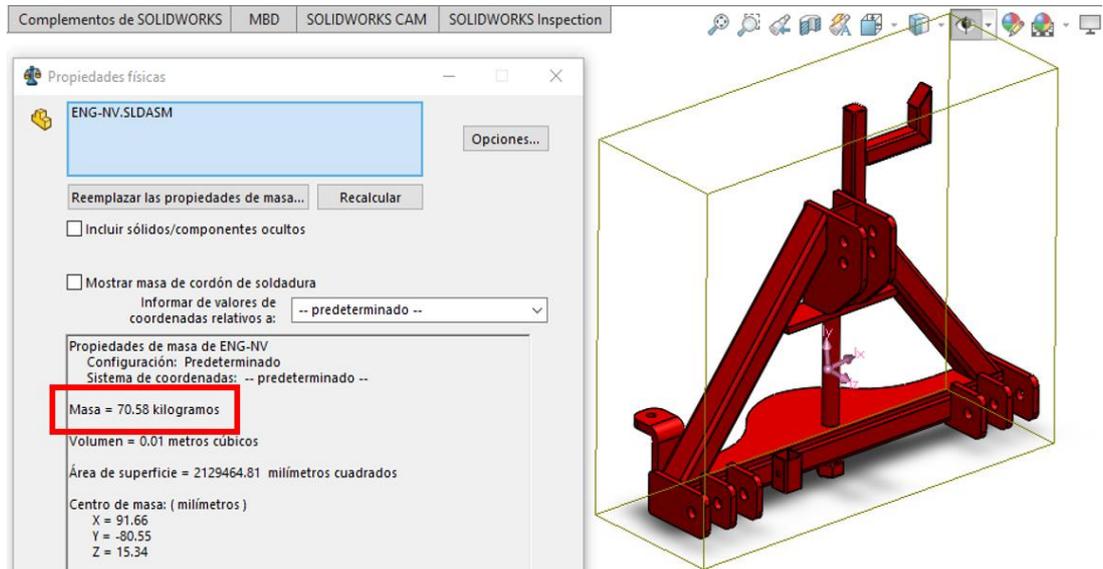
Cálculo del peso del bastidor:

$$F_3 = m_s \times g$$

$$F_3 = 117.06 \times 9.81 = 1148.36 \text{ N}$$

Figura 22

Comando de Propiedades Físicas de SolidWorks Para la Base.



Nota: Elaboración propia.

Cálculo del peso de la base:

$$F_4 = m_s \times g$$

$$F_4 = 70.58 = 692.39 \text{ N}$$

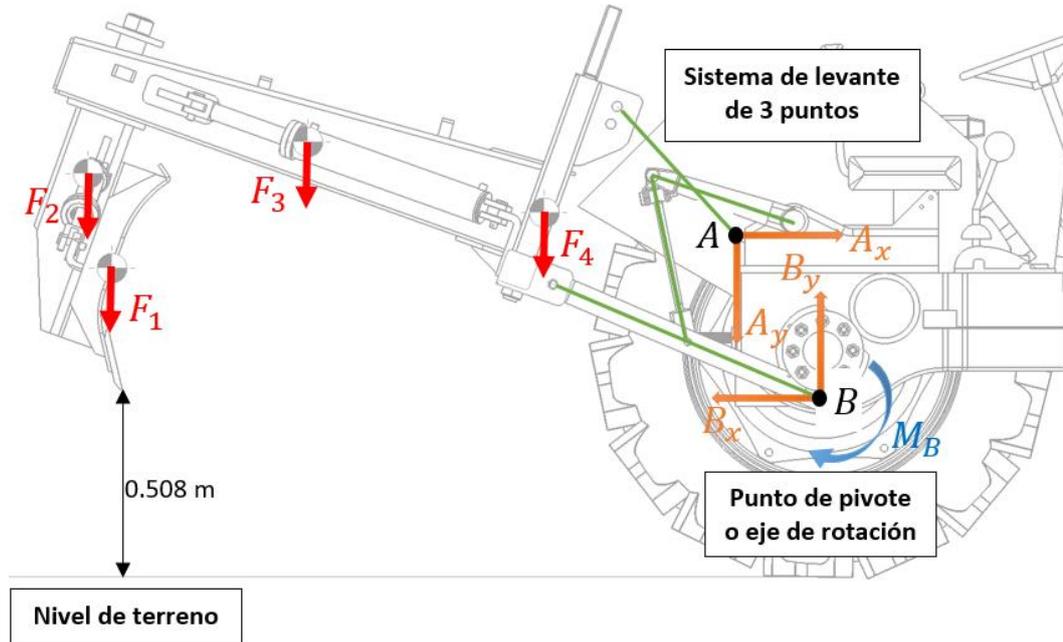
Con los pesos obtenidos para cada elemento de la pala niveladora, se procede a realizar los cálculos para determinar las Fuerzas activas y reactantes en los puntos de apoyo del diseño, realizando un diagrama de cuerpo libre de la pala en la 1ª condición.

1ª Condición: La pala se encuentra levantada hasta su altura máxima.

En la Figura 23 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la pala niveladora, el cual, junto al sistema de levante de 3 puntos forman un cuerpo rígido, teniendo reacciones en los puntos "A" y "B".

Figura 23

Diagrama de Cuerpo Libre y Ubicación De Fuerzas



Nota: Elaboración propia.

La estructura de la pala es soportada por el sistema de levante de 3 puntos. En esta condición las reacciones A y B se toman en los puntos de unión del sistema de levante con el tractor ya que se considera todo como un solo cuerpo rígido.

El momento total generado por los pesos de la estructura es contrarrestado por el momento generado por la fuerza del brazo que es elevado por el pistón y es igual al momento reactante M_b . El peso de cada elemento tiene sentido vertical hacia abajo (-y).

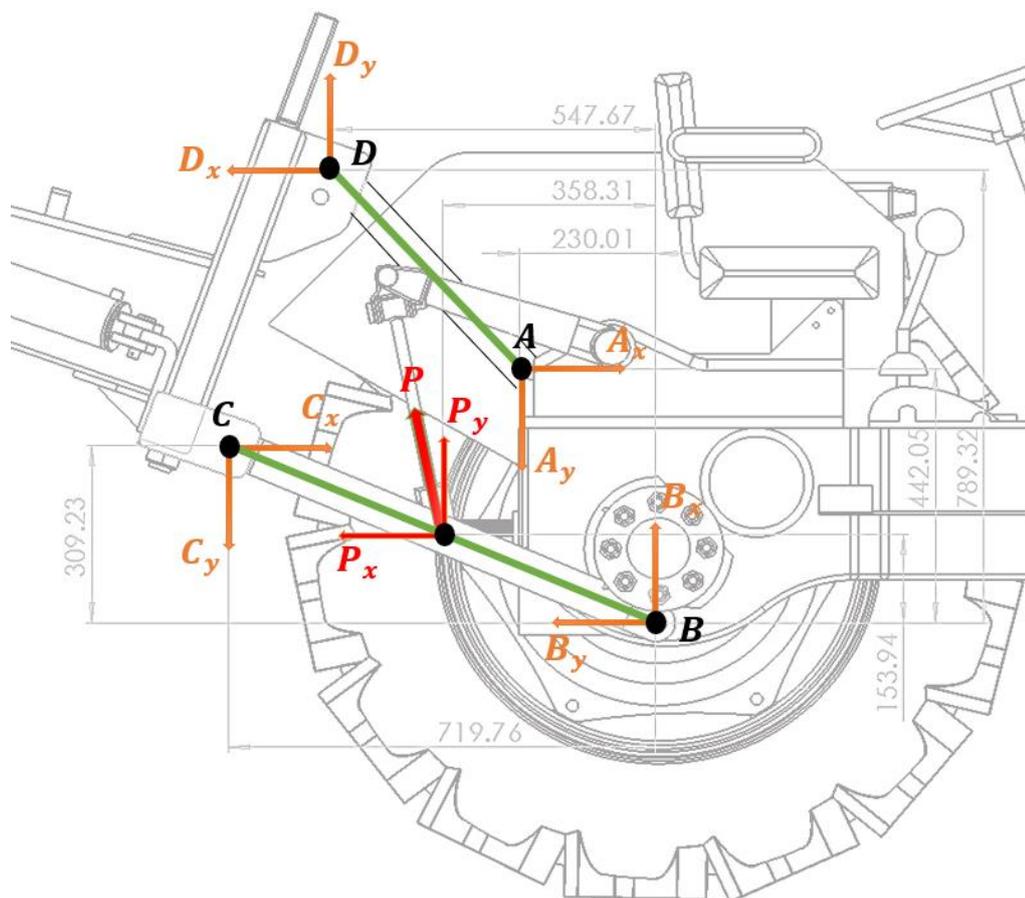
Al hallar las reacciones en los puntos "C" y "D" se realiza un análisis en el sistema de levante de 3 puntos para determinar las fuerzas en los Puntos "A" y "B", además de encontrar la Fuerza "P", la cual ejerce la acción de levante de las barras inferiores mediante los brazos niveladores que son elevados por el pistón.

Para el análisis se realiza el diagrama de cuerpo libre del sistema de levante de 3 puntos, el cual se considera como un cuerpo rígido, donde

el brazo de tercer punto se encuentra en tensión y tiene fuerzas en sus extremos en los puntos “A” y “D”, los cuales se descomponen en las coordenadas “x, y”. Las barras inferiores se encuentran en compresión y tienen en su extremo fuerzas en los puntos “C” y “B”, los cuales se descomponen en las coordenadas “x, y”, adicionalmente en la parte media existe una fuerza ejercida por los brazos niveladores “P”, la cual es levantada por la fuerza del pistón.

Figura 24

Diagrama de Cuerpo Libre del Sistema de Levante de 3 Puntos.



Nota: Elaboración propia.

Para encontrar las fuerzas en los puntos A y B se emplea las ecuaciones de equilibrio, obteniéndose:

$$A_x - B_x - P_x = 0$$

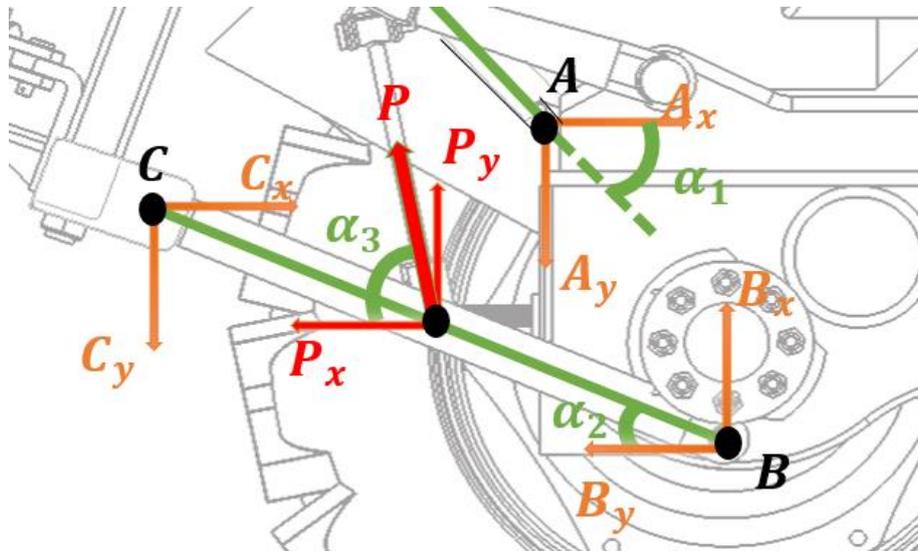
$$-A_y + B_y + P_y = C_y - D_y$$

$$-D_y d_{DB} + D_x d_{DB'} + C_y d_{CB} - C_x d_{CB'} + A_y d_{AB} - A_x d_{AB'} - P_y d_{PB} + P_x d_{PB'} = 0$$

Como hay 4 incógnitas y 3 ecuaciones, es necesario poner ecuaciones auxiliares. Estas ecuaciones las obtenemos de los ángulos de acción de las fuerzas en los puntos "A", "B" y "P" (α_1 , α_2 , α_3 respectivamente).

Figura 25

Diagrama de Cuerpo Libre en los Puntos A – B - P.



Nota: Elaboración propia.

De los resultados de las ecuaciones de sumatoria de fuerzas, reescribimos el sistema de ecuaciones en forma de matrices para resolverlo por el método de eliminación de Gauss – Jordan.

$$\sum F_y: \quad -1.09899.A_x + 0.4296.B_x + 4.67.P_x = 4077.23$$

$$\sum F_x: \quad A_x - B_x - P_x = 0$$

$$\sum M_B: \quad 0.189A_x + 1.519P_x = 6385.85$$

Matriz de ecuaciones con 3 variables.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} -1.09899 & 0.4296 & 4.67 & 4077.23 \\ 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0.189 & 0 & 1.519 & 6385.85 \end{array} \right)$$

Obteniendo como resultados para cada variable:

$$A_x = 11486.52 \text{ N}$$

$$B_x = 8711.74 \text{ N}$$

$$P_x = 2774.78 \text{ N}$$

En la ecuación de sumatoria de fuerzas en “y”, reemplazamos las ecuaciones referentes a los ángulos para B_y y P_y de trabajo de las fuerzas.

En la Tabla 7 se encuentra los resultados de las reacciones en los puntos A, B, C, D y P, del análisis estático de la Pala Niveladora en la primera condición cuando se encuentra en su altura máxima. El detalle de proceso de cálculo para la primera condición se encuentra en el Anexo 6.

Tabla 7

Fuerzas Resultantes del Análisis Estático de la Pala Niveladora

Punto/Nodo	x (N)	y (N)	Resultante
A	11486.52	12622.56	17066.61
B	8711.74	3742.56	9481.62
C	5171.669	9760.88	11.46.31
D	5171.669	5683.65	7684.40
P	2774.78	12958.97	13252.71

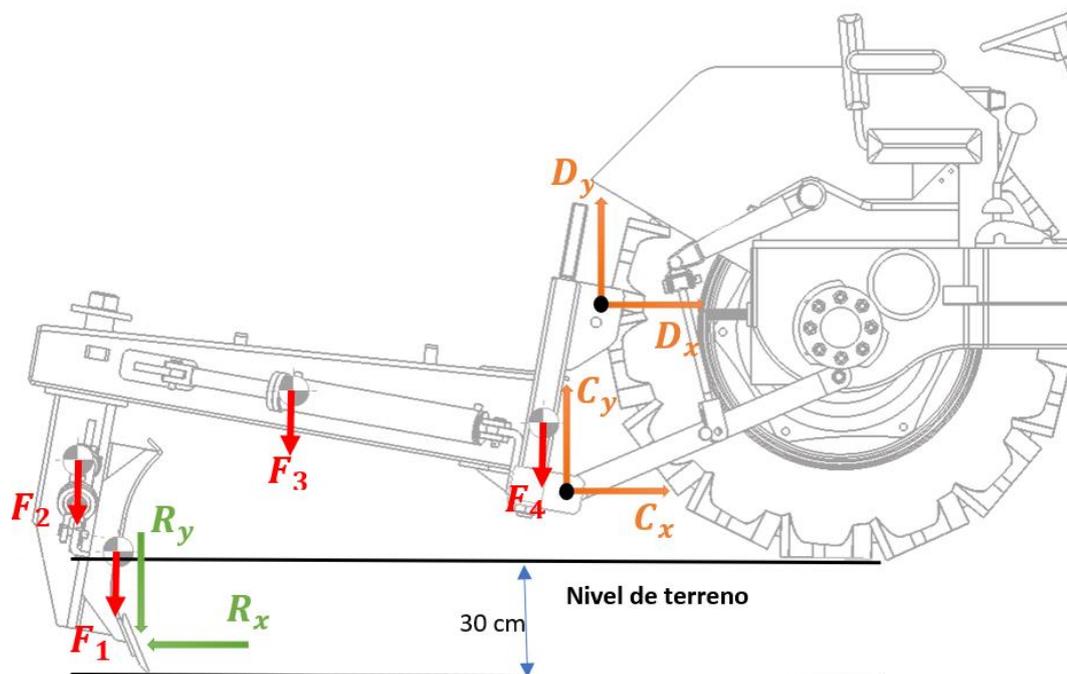
Nota: Elaboración propia.

2° Condición: La pala se encuentra hacia abajo, insertada en el terreno a una profundidad de 30 cm.

En la figura 26 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la pala niveladora en su posición de trabajo, en el cual, la pala esta insertada en el terreno a una profundidad de 30 cm desde el extremo inferior de la cuchilla hasta el nivel del terreno. Esta medida de profundidad es la máxima altura de la cama que tiene que ser removida para la limpieza de los galpones en la granja.

Figura 26

Diagrama de Cuerpo Libre de la Pala Niveladora con Reacciones



Nota: Elaboración propia.

Hay dos reacciones en el área de contacto de la pala con el material (R_x y R_y), producto de la resistencia del terreno a ser removido durante la operación de nivelado.

El momento generado por el peso de la estructura es la que se encarga de empujar la pala en el terreno.

No hay presión en el cilindro de simple efecto, por lo que el sistema de levante está en su presión más baja.

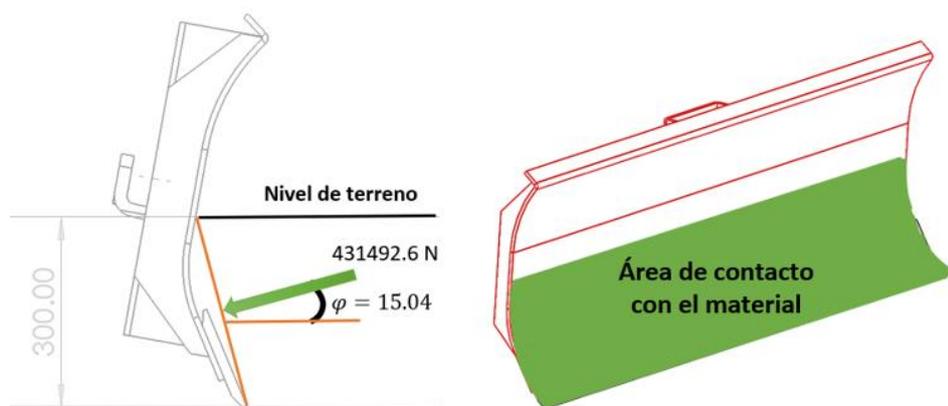
Para el análisis en esta posición de la pala niveladora se ha tomado el valor de la resistencia del suelo como $\sigma_t = 0.44 \text{ Kg/cm}^2$ para un tipo de suelo con características similares a la de este estudio (Lopez Beteta & Lopez Sevilla, 2016). Como resultado se tiene:

$$\sigma_t = 0.44 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 43149.26 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Con el ángulo $\varphi = 15.04$ y el área de contacto de la pala con el material a remover: $\text{Area contacto} = 0.5215 \text{ m}^2$, podemos determinar el valor de la Fuerza resultante "R", como también su descomposición en "y" y "x".

Figura 27

Diagrama de Pala - Fuerza y Ángulo de Resistencia del Terreno – Área de Contacto con el Material.



Nota: Elaboración propia.

De la ecuación de esfuerzo normal tenemos:

$$\sigma_t = \frac{Fuerza}{Area}$$

$$R = 43149.26 \times 0.5215$$

$$R = 22510.123 \text{ N}$$

Descomponiendo la Fuerza "R" en las coordenadas "y" y "x" tenemos:

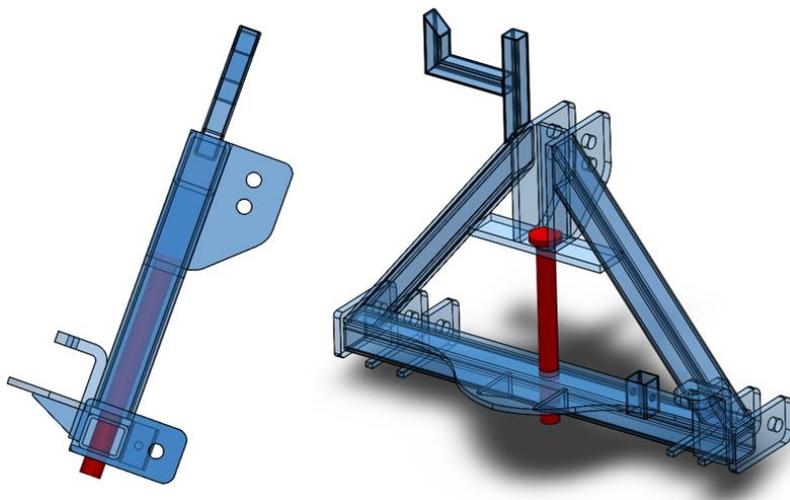
$$R_x = 21739.0365 \text{ N}$$

$$R_y = 5841.2267 \text{ N}$$

Al hallar las reacciones en los puntos "E" y "F", realizamos el diagrama libre del Pasador de pivoteo que sujeta la Base y el Bastidor. El Pin es el eje color rojo tal cual se muestra en la Figura 28, el cual ejerce reacciones en 2 puntos de la Base "E" y "F", y entre estos dos puntos hay una Fuerza que es ejercida por el Bastidor, el cual está en sentido contrario.

Figura 28

Posición del Pasador de Pivoteo en Contacto con la Base.

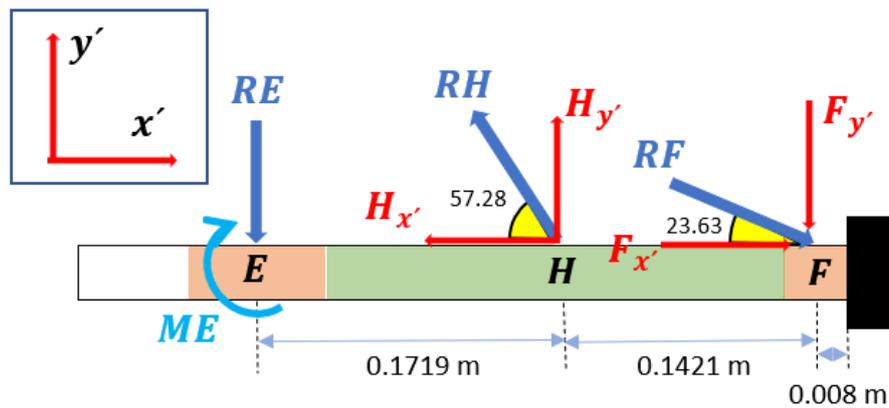


Nota: Elaboración propia.

Analizaremos el pin en un nuevo plano referencial, colocando su longitud paralela a la horizontal, donde las coordenadas serán y' y x' , aplicando la resultante de cada fuerza en los puntos "E", "H" y "F", con su dirección y ángulo que le correspondan.

Figura 29

Diagrama de Cuerpo Libre del Pasador de Pivoteo en el eje Auxiliar $x' - y'$



Nota: Elaboración propia.

$$H_{y'} = 19766.0716$$

$$H_{x'} = 12923.1741$$

$$F_{y'} = 6184.4208$$

$$F_{x'} = 12923.1741$$

$$ME = 1455.8796 \text{ N}$$

En la Tabla 8 se encuentra los resultados de las reacciones en los puntos C, D, E, F, H, F' y H', además del momento en el punto E, del análisis estático de la Pala Niveladora en la segunda condición cuando se encuentra en operación y la pala esta con carga aplicada en el área que se encuentra bajo el nivel del terreno. El detalle de proceso de cálculo para la segunda condición se encuentra en el Anexo 7.

Tabla 8

Fuerzas Resultantes del Análisis Estático – 2da Condición.

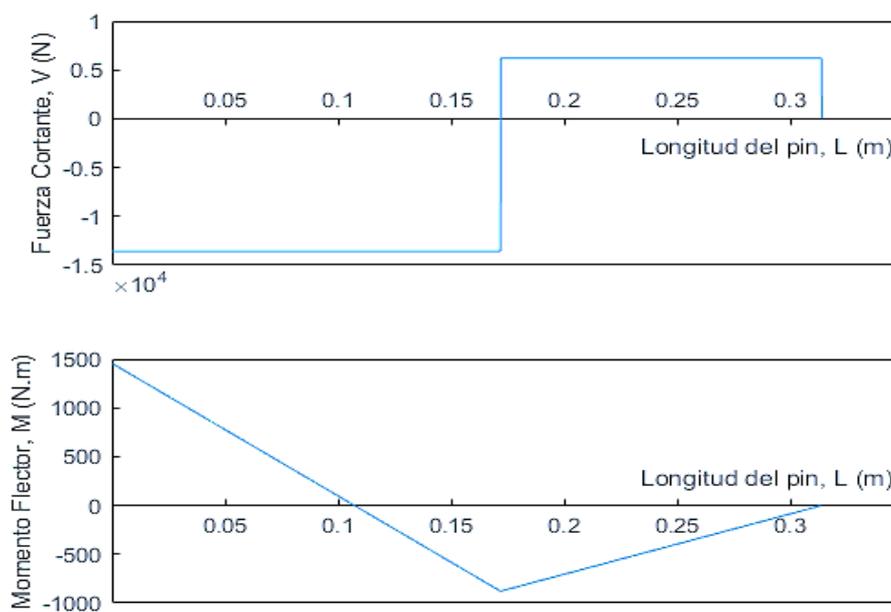
Punto/Nodo	X (N)	Y (N)	Resultante
C	14568.9269	5434.5941	15549.54803
D	7171.1096	4483.8626	8456.6835
E	13367.8397	2400.437	13581.6507
F	8371.1968	11626.5036	14326.6368
H	21739.0365	9226.0667	23615.8
F'	12923.1741	6184.4208	
H'	12923.1741	19766.0716	
ME			1455.8796

Nota: Elaboración propia.

De los resultados de la Tabla 8 se elaboró el Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector mostrado en la Figura 30 que resulta del análisis por el método de secciones.

Figura 30

Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector.



Nota: Elaboración propia.

4.6. Diseño Paramétrico y simulación

Después de determinar todas a fuerzas en los puntos de apoyo y aislar el elemento crítico para su análisis se empelo las ecuaciones 6, 7 y 8 para tener una relación para el diámetro, la resistencia del material y el Factor de Seguridad. Al programar estas ecuaciones en el Software de Ingeniería Matlab se realizó la gráfica paramétrica del factor de seguridad para diversos diámetros del pin de pivoteo, teniendo como parámetro el material del mismo. Se ha empelado 4 material de los usuales que se encuentran en el mercado nacional y la gráfica se ha realizado en un intervalo de diámetros de 1 a 2.5 pulgadas.

De las gráficas de la Figuras 31 a 33 se puede observar diferentes puntos donde se obtiene un Factor de Seguridad mayor a 1 para los distintos materiales. La Figura 31 pertenece al análisis paramétrico del pasador de pivoteo para una profundidad de remoción de material de 30 cm, la Figura 32 para una profundidad de 20.

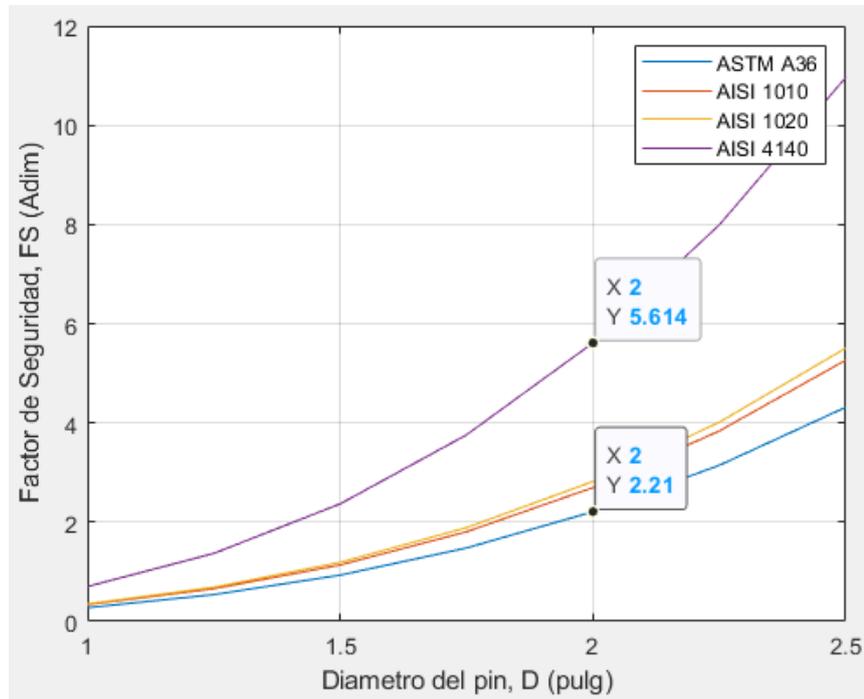
En las gráficas se compara 2 puntos, uno para el material más resistente (AISI 4140) y otro para el material menos resistente (ASTM A36). En una profundidad de 30 cm, para el AISI 4140 el diámetro de 2 pulgadas da factores de seguridad mayores a cinco, además en la gráfica para una profundidad de 20 cm se logra el mayor factor de seguridad $FS=7.653$ para diámetro de 2 pulgadas. Para el AISI 4140 el diámetro de 2 pulgadas cumple con factores de seguridad adecuados, siendo que en la gráfica para una profundidad más crítica de 30 cm se logra y factor de seguridad $FS=5.614$.

Al observar las gráficas se puede apreciar que los mayores factores de seguridad se logran cuando se trabaja con una profundidad se remoción de material de 20 cm, mientras que para una profundidad de 30 cm se alcanzan los menores factores de seguridad y es la condición límite de trabajo para la máquina.

En este caso se tomará un diámetro de 2 pulgadas para el pasador de pivoteo y un acero AISI 4140 aleado al molibdeno pues en el mercado este acero es mucho más resistente.

Figura 31

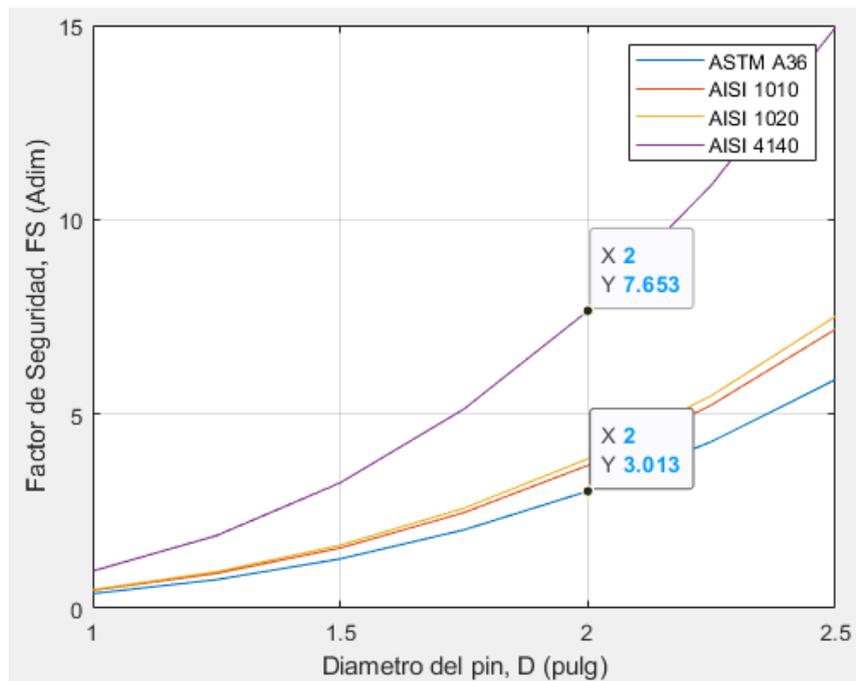
Grafica paramétrica para una profundidad de 30 cm.



Nota: Elaboración propia.

Figura 32

Grafica paramétrica para una profundidad de 20 cm.



Nota: Elaboración propia.

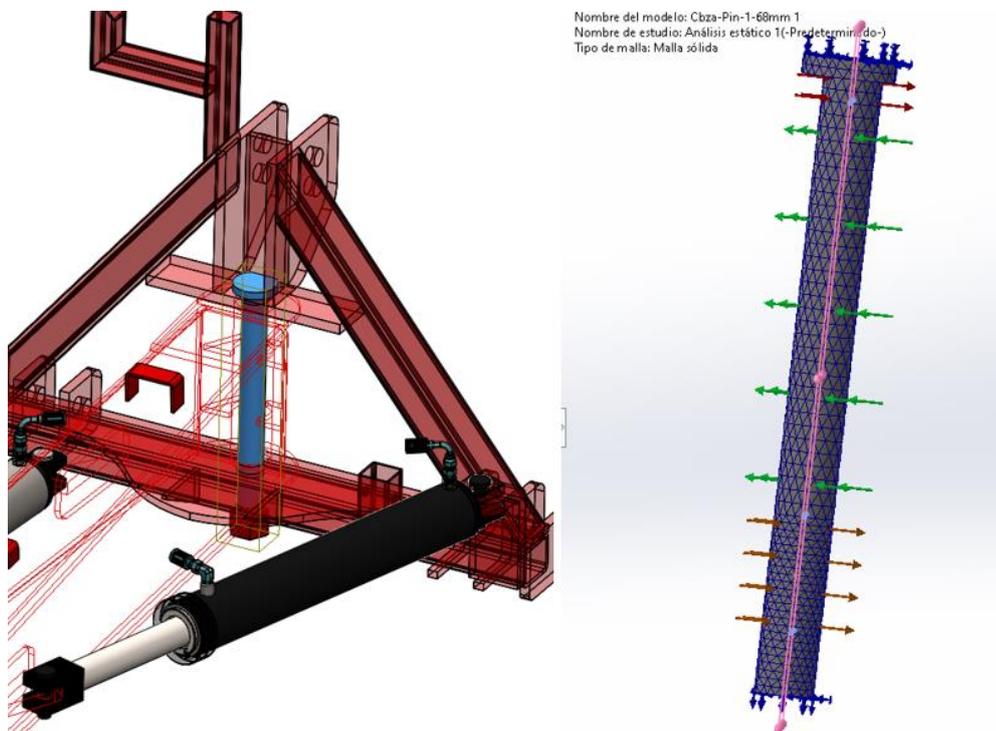
Simulación en SolidWorks

Luego de realizar los cálculos analíticos y la parametrización a través de la GUI de Matlab, se determina el diámetro del pin de la Base, donde se generan los esfuerzos máximos, seleccionando el material adecuado con un factor de seguridad confiable que garantice la solidez del diseño.

Luego se realizó el diseño 3D de las piezas de la Pala Niveladora con ayuda del software SolidWorks, tomando el elemento crítico donde actúa la mayor fuerza de operación, seccionándolo según la ubicación de cada fuerza aplicada en la superficie, se creó un nuevo estudio de análisis estático en el comando de simulación, se aplicó sujeción en el extremo superior e inferior, se aplicó las fuerzas y se ejecutó la simulación realizando previamente el enmallado. Las soluciones de la simulación nos permitieron identificar la concentración de esfuerzos de Von Mises, deformación, factor de seguridad para la validación del análisis.

Figura 33

Simulación en SolidWorks – Aplicación de Fuerzas y Enmallado.



Nota. Elaboración Propia

Tabla 9

Simulación en SolidWorks Para el Elemento Crítico – Carga Estática.

		MATERIAL	
		ASTM A-36	AISI 4140
V O N M I S E S	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 1,201.01</p>	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 1,231.74</p>	
	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1 Criterio: Automático Distribución de factor de seguridad: FDS min = 2.1</p>	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1 Criterio: Automático Distribución de factor de seguridad: FDS min = 5.4</p>	
F A C T O R D E S E G U R I D A D			

Nota. Elaboración Propia

En la tabla 9 se muestra el resultado de las simulaciones para el elemento crítico comparando los materiales estructurales ASTM A-36 y AISI 4140, los cuales nos mostraron un valor del Factor de Seguridad

mínimo y máximo respectivamente para el pasador de pivoteo en el diseño paramétrico realizado en MatLab.

En la tabla 10 se describe el resultado de la simulación para el material ASTM A36 y AISI 4140 sobre el elemento crítico de diámetro 2”, el cual muestra igualdad con los resultados del análisis paramétrico.

Tabla 10

Resultado de Simulación en SolidWorks con Carga Estática.

Material	Esfuerzo fluencia (MPa)	Deformación	Von Mises (MPa)	Factor de seguridad
ASTM A-36	250	3.74×10^{-4}	118.638	2.107
AISI 4140	635	3.7×10^{-4}	117.203	5.418

Nota. Elaboración Propia

La simulación realizada con ambos materiales nos muestra cuál de los dos nos proporciona un mayor valor en el Factor de Seguridad, lo que nos garantiza una elevada resistencia a las Fuerzas que actúan en el elemento. El acero AISI 4140 posee un Esfuerzo a la fluencia mayor en comparación con el ASTM A36.

En la table 10 se puede observar los resultados de la simulación del elemento crítico. La leyenda situada en el lado izquierdo de cada simulación indica el nivel mínimo (color azul) y máximo (color rojo) que se puede tener en la pieza de acuerdo al análisis, lo cual se ve reflejado en el elemento con los mismos colores, siendo el verde el valor medio. En la simulación de esfuerzo de Von Mises se muestran las tensiones a la que está expuesta la pieza, donde podemos ver el punto más crítico, situado en la parte donde hace contacto la estructura de la Base y el bastidor, donde el valor es de 113.119 MPa. Con un esfuerzo de fluencia es de 635 MPa para el material seleccionado (Propiedades en Anexo 9), el F.S. es de 5.418, por lo tanto, el elemento no fallara.

El equipo estará sometido a cargas dinámicas por el movimiento que se produce en el terreno con desnivel, lo que generará que las fuerzas y reacciones en el pasador de pivoteo sean mayores a las calculadas estáticamente, por lo cual, se realiza el cálculo de fatiga y análisis dinámico del elemento crítico (Ver Anexo 7), donde el Factor de Seguridad se verá afectado.

Tabla 11

Simulación en SolidWorks – Resistencia a la Fatiga y Carga Dinámica.

	RESISTENCIA A LA FATIGA	CON CARGA DINAMICA
VON MISES	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 1,034.82</p> <p>von Mises (N/m²)</p> <p>138,097,792.000 124,288,032.000 110,478,264.000 96,668,496.000 82,858,736.000 69,048,968.000 55,239,204.000 41,429,440.000 27,619,676.000 13,809,911.000 145.734</p> <p>→ Límite elástico: 635,000,000.000</p> <p>Máx.: 138,097,792.000 Mín.: 145.734</p>	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 995.158</p> <p>von Mises (N/m²)</p> <p>152,462,336.000 137,216,128.000 121,969,904.000 106,723,688.000 91,477,472.000 76,231,248.000 60,985,028.000 45,738,812.000 30,492,592.000 15,246,375.000 156.654</p> <p>→ Límite elástico: 635,000,000.000</p> <p>Máx.: 152,462,336.000 Mín.: 156.654</p>
FACTOR DE SEGURIDAD	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1 Criterio: Automático Distribución de factor de seguridad: FDS min = 4.6</p> <p>FDS</p> <p>6.000 5.860 5.720 5.579 5.439 5.299 5.159 5.019 4.879 4.738 4.598</p> <p>Máx.: 6,000 Mín.: 4,598</p>	<p>Nombre del modelo: Cbza-Pin-1-68mm 1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1 Criterio: Automático Distribución de factor de seguridad: FDS min = 4.2</p> <p>FDS</p> <p>6.000 5.816 5.633 5.449 5.266 5.082 4.899 4.715 4.532 4.348 4.165</p> <p>Máx.: 6,000 Mín.: 4,165</p>

Nota. Elaboración Propia

Se realiza la simulación en SolidWorks para el pasador de pivoteo aplicando las cargas evaluadas en el cálculo de Fatiga y análisis dinámico del Anexo 7, teniendo como resultado un mayor esfuerzo de Von Mises y un menor valor para el Factor de seguridad con carga dinámica.

En la Tabla 12 se muestra los resultados de la simulación por método de elemento finito en SolidWorks.

Tabla 12

Resultado de Simulación en SolidWorks en Fatiga y con Carga Dinámica.

Simulación	Material	Esfuerzo fluencia (MPa)	Von Mises (MPa)	Factor de seguridad
Fatiga	AISI 4140	635	138.097	4.598
Carga Dinámica	AISI 4140	635	152.462	4.165

Nota. Elaboración Propia

En los resultados se aprecia que, al aplicar la carga dinámica al equipo, el elemento crítico que es el pasador de pivoteo, pasa de tener un valor del Factor de seguridad en Carga Estática de 5.418 a un valor por carga dinámica de 4.165, lo que indica que el movimiento dinámico que ejerce la Pala Niveladora Hidráulica en la operación de trabajo, con el tractor a velocidad de 15 Km/h sobre terreno desnivelado y con la pala insertada en el terreno en profundidad $h=30$ cm, produce mayor esfuerzo y disminución del F.S., considerando que el material seleccionado es el indicado para el elemento.

4.7. Diseño de selección de componentes estándar

Para la selección de componentes del equipo se considera el material de la estructura, la cual equivale a más del 80% del total, los cilindros hidráulicos, el sistema de mangueras hidráulicas, la válvula oleohidraulica.

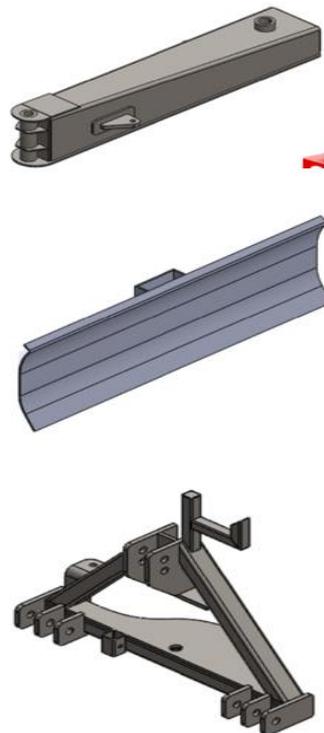
Planchas de acero

La estructura de la Pala Niveladora, conformada por la base, bastidor, soporte de pala y pala están fabricados en acero estructural AISI 1030 (Otras designaciones: ASTM A29), con diferentes espesores, por lo cual, conforman una estructura robusta y sólida, la cual esta ensamblada rigurosamente para garantizar el movimiento optimo en la operación. Cada elemento esta unido mediante pines roscados de acero, arandela y pernos.

Figura 34

Materia Prima Para Fabricación de Estructura de Pala Niveladora

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
		1200	4	2400	8	134.81
6.0	1/4"	1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
		1200	4	2400	8	178.34
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
8.0	5/16"	2400	8	6000	20	904.32
		1200	4	2400	8	201.00
8.9	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
9.0	3/8"	2400	8	6000	20	10173.36
		1200	4	2400	8	278
		1200	4	2400	8	279.90
11.9	1/2"	1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
16	5/8"	1200	4	2400	8	433.60



Nota. Elaboración Propia

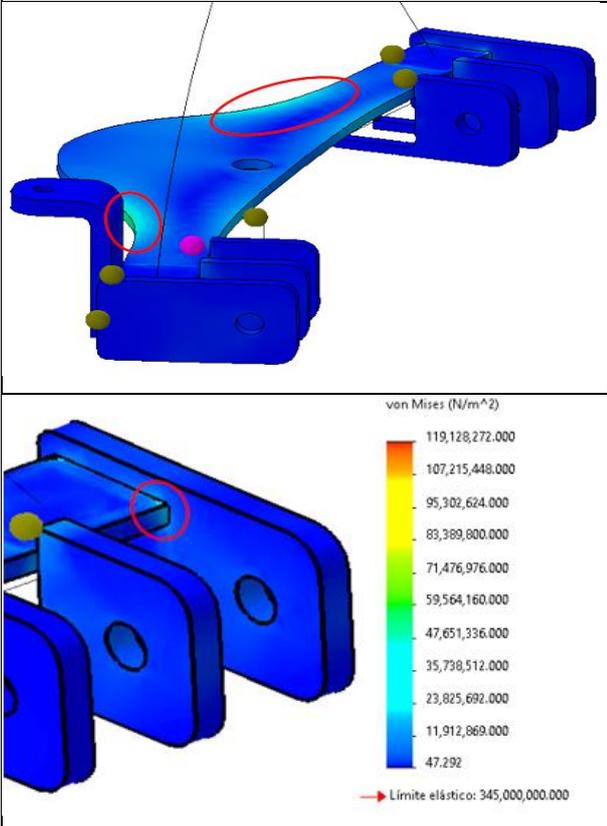
Para el diseño de la base, se consideran las dimensiones del enganche tripuntal que se encuentran estandarizados en la norma ISO 730 (Ver Anexo 10). El diseño se hace para operar con tractores de categoría II (30 – 42 KW) en adelante.

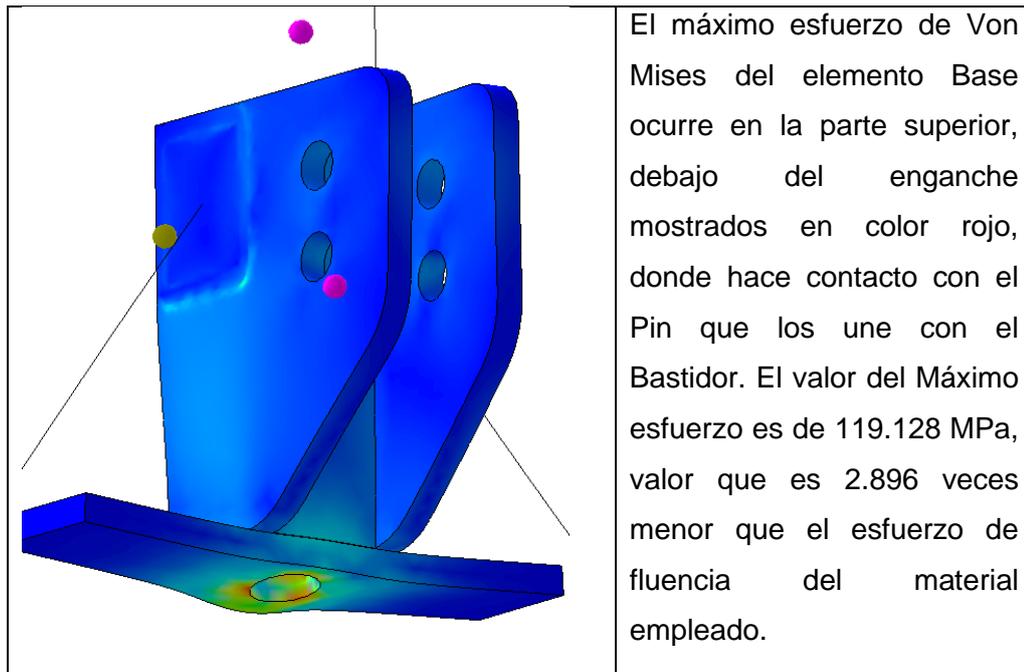
Los soportes de enganche tripuntal de la base deben soportar el peso de los elementos y las fuerzas de reacción que se ejercen en operación, conforme a la condición 2. El valor de la fuerza ejercida en los soportes de la base se encuentra en el Anexo 7, correspondiente a los puntos “C” y “D”. El espesor de los soportes es 5/8". La plancha horizontal de espesor 1/2", los tubos rectangulares de 3 x 4x 1/4".

Se realiza un estudio de falla por medio de una simulación por método de elemento finito en los soportes de enganche en SolidWorks Simulation. Se considera un esfuerzo de fluencia del material: 635 MPa.

Tabla 13

Simulación de Esfuerzo de Von Mises en Soporte de la Base.

Simulación	Descripción
	<p>Verificando el resultado, los valores de máximo esfuerzo de Von Mises en la parte inferior del elemento Base, ocurren en la parte curva de la plancha horizontal y en la parte soldada con los soportes inferiores, los cuales se muestran en la leyenda de color verde, con un valor de 71.48 MPa, indicando que las piezas del elemento no fallaran, considerando el Esfuerzo de fluencia máximo del Acero AISI 1030, que es de 345 MPa.</p>



Nota. Elaboración Propia

Para el bastidor se emplea plancha de 5/16" con doblez en "U" para la parte superior y para la base se utiliza plancha de 3/8". Su longitud total esta diseñada de manera que, al montar la pala, la distancia entre esta y las llantas del tractor no supere a 1 metro, esto debido a que el espacio entre postes del área de trabajo es reducido y se necesita que el equipo opere sin inconvenientes.

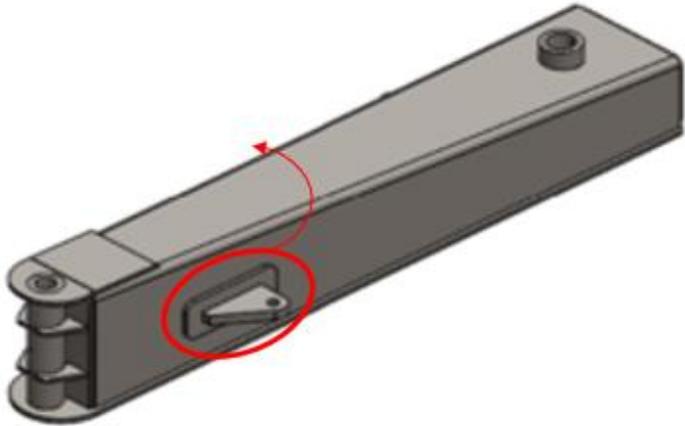
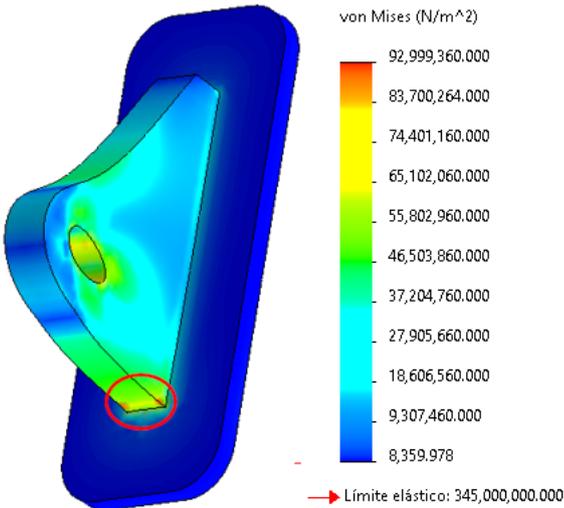
En el bastidor se encuentran los soportes que sujetan a los cilindros, en donde actúan fuerzas de reacción debido a la presión que el vástago ejerce. En el Anexo 8 se muestra el diagrama de cuerpo libre donde el cilindro que ejerce más fuerza se encuentra totalmente extendido, siendo "Q" la máxima fuerza, con el valor de 25689.36 N en el ángulo de posicionamiento máximo, con la condición más crítica para el elemento.

Los soportes son de plancha de 3/8" en la base y 3/4" en la parte que hace contacto con el cilindro, tal como se muestra en la Figura 21.

De la misma forma que en los soportes de enganche tripuntal, se realiza el estudio de fallas del soporte de cilindro por medio de una simulación de elemento finito en SolidWorks Simulation.

Tabla 14

Simulación de Esfuerzo de Von Mises en Soporte de Cilindros Hidráulicos.

Ubicación de soportes	
	
Simulación	Descripción
	<p>Verificando el resultado, el máximo esfuerzo de Von Mises en el soporte, ocurre en la parte inferior de la plancha perpendicular, en la parte soldada, el cual se muestra en color rojo, con un valor de 92.99 MPa, lo cual es menor a la mitad del esfuerzo límite del material seleccionado, indicando que el elemento no fallara. Esfuerzo de fluencia máximo del Acero AISI 1030 es 345 MPa.</p>

Nota. Elaboración Propia

Para la pala se emplea plancha de acero AISI 1030 de 3/8", cuyas dimensiones están determinadas de acuerdo a la tabla 3 de especificaciones de ingeniería, que se relacionan con las necesidades del trabajo a realizar.

Cilindro Hidráulico:

El sistema hidráulico del equipo se encargará de convertir la energía hidráulica en energía mecánica para accionar los movimientos de la pala en ángulo vertical y horizontal. Los cilindros hidráulicos serán accionados por el medio del sistema hidráulico del tractor, los cuales serán controlados por la válvula hidráulica. La presión máxima de trabajo de un tractor agrícola es de 1500 PSI en condiciones estándar de operación. El cálculo analítico se muestra en el Anexo 8.

Las características de los cilindros hidráulicos que accionan los movimientos de la pala se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

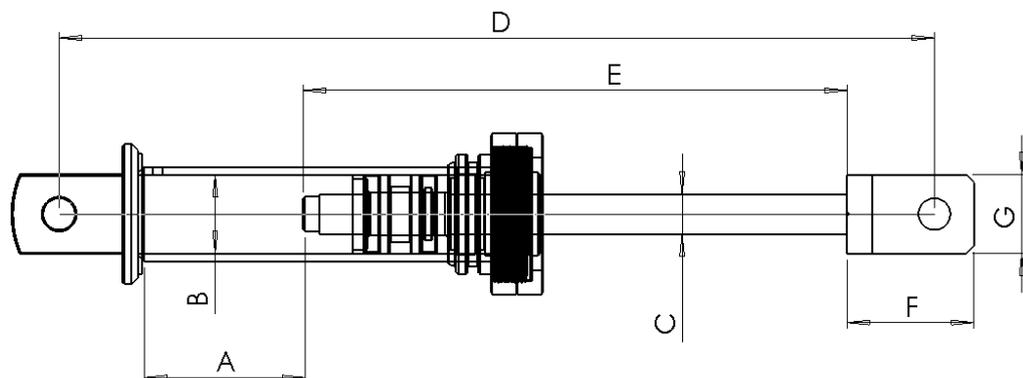
Medidas de Cilindros Hidráulicos.

Elemento	Código	Carrera (mm)	D. Int. (in)	D. vástago (in)
		A	B	C
Cilindro 1	CH-C	101.5	2	1
Cilindro 2	CH-B	223.5	2	1 1/4
Cilindro 3	CH-A	445	2 3/8	1 1/2

Nota. Elaboración Propia

Figura 35

Cilindro Hidráulico.



Nota. Elaboración Propia

El material base de la camisa debe ser ST 52 DIN 2391/C., pulido según norma ISO H8.

El material de los vástagos debe ser acero SAE 1045, cromada (20 micras) endurecida por inducción 50-60 Rc.

Presión máxima de trabajo: 1500 PSI

La empresa HFP Hidraulic es especialista en la fabricación y suministro de cilindros hidráulicos, el cual proveerá de los 3 elementos.

Manguera Hidráulica:

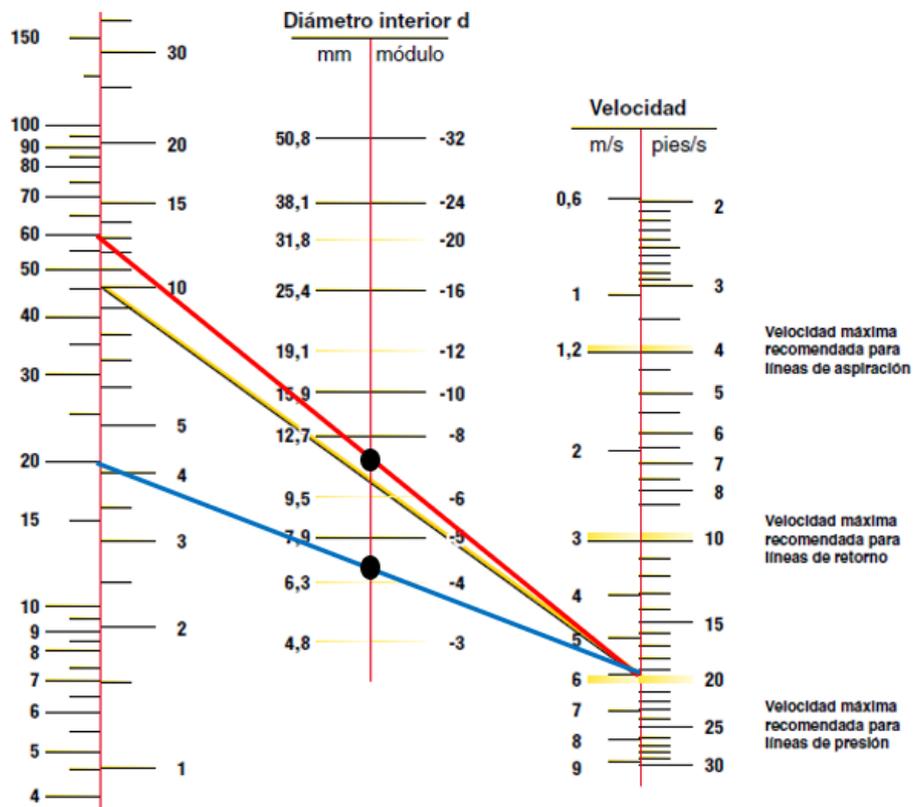
Para la selección de mangueras hidráulicas se toma en cuenta la presión de trabajo, de tal modo que la presión de trabajo máxima recomendada de la manguera sea igual o mayor que la presión máxima del sistema, además del caudal. Para la selección se puede utilizar el Nomograma de capacidad de mangueras (Ver Figura 36).

El diámetro de manguera desde el puerto de alimentación del tractor hasta la válvula de control, Línea D-1 mostrada en la Figura 39, se calcula con un caudal=60.2 L/min (Ficha técnica del tractor, Anexo 11) y la velocidad máxima para líneas de presión de 6 m/s, siendo el resultado un diámetro interno de 12.7 mm (1/2"), y modulo -8, mostrado en la intersección de la línea roja en la Figura 36.

Para el diámetro de manguera desde la válvula de control hasta los cilindros hidráulicos, líneas A, B, C, de la Figura 40, se calcula con un caudal de 20 L/min y una velocidad máxima para líneas de presión de 6 m/s, siendo el resultado un diámetro interno de 7.9 mm (5/16"), y modulo -5, mostrado en la intersección de la línea azul en la Figura 36.

Figura 36

Nomograma Para Selección de Diámetro Interno de Manguera Hidráulica.



Nota. Nomograma de capacidad de caudal. Adaptado de Manguera Hidráulica, terminales y equipo, de Parker, 2005.

Las características deben ser las siguientes:

Refuerzos: 2 trenzas de acero.

Temperatura de operación: -40°C hasta 100°C

Tubo y cubierta: Caucho sintético especial.

Resistente al aceite hidráulico, vegetal y mineral.

Para sistemas hidráulicos de mediana-alta presión en la industria.

La empresa Soluciones Industriales Velásquez EIRL puede proporcionar este tipo de mangueras en los diámetros requeridos.

Figura 37

Materia Prima Para Fabricación de Estructura de Pala Niveladora



SAE100R2AT						CONSTRUCCION		
Diseñada para trabajar en líneas de alta presión hidráulica. Cumple o supera los requisitos de la SAE 100R2 Tipo AT y SAE 100R2 Tipo S y requisitos de la norma EN 853 2SN.						TUBO	REFUERZO	CUBIERTA
DASH	Hose I.D. (In.)	Hose O.D. (In.)	Working Pressure (psi)	Min. Burst Pressure (psi)	Min. Bend Radius (In.)			
-3	3/16	0.52	5.800	23.200	3.5	Nitrilo	2 Trenzas, Alambre	NBR/PVC
-4	1/4	0.58	5.800	23.200	4.0			
-5	5/16	0.67	5.000	20.000	2.6			
-6	3/8	0.73	4.800	19.200	5.0			
-8	1/2	0.86	4.000	16.000	7.0			
-10	5/8	0.98	3.630	14.520	8.0			
-12	3/4	1.14	3.120	12.480	9.5			
-16	1	1.48	2.400	9.600	12.0			
-20	1,1/4	1.87	1.820	7.280	16.5			
-24	1,1/2	2.15	1.310	5.240	20.0			
-32	2	2.65	1.160	4.640	25.0			

Constante -40°C +100°C (T max aire = +70°C)
Temperatura ambiente -40°C +80°C

Nota: Especificaciones de Mangueras Hidráulicas R2 R2. Recuperado de Mangueras Hidráulicas, de Acorsa Perú, 2021.

Válvula Oleohidraulica

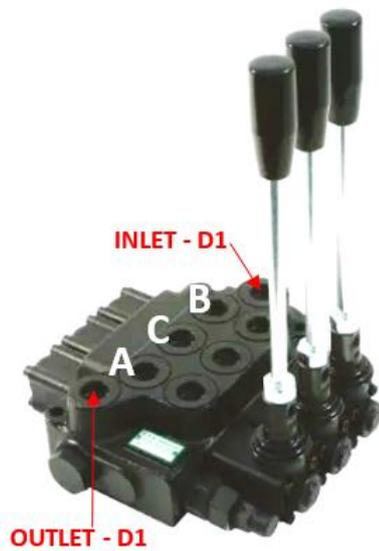
Para accionar los cilindros hidráulicos de doble efecto se necesita la implementación de un sistema que controle el ingreso y salida del fluido hidráulico. También debe permitir abrir o cerrar las entradas, dependiendo si el sistema esta fijo.

La válvula hidráulica de control tiene terminales A, B y C (Figura 38) que van conectados mediante mangueras hidráulicas a los cilindros CH-A, CH-B y CH-C respectivamente según la Figura 39, cuyo diámetro es de 5/16". Para los puertos de entrada y salida (INLET/OUTLED D1) los terminales tienen un diámetro de 1/2".

Se selecciona la Válvula oleohidraulica 1/2" 3 palancas D.E. STANDARD.

Figura 38

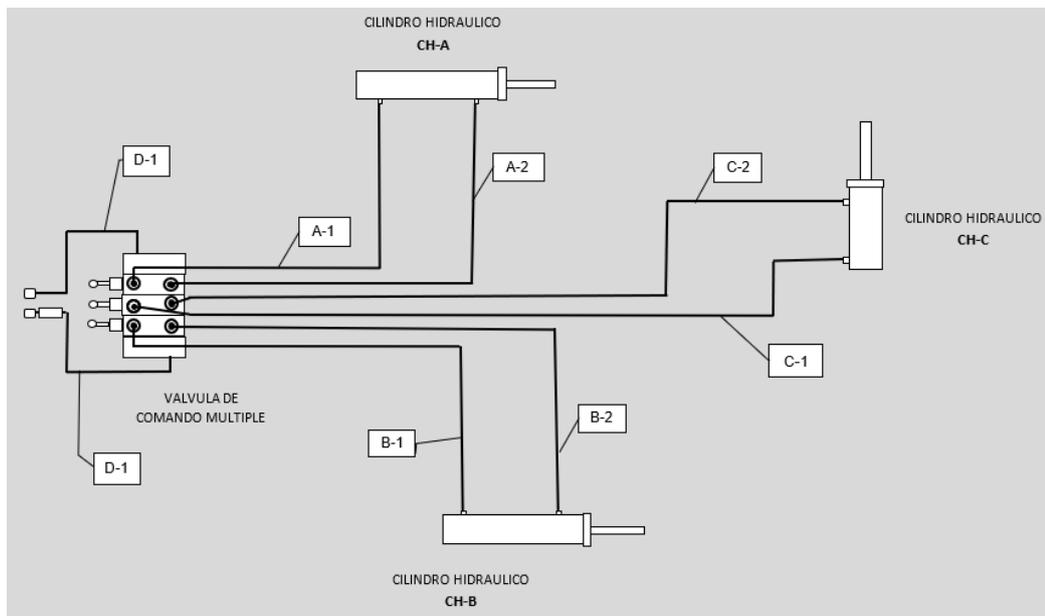
Válvula Oleohidráulica 1/2", 3 palancas D.E. Standard.



Nota. Monoblock de válvulas de control direccional. Recuperado de Hidráulica, de Destaco Ingenieros, 2017.

Figura 39

Estructura del sistema Hidráulico Mecánico.



Nota. Elaboración Propia

4.8. Elaboración de planos de fabricación

Al haber realizado los cálculos analíticos, el de diseño paramétrico comprobando los resultados de las variables de entrada y de solución en los elementos críticos, y la selección de componentes, se procede a realizar el diseño en 3D de cada elemento que conforma la Pala Niveladora con las dimensiones y características según los resultados obtenidos en la parametrización, calculo analítico y de acuerdo a lo requerido por la empresa.

Luego realizamos los planos de los elementos de la Pala Niveladora, cuales se muestran en el Anexo 12, donde se puede apreciar el diseño completo de la maquina en diferentes vistas y las dimensiones de cada elemento que la componen. En la Tabla 16 se encuentra el resumen los planos elaborados con su código de identificación.

Tabla 16

Listado de Planos Para el Diseño de la Pala Niveladora

PLANOS PARA FABRICACION DE PALA NIVELADORA		
CODIGO	DESCRIPCION	FECHA MODIFICACION
PNH-01	PALA NIVELADORA HIDRAULICA	05-07-2021
PNH-02	ESTRUCTURA PALA NIVELADORA	05-07-2021
PNH-03	PALA NIVELADORA	05-07-2021
PNH-04	ESTRUCTURA BASE PARA ENGANCHE DE 3 PUNTOS	06-07-2021
PNH-05	ESTRUCTURA DE BASTIDOR	06-07-2021

Nota. Elaboración Propia

4.9. Análisis Económico

El análisis de costo total de la inversión inicial se muestra en las tablas 17 - 22, donde se detalla el costo de fabricación del equipo. El costo en materia prima para la fabricación de cada componente es de S/.10386.15, la cual se muestra en las tablas 17 - 21, los costos de mano de obra y servicios adicionales es de S/.10774.00 mostrado en la tabla 22, siendo el total por costo del equipo de S/.21160.15.

El financiamiento será realizado con una tasa de interés del 12.5%. Se proyecta un periodo de tiempo de 6 meses por parte de la empresa para el retorno de la inversión, por lo que se realiza la evaluación económica que de viabilidad al proyecto.

Tabla 17

Costo del Sistema de Pala

SISTEMA PALA			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Estructura de pala acero AISI 1030	1	613.35	613.35
Pin de acero Ø2"x R1 1/2" L 3 1/2"	1	16.50	16.50
Tuerca hex. 2 UNC GR2	1	13.00	13.00
Anillo 2" zinc	1	1.50	1.50
Cuchilla acero chronit 16x165x1895	1	657.00	657.00
Tornillo cuchilla 5/8 x 2 1/4" UNC 11	11	2.27	25.00
Tuerca hex. 5/8" UNC 11	11	1.73	19.00
Grasera recta 1/4" UNF	1	0.75	0.75
TOTAL			1,346.00

Nota. Elaboración Propia

Tabla 18*Costo del Sistema Soporte de Pala*

SISTEMA SOPORTE DE PALA			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Estructura de soporte acero AISI 1030	1	235.30	235.30
Cabezal de giro AISI 1030	1	31.50	31.50
Pin de acero Ø1 1/2"x R1 1/2" L 11"	1	34.50	34.50
Pin de acero Ø2"x R1 1/2" L 10"	1	43.50	43.50
Bocina Øe 33 Øi 26 L 70 mm	2	11.90	23.80
Tuerca hex. 2 UNC GR2	1	13.00	13.00
Tuerca hex. 1 1/2 UNC GR2	1	8.00	8.00
Anillo 2" zinc	1	1.50	1.50
Anillo 1" zinc	1	1.50	1.50
Grasera recta 1/4" UNF	4	0.75	3.00
TOTAL			395.60

*Nota. Elaboración Propia***Tabla 19***Costo del Sistema del Bastidor*

SISTEMA DEL BASTIDOR			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Estructura de bastidor acero AISI 1030	1	831.20	831.20
Platina en C 30x60 mm	2	6.50	13.00
Platina en C 50x80 mm	1	7.00	7.00
Bocina Acero al carbono Øe 73mm Øi 48mm	1	60.00	60.00
Bocina Acero al carbono Øe 61mm Øi 36mm	1	40.00	40.00
Grasera 5/16"	1	1.00	1.00
TOTAL			952.20

Nota. Elaboración Propia

Tabla 20*Costo del Sistema de la Base*

SISTEMA DE BASE			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Estructura de base acero AISI 1030	1	661.60	661.60
Pin de acero AISI 4140 Ø2"x R1 1/2" L 16"	1	102.50	102.50
Tuerca hex. 2UNC GR2	1	6.00	6.00
Anillo 2" zinc	1	1.50	1.50
Soporte de mando y mangueras	1	34.60	34.60
Apoyo metálico	1	15.40	15.40
Grasera recta 1/4" UNF	1	0.75	0.75
TOTAL			822.35

*Nota. Elaboración Propia***Tabla 21***Costo del Sistema Hidráulico*

SISTEMA HIDRAULICO			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Cilindro Hidráulico Øc 2" Øv 1" C101.5 mm	1	1,452.50	1,452.50
Cilindro Hidráulico Øc 2" Øv 1 1/4" C223.5 mm	1	1,498.00	1,498.00
Cilindro Hidráulico Øc 2 3/8" Øv 1 1/2" C445 mm	1	1,540.00	1,540.00
Kit manguera hidráulica R2 1.4x3.20M P.C H 45 90	1	351.70	351.70
Kit manguera hidráulica R2 1.4x3.20M P.C H R 90	1	305.00	305.00
Válvula oleohidraulica ½ 3 palancas D.E. STANDARD 80 LT.	1	1,260.00	1,260.00

Pin de acero Ø 3/4" L 70 mm	5	8.90	44.50
Anillo 1" zinc	5	1.00	5.00
Accesorios hidráulicos	1	413.30	413.30
TOTAL			6,870.00

Nota. Elaboración Propia

Tabla 22

Costo de Mano de Obra, Servicios Externos y Uso de equipos.

MANO DE OBRA			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Departamento de diseño	1	3,650.00	3,650.00
Supervisor de producción	1	2,200.00	2,200.00
Habilitador de material	1	520.00	520.00
Armador – soldador	1	1200.00	1,200.00
Operario	1	520.00	520.00
Pintor	1	450.00	450.00
Otros	1	300.00	300.00
SERVICIOS EXTERNOS			
Arenado	1	270.00	270.00
Zincado	1	35.00	35.00
Torno CNC	1	240.00	240.00
Corte / Doblez	1	236.00	236.00
Corte por plasma CNC	1	683.00	683.00
EQUIPOS			
Máquina de soldar	1	320.00	320.00
Otros	1	150.00	150.00
TOTAL			10,774.00

Nota. Elaboración Propia

El monto de la inversión total para la fabricación del equipo se muestra en la Tabla 21, el cual asciende a la suma de S/.21,160.15.

Tabla 23*Costo de Inversión Total del Equipo Pala Niveladora Hidráulica.*

COSTO TOTAL DE INVERSION			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Sistema de Pala	1	1,346.00	1,346.00
Sistema Soporte de Pala	1	395.60	395.60
Sistema de bastidor	1	952.20	952.20
Sistema de Base	1	822.35	822.35
Sistema hidráulico	1	6,870.00	6,870.00
Mano de obra – S. externos - equipos	1	10,774.00	10,774.00
TOTAL			21,160.15

*Nota. Elaboración Propia***BENEFICIO UTIL**

Actualmente el proceso de limpieza en la zona de pastoreo de los galpones en la granja se realiza manualmente, por lo cual, el proceso se mecanizará con la maquina pala niveladora reduciendo costos por mano de obra y tiempo de operación. En la tabla 24 se muestra los egresos de la empresa por mano de obra de personal en la condición inicial, y en la tabla 25 con el empleo de la Pala niveladora.

Tabla 24*Gastos Operativos en la Condición Inicial.*

Servicio	Cantidad	Costo unitario	Costo mensual
Mano de obra	10	1,200.00	1,200.00
Traslados	1	520.00	520.00
Alimentación	10	208.00	2,080.00
Seguros, otros	10	305.00	3,050.00
TOTAL			17,650.00

Nota. Elaboración Propia

Tabla 25*Gastos Operativos con el Empleo del Nuevo Diseño*

Servicio	Cantidad	Costo unitario	Costo mensual
Mano de obra	4	1,200.00	4,800.00
Traslados	1	208.00	208.00
Alimentación	4	208.00	832.00
Seguros, otros	4	305.00	1,220.00
TOTAL			7,060.00

Nota. Elaboración Propia

Por lo consiguiente, el beneficio a obtener seria:

$$\text{Beneficio} = S/.17,650.00 - S/.7,060.00 = 10,590.00 \frac{S/}{mes}$$

RETORNO OPERACIONEL DE LA INVERSION:

$$ROI = \frac{21,160.15 S/}{10,590.00 \frac{S/}{mes}} = 1.99 \text{ meses}$$

Para el análisis financiero, tenemos como datos de entrada los resultados anteriores del Beneficio y ROI. Utilizando las ecuaciones 11 y 12 del valor actual neto y tasa interna de rentabilidad respectivamente, se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 26.

Tabla 26*Análisis Económico – Cálculo de TIR y VAN*

CALCULO DE TIR Y VAN		
Tiempo (meses)	Flujo de fondos	Movimientos en el periodo
Inversión	- S/.21,160.15	Costo inicial del proyecto
1	S/.10,590.00	Beneficio neto mensual
2	S/.10,590.00	Beneficio neto mensual
3	S/.10,590.00	Beneficio neto mensual
4	S/.10,590.00	Beneficio neto mensual
5	S/.10,590.00	Beneficio neto mensual
6	S/.10,590.00	Beneficio neto mensual
Total de ingresos	S/.63,540.00	
Tasa de interés	12.5%	
TIR	45%	Tasa Interna de Retorno
VAN	S/.22,379.65	Valor Actual Neto

Nota. Elaboración Propia

El resultado del análisis financiero en la tabla anterior nos muestra que el proyecto si es rentable para la empresa.

V. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo nació de la necesidad que tiene la empresa de realizar servicios de mantenimiento a empresas pecuarias de una manera eficiente, para lo cual el equipo con el que cuentan no se ajusta a las especificaciones que necesitan, por tal razón, para el desarrollo del nuevo diseño y siguiendo una metodología formal de diseño se recolectó los requerimientos de la empresa mediante un conjunto de entrevistas realizada a los profesionales que trabajan con dicho equipo, al Coordinador de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento. Operario de maquinaria y Operario manual. La metodología usada se basa en el autor Eggert, (2005) el cual desarrolla una metodología de diseño para ingeniería, razón por la cual ha sido tomada para este trabajo. De estas entrevistas se pudo recopilar información técnica relevante para el diseño, de entre la información más rescatable se obtuvo las dimensiones máximas para el equipo y parámetros que caracterizan el trabajo realizado. La importancia de la información obtenida se muestra durante el proceso de dimensionamiento del equipo, donde se calculan los valores límites bajo los cuales debe operara el equipo y son el punto de partida para los cálculos posteriores. Cabe resaltar que en los trabajos previos consultados como el de Arbulú (2019) se aprecia la ausencia de un proceso de recolección de datos y por lo tanto no hay manera de validar la información que han tomado.

Durante el proceso de formalización de los datos obtenidos de las entrevistas se elaboró la tabla de especificaciones de ingeniería, que son en esencia la traducción en términos de ingeniería de los requerimientos que los entrevistados han plasmado en sus respuestas. La importancia de la elaboración de esta tabla es que permite resumir mediante valores promedio o intervalos, los límites bajo los cuales las variables de diseño pueden ser ajustadas cumpliendo con los requerimientos de la empresa. Como los requerimientos han sido recopiladas de la empresa misma que presta los servicios de limpieza, la tabla de especificaciones de ingeniería refleja la perspectiva subjetiva de los entrevistados, durante el desarrollo del trabajo se verifican si estos son técnicamente viables.

Como parte de la metodología de diseño de Eggert, (2005) se plasmaron 4 posibles conceptos de solución al problema de diseño, el cual se centra en el tipo de pala niveladora. Cada concepto de diseño posee una descripción de las ventajas y desventajas que poseen, y estas fueron evaluadas mediante una matriz de selección de criterios ponderados, donde la valoración es numérica del 1 al 5 siendo 1 el valor mínimo que representa que el concepto es insatisfactorio (No cumple) para el criterio de evaluación, mientras que 5 significa que satisface (Cumple completamente) el criterio de evaluación. Este enfoque de evaluación de conceptos se puede ver en algunos trabajos como el de Sagamoso (2015), donde al seguir una metodología similar genero varias alternativas para uno de los mecanismos del sistema, en contraste en este trabajo los conceptos de solución fueron para el equipo en general. Cabe resaltar que el empleo de la matriz de selección de criterio ponderados facilita el proceso de selección del concepto de solución óptimo para el diseño. De manera similar a la generación de conceptos se procedió con la generación de alternativas de configuración para el concepto de solución ganador. La generación de varias alternativas de configuración permite evaluar diferentes disposiciones espaciales de los componentes un solo concepto de diseño y mediante una matriz de selección de criterios ponderados se obtuvo la configuración más conveniente para el diseño de la pala niveladora.

Con las especificaciones de ingeniería de la Tabla 3, se definió que la longitud máxima de la pala debe ser de 1.8 m de largo, pues el mínimo espacio disponible para que el tractor se desplace es de 2 m, la altura de la pala quedo en 0.6 m que es valor máximo obtenido de las entrevistas. Los valores máximos fueron empleados en el diseño con el fin de obtener la máxima capacidad de remoción de material y por consiguiente reducir el tiempo empleado en las actividades limpieza en las granjas.

Para el cálculo estructural se consideraron dos condiciones: 1) La pala levantada hasta su altura máxima, 2) La pala insertada hasta la profundidad máxima. Para la primera condición en el diagrama de cuerpo libre se consideraron las fuerzas producidas por el peso de los componentes de la estructura. En la segunda condición el diagrama de cuerpo libre toma en

consideración las fuerzas resultantes durante la remoción del suelo, en esta condición se generan los mayores esfuerzos los cuales son soportados principalmente por el pasador de pivoteo. Por tal razón, se consideró a este elemento como el componente más crítico en el diseño. Al realizar el análisis paramétrico de este componente se obtuvo que para una profundidad de 20cm de remoción de material se alcanza el mayor factor de seguridad, y que en 30 cm se tienen el menor factor de seguridad. Como se parametrizó el factor de seguridad para diversos diámetros y 4 tipos de materiales se escogió como la mejor opción emplear un diámetro de 2 pulgadas para el pasador de pivoteo con un acero AISI 4140, el cual da un factor de seguridad de 4.165. El acero AISI 4140 es la mejor opción para este elemento por tener una mayor resistencia de tracción, colocándolo como uno de los mejores del mercado.

Del cálculo realizado se obtuvo el valor de la fuerza que se ejerce en el punto "P", con la cual se pudo determinar la fuerza mínima necesaria que debe emplear el pistón del sistema de levante de tres puntos del tractor para elevar la pala hasta su punto máximo, restringiendo el uso del equipo en tractores según su potencia nominal. El tractor que se empleara en la empresa para el trabajo de limpieza de la zona de pastoreo de granjas con la pala niveladora es de marca John Deere, con un motor T0- 57.4 KW (77 HP), según su ficha técnica (Ver Anexo 11) tiene la capacidad máxima de levante por detrás de los puntos de levante de 1530 kgf (15009.8 N) a 610 mm, certificado por OCIMA. De estos datos se verifica que el equipo si se adapta a las características de operación del tractor y que solo debe ser usado en tractores con sistema de levante de categoría 2 en adelante.

Del análisis económico se tiene que la inversión para la fabricación de este equipo es de S/. 21 160.15 y que después de implementarse el equipo le lograra obtener un beneficio de S/. 10 590.00 al mes, esto equivale a un ROI de 2 meses con VAN de S/.22,379.65 y un TIR de 45%, verificándose de esta manera la viabilidad económica del diseño.

VI. CONCLUSIONES

La información recopilada por medio de las entrevistas permitió obtener datos técnicos relevantes para el dimensionamiento general del quipo y establecer un punto de partida para el nuevo diseño de la pala niveladora.

La información obtenida de las entrevistas fue procesada y resumida en una tabla de especificaciones de ingeniería, la cual permite establecer los valores límites bajo los cuales las variables de diseño se pueden ajustar.

Para la selección óptima del concepto de diseño y de la alternativa de configuración para el nuevo diseño de la pala niveladora, se empleó una matriz de selección de criterios ponderados para cada caso, obteniéndose de esa manera un nuevo diseño acorde a los requerimientos del cliente.

El dimensionamiento se realizó en base a la información obtenida de las entrevistas, desde donde se consideraron los valores máximos para las dimensiones de la pala con el fin de conseguir la máxima capacidad de remoción de material.

Mediante el análisis dinámico y la simulación con Método de Elemento Finito se logró determinar que el factor de seguridad para el pasador de pivoteo es de 4.165 con un material AISI 4140, resistente al esfuerzo.

De los datos obtenidos se logró obtener los requerimientos de fuerzas que el pistón del sistema hidráulico del tractor necesita para elevar la máquina, el cual resultó ser menor a la capacidad máxima (13717.323 N) que se menciona en la ficha técnica.

Con el análisis económico se tiene que el ROI para este diseño es de 2 meses con un VAN de S/.22,379.65 y un TIR de 45%. Esto muestra la viabilidad económica en la fabricación de este equipo.

VII. RECOMENDACIONES

Como buenas prácticas de ingeniería se recomienda que el equipo sea operado bajo las especificaciones de los rangos para los cuales fue diseñado el equipo. Debe ser utilizada en terreno específico para la cual fue diseñada, a fin de evitar sobre esfuerzos mayores en la estructura que alteren la eficiencia de la operación.

El equipo está diseñado solo para ser utilizado en tractores de categoría II en adelante, indicado en la ISO 730-1 según la potencia del motor y sus especificaciones de dimensionamiento.

Se recomienda hacer un seguimiento al equipo durante al menos 6 meses de operación para recopilar información del estado de los componentes y/o fallas que se presenten en el mismo, con el fin de tener información que permita realizar futuras mejoras.

REFERENCIAS

- Agrofy. Market. (2021). *Palas niveladoras hidraulicas*. Obtenido de <https://www.agrofy.com.ar/niveladoras-37>
- ALA. (2018). *Asociacion Latinoamericana de Avicultura*. Obtenido de Perspectivas de produccion de carne de pollo America Latina y el Caribe: <https://ilp-ala.org/wp-content/uploads/2018/07/ANALISIS-ILP-SOBRE-PRODUCCION-Y-TENDENCIA-DE-LA-CARNE-DE-POLLO.pdf>
- Andre, M. (28 de Agosto de 2019). *Europa-mop.com - Anuncios 100% MOP*. Obtenido de <https://www.europa-mop.com/enfoque-material-52/niveladora>
- Arbulu Orozco, C. E., Jimenez Peña, G. P., & Sanchez Galecio, A. M. (2019). Diseño de una Estructura movil para nivelar terrenos en zonas agricolas. (*Tesis de Titulacion*). Universidad Nacional de Piura, Piura.
- Arroyo, C. C. (sf). *Maquinarais e implementos agricolas*. Obtenido de <http://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=x93CqbKOnmU%3D&tabid=678&mid=1743>
- Cordova Carlos, J. A. (2016). Diseñode una horquilla estibadora acoplable a un tractor agricola con capacidad para cargar 1500 kg. *Tesis para Titulacion*. Pontificia Universidad Catolica del Peru, Lima.
- EcuRed. (sf). *Implemento agricola para nivelacion del suelo*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Cuchilla_niveladora_CN-1,95M
- Eggert, R. (2005). *Engineering desing*. -: Pearson/Prentice Hall.
- ElSitioAvicola. (8 de Octubre de 2020). *Recuperacion y consumo avicola en Latino America para 2021*. Obtenido de <https://www.elsitioavicola.com/poultrynews/33454/recuperacion-y-consumo-avicola-en-latino-amarica-para-2021/>
- Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de investigacion*, 44.

- FAO. (2017). *Produccion y productos avicolas*. Obtenido de <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- FAO. (2020). *Food Outlook Biannual report on global food markets*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca9509en/ca9509en.pdf>
- FAO2222. (2017). *Produccion y productos avicolas, pollos*. Obtenido de <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/chickens/es/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Produccion pecuaria en America Latina y el caribe*. Obtenido de <http://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>
- Gonzales, K. (20 de Noviembre de 2018). *Zootecnia y Veterinaria*. Obtenido de <https://zoovetesmipasion.com/avicultura/pollos/desinfeccion-de-galpones-de-pollos/>
- Hydraulic, H. (2021). *Ingenieria en Oleohidraulica*. Obtenido de https://hfphydraulic.com/piston_doble_efecto.php
- INEI. (Febrero de 2020). *Informe tecnico - Produccion Nacional*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02_produccion-nacional-dic-2019.pdf
- Ingenieros, D. (2017). *Monoblock de valvulas de control direccional*. Obtenido de <http://www.destacoingenieros.com/productos/hidraulica/valvulas-manuales/monoblock-de-valvulas-de-control-direccional/>
- Khplant. (2018). *La historia de las motoniveladoras*. Obtenido de <https://www.khplant.co.za/blog/article/history-motor-graders>
- Llop, J. (19 de Octubre de 2015). *Uso eficiente del tractor agricola Modulo 3: Accionamiento de aperos*. Obtenido de http://agricultura.gencat.cat/web/.content/ag_agricultura/ag04_centre_mecanitzacio_agraria/documents/fitxers_estatics/any_2015/Modulo-III_TDF-y-elevador-1.pdf
- Lopez Beteta, Y. J., & Lopez Sevilla, J. E. (2016). Determinacion de la resistencia de corte de los suelos de las comarcas: Buena vista, El

Castillo N°1, Garnacha y Calle Campo Deportivo, municipio de San Juan de Oriente, departamento de Masaya. *Monografía de Titulación*.
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

Manuelzzz. (2021). *Instructivo de mantenimiento, ensamble y lista de partes*.
Obtenido de <https://manualzz.com/doc/5563403/cultivadora-niveladora-agricola-modelo>

Martinez M., L. (sf). *Maquinaria agrícola I*. Obtenido de
<https://sites.google.com/site/tractorpartscatalog/?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

MINAGRI. (Enero de 2021). *Producción y comercialización de Productos Avícolas*. Obtenido de
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1744043/Bolet%C3%ADn%20sobre%20producci%C3%B3n%20y%20comercializaci%C3%B3n-av%C3%ADcola-enero%202021.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *LA UVA PERUANA: Una oportunidad en el mercado mundial*. Lima: Jenny Miriam Acosta Reátegui.

Murillo Pinedo, M. A. (2015). Diseño de un sistema Brazo-pala, tipo topadora, para la adaptación en un camión volquete. (*Proyecto de Grado*).
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Nisbett, R. G., & Budynas, R. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

Organización Internacional de Normalización. (2009). *Tractores agrícolas de ruedas. Enganche de tres puntos montado en parte trasera (ISO 730)*.

Parker. (2005). *Mangueras, terminales y equipos*. Obtenido de
https://www.parker.com/static_content/parkerimages/euro_hpdcatalogs/4400_ES.pdf

Peru, A. (2021). *Mangueras Hidráulicas*. Obtenido de
<https://www.acorsaperu.com/productos/mangueras-hidraulicas>

- PORRAS Piedra, A., & PORRAS Soriano, A. (2001). *Tecnología de la pulverización de productos fitosanitarios sobre las plantas cultivadas*. Córdoba.
- Rivero Garcia, M. A. (2019). Diseño de modificación al tractor YTO-1604, para convertirlo en un equipo de empuje frontal. *Trabajo de Diploma*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara.
- RPP noticias. (03 de Octubre de 2013). *Excremento de pollo, un rentable negocio por explotar*. Obtenido de <https://rpp.pe/economia/economia/excremento-de-pollos-un-rentable-negocio-por-explotar-noticia-636486?ref=rpp>
- Ruiz, B. (2021). Latin American Top Companies. *Watt Poultry International*, 13, 14. Obtenido de https://www.poultryinternational-digital.com/poultryinternational/april_2021/MobilePagedReplica.action?utm_source=Omeda&utm_medium=Email&utm_content=DE-Poultry+International&utm_campaign=DE-Poultry+International_20210323_2120&oly_enc_id=3136C5798801F6W&pm
- SENASA. (3 de Noviembre de 2017). *Senasa renova licencia sanitaria de apertura y funcionamiento a granja*. Obtenido de <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-renovo-licencia-sanitaria-de-apertura-y-funcionamiento-granja-avicola-en-amazonas/>
- Sogamoso Gonzalez, D. S. (2015). Diseño de un prototipo para el control de maleza en la preparación del suelo de cultivos orgánicos dirigido a pequeños agricultores. *Grado de Titulación*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado el 12 de 07 de 2021, de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7444/SogamosoGonzalezDavidSantiago2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- StuDocu. (sf). *StuDocu*. Obtenido de El sistema Hidráulico del tractor: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-leon-spain/motores-1/agrotec-1999-11-28-34/4044423>

Tamashiro, S. (11 de Noviembre de 2019). *Area de divulgacion cientifica y tecnologica en Agronomia y ambiente*. Obtenido de <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/buscan-alternativas-para-los-excrementos-de-la-produccion-aviar/>

Ugural, A. C. (2015). *Mechanical Design of Machine Components: SI Version*. -: Taylor & Francis.

Williams, C. M. (sf). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/al718s/al718s.pdf>

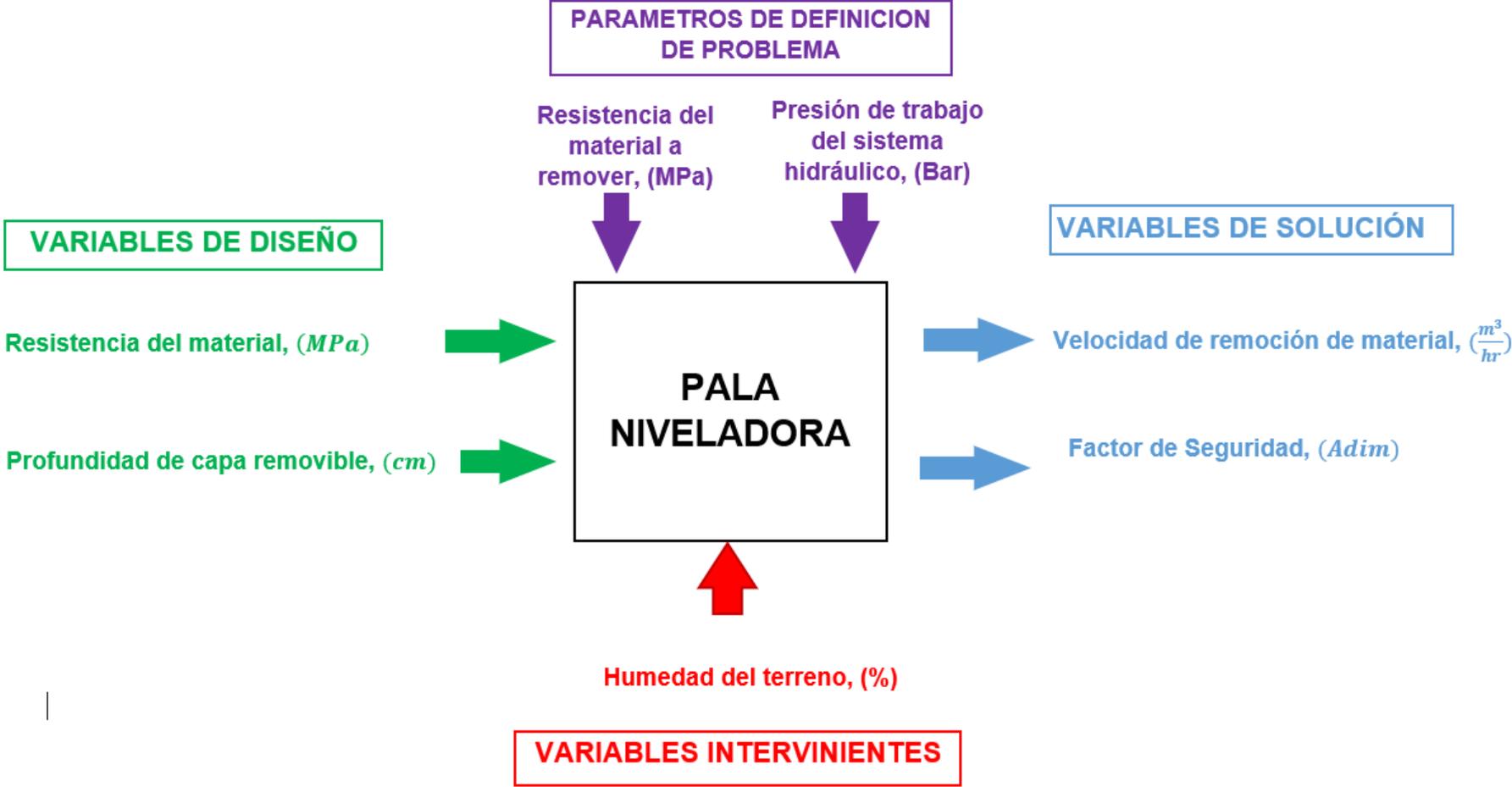
World, F. P. (8 de Setiembre de 2017). *Suministros Industriales y Navales*. Obtenido de <http://www.sidex.es/es/la-importancia-una-correcta-eleccion-cilindros-hidraulicos-trabajo/#:~:text=Los%20cilindros%20hidr%C3%A1ulicos%20se%20pueden,y%20d%C3%A9bil%20para%20trabajos%20ligeros>

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLES DE ESTUDIO		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	Resistencia del material	Propiedad del material que se encuentra mediante ensayos y se ajusta a la geometría (Nisbett & Budynas, 2008)	Nivel de esfuerzo máximo del material antes de llegar a la falla	Resistencia a la Fluencia, S_y (MPa)	Intervalo
	Profundidad de capa removible	Profundidad que debe alcanzar la pala niveladora para remover material (Agrolead, 2020)	Profundidad de inserción de la pala en el terreno	Altura del terreno (cm)	Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE	Velocidad de remoción de material	Capacidad volumétrica de material removido por unidad de tiempo (FAO, 2013)	Volumen de material removido por hora	Volumen removido Tiempo total de operación (m ³ /h)	Razón
	Factor de Seguridad	Relación de la carga máxima que produce falla y la carga permitida en condiciones de servicio (Ugural, 2015))	Relación entre la resistencia del material y la carga máxima permitida	Factor de Seguridad en Fatiga (Adim)	Razón

Anexo 02. Diagrama de Caja negra para el Diseño de la Estructura de la Pala Niveladora.



ENTREVISTA N°

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA
PSP – PERÚ RESPECTO AL DISEÑO DE UNA PALA NIVELADORA
HIDRAULICA PARA RELIZAR MANTENIMIENTO DE GRANJAS.**

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres:

Profesión:

Cargo:

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Soto Castillo, Diego Anthony

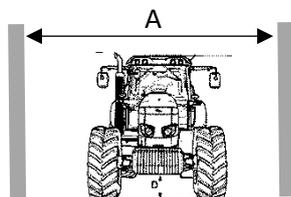
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una pala niveladora hidráulica para mantenimiento de
Empresas Pecuarias.

I. ASPECTO DEL ÁREA DE COBERTURA.

1. ¿Cuál es la distancia promedio entre postes en los galpones donde transita el tractor durante el proceso de limpieza?



Medida:

A= _____ m

2. ¿Para qué tipo de trabajos se requiere la pala niveladora en la empresa? ¿Qué tipo de terreno es? Elabore.

.....
.....

II. ASPECTO NORMATIVO.

3. ¿Conoce usted algún tipo de norma, estándar u otro tipo de regulación relacionada con el diseño de palas niveladoras? Mencíonelas.

.....
.....

III. ASPECTO DE DISEÑO.

4. En cuanto a dimensiones ¿Qué consideraciones se debe tener para la pala niveladora en cuestión? Comente detalladamente

.....
.....
.....
.....

5. En su opinión ¿Qué características técnicas (Ejemplo: potencia, torque, pistón, presiones hidráulicas, etc.) mínimas o en promedio debería tener la pala niveladora para brindar un servicio óptimo en el mantenimiento de las granjas?

.....
.....
.....
.....

6. ¿Cuál es la altura de la cama (material del suelo) que debe ser retirada y reemplazada en el mantenimiento de las granjas?

Mínima:

Máxima:

7. En su opinión ¿Cuál debería ser la longitud ideal de la pala para un bordeado optimo en el terreno?

.....

Observaciones:

.....

.....

8. Según su experiencia, actualmente, ¿Cuánto es el tiempo de operación para realizar la limpieza en un galpón solo con la pala?, indicar área de dicho galpón.

Tiempo: horas Área trabajada: m²

Observaciones:

.....

.....

9. Según su experiencia, actualmente, ¿A qué velocidad aproximadamente trabaja el tractor para el mantenimiento de granja?

Velocidad:

Observaciones:

.....

.....

10. Según su experiencia, ¿Cuántas veces se realiza el bordeado en la misma zona para que el terreno quede conforme? (Número de pasadas en la misma superficie)

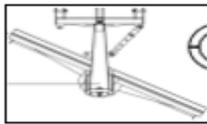
.....

.....

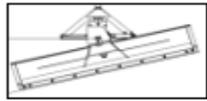
Comentarios:

.....
.....

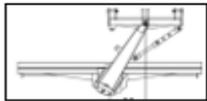
11. Según el tipo de terreno en el que se labora, considere ¿Cuáles son los desplazamientos e inclinaciones que la pala debería ser capaz de realizar?



Desplazamiento horizontal



Inclinación lateral



Desplazamiento lateral

12. De su experiencia comente algún detalle adicional respecto del diseño ideal de este equipo, Ejemplos: Funciones deseables, problemas persistentes, innovación en el diseño, etc.

.....
.....
.....
.....

IV. ASPECTO ECONÓMICO.

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable diseñar una pala niveladora para el mantenimiento de granjas? SI/NO, PORQUE (Explique)

.....
.....

Anexo 04. Entrevista a los representantes de las diferentes áreas de la empresa

ENTREVISTA N°

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA
PSP - PERÚ RESPECTO AL DISEÑO DE UNA PALA NIVELADORA
HIDRAULICA PARA RELIZAR MANTENIMIENTO DE GRANJAS.**

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: Encarnación Avila Jhon Nefer

Profesión: Ing. Electronica

Cargo: Supervisor de Mantenimiento

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Soto Castillo, Diego Anthony

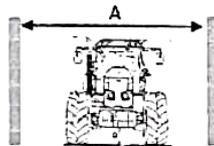
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingenieria Mecánica

Tesis: Diseño de una pala niveladora hidráulica para mantenimiento de
Empresas Pecuarias.

I. ASPECTO DEL ÁREA DE COBERTURA.

1. ¿Cuál es la distancia promedio entre postes en los galpones donde transita el tractor durante el proceso de limpieza?



Medida:

A = 4.50 m y 2. m.

2. ¿Para qué tipo de trabajos se requiere la pala niveladora en la empresa? ¿Qué tipo de terreno es? Elabore.

Para la zona de pastos, llevar el ganado a la parte central del galpón...
El terreno tiene parte con derrumbes


Encarnación Avila, Jhon Nefer
Supervisor de Mantenimiento
PSP

II. ASPECTO NORMATIVO.

3. ¿Conoce usted algún tipo de norma, estándar u otro tipo de regulación relacionada con el diseño de palas niveladoras? Mencionalas.

No.....
.....

III. ASPECTO DE DISEÑO.

4. En cuanto a dimensiones ¿Qué consideraciones se debe tener para la pala niveladora en cuestión? Comente detalladamente

Ancho de la pala 60 cm, largo de la pala 1.80 m, la medida entre pala y...
pala de enganche no debe ser 4 m para que no dificulte el ingreso al...
pastoreo.....
.....

5. En su opinión ¿Qué características técnicas (Ejemplo: potencia, torque, pistón, presiones hidráulicas, etc.) mínimas o en promedio debería tener la pala niveladora para brindar un servicio óptimo en el mantenimiento de las granjas?

Debe tener buena potencia en los pistones ya que el terreno es duro.....
.....
.....

6. ¿Cuál es la altura de la cama (material del suelo) que debe ser retirada y reemplazada en el mantenimiento de las granjas?

Mínima: 10 cm..... Máxima: 20 cm.....

7. En su opinión ¿Cuál debería ser la longitud ideal de la pala para un bordeado óptimo en el terreno?

1.80 m de largo por 60 cm de ancho.....

Observaciones:
.....
.....

8. Según su experiencia, actualmente, ¿Cuánto es el tiempo de operación para realizar la limpieza en un galpón solo con la pala?, indicar área de dicho galpón.

Tiempo: 3-4 horas Área trabajada: 400 m²

Observaciones:

.....
.....

9. Según su experiencia, actualmente, ¿A qué velocidad aproximadamente trabaja el tractor para el mantenimiento de granja?

Velocidad: 10-15 km/h

Observaciones:

.....
.....

10. Según su experiencia, ¿Cuántas veces se realiza el bordeado en la misma zona para que el terreno quede conforme? (Número de pasadas en la misma superficie)

De una a dos pasadas de acuerdo al nivel del terreno.....

.....

Comentarios:

.....
.....

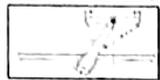
11. Según el tipo de terreno en el que se labora, considere ¿Cuáles son los desplazamientos e inclinaciones que la pala debería ser capaz de realizar?



Desplazamiento horizontal



Inclinación lateral



Desplazamiento lateral

12. De su experiencia comente algún detalle adicional respecto del diseño ideal de este equipo, Ejemplos: Funciones deseables, problemas persistentes, innovación en el diseño, etc.

Que el material de la estructura sea mas resistente (la plola)
.....
.....
.....

IV. ASPECTO ECONÓMICO.

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable diseñar una pala niveladora para el mantenimiento de granjas? SI/NO, PORQUE (Explique)

Si, porque... facilita... el trabajo...
.....
.....

ENTREVISTA N°

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA PSP – PERÚ RESPECTO AL DISEÑO DE UNA PALA NIVELADORA HIDRAULICA PARA RELIZAR MANTENIMIENTO DE GRANJAS.

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: RUBIO MIRANDA BRUNO LAI

Profesión: ING. MECANICO

Cargo: COORDINADOR DE MANTENIMIENTO

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Soto Castillo, Diego Anthony

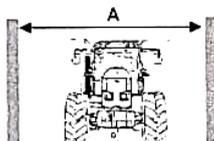
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una pala niveladora hidráulica para mantenimiento de Empresas Pecuarias.

I. ASPECTO DEL ÁREA DE COBERTURA.

1. ¿Cuál es la distancia promedio entre postes en los galpones donde transita el tractor durante el proceso de limpieza?



Medida:

A= 2,8 m

2. ¿Para qué tipo de trabajos se requiere la pala niveladora en la empresa? ¿Qué tipo de terreno es? Elabore.

Bordeo de grano


Ing. Rubio Miranda Bruno Lai
Coordinador de Mantenimiento Interno
PSP

II. ASPECTO NORMATIVO.

3. ¿Conoce usted algún tipo de norma, estándar u otro tipo de regulación relacionada con el diseño de palas niveladoras? Menciónelas.

NO
.....
.....

III. ASPECTO DE DISEÑO.

4. En cuanto a dimensiones ¿Qué consideraciones se debe tener para la pala niveladora en cuestión? Comente detalladamente

La pala debe tener 1,80 m. de largo
para que pueda entrar en los balcones.
.....
.....

5. En su opinión ¿Qué características técnicas (Ejemplo: potencia, torque, pistón, presiones hidráulicas, etc.) mínimas o en promedio debería tener la pala niveladora para brindar un servicio óptimo en el mantenimiento de las granjas?

Presion 1500 PSI, una potencia de
80 HP.
.....
.....

6. ¿Cuál es la altura de la cama (material del suelo) que debe ser retirada y reemplazada en el mantenimiento de las granjas?

Mínima: 10 cm Máxima: 20 cm

7. En su opinión ¿Cuál debería ser la longitud ideal de la pala para un bordeado óptimo en el terreno?

1,80 metros
.....

Observaciones:

.....
.....

8. Según su experiencia, actualmente, ¿Cuánto es el tiempo de operación para realizar la limpieza en un galpón solo con la pala?, indicar área de dicho galpón.

Tiempo: 3 horas Área trabajada: 120 m²

Observaciones:

.....
.....

9. Según su experiencia, actualmente, ¿A qué velocidad aproximadamente trabaja el tractor para el mantenimiento de granja?

Velocidad: 10 km/h

Observaciones:

.....
.....

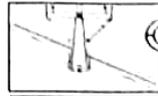
10. Según su experiencia, ¿Cuántas veces se realiza el bordeado en la misma zona para que el terreno quede conforme? (Número de pasadas en la misma superficie)

Dos veces . Cada dos meses ó dos
crianzas de pollo bebe .

Comentarios:

.....
.....

11. Según el tipo de terreno en el que se labora, considere ¿Cuáles son los desplazamientos e inclinaciones que la pala debería ser capaz de realizar?



Desplazamiento horizontal



Inclinación lateral



Desplazamiento lateral

12. De su experiencia comente algún detalle adicional respecto del diseño ideal de este equipo, Ejemplos: Funciones deseables, problemas persistentes, innovación en el diseño, etc.

La niveladora hidráulica tiene que ser capaz de adaptarse en cualquier tipo de terreno, ya sea con pendientes o con terrenos con nivel ponderado

IV. ASPECTO ECONÓMICO.

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable diseñar una pala niveladora para el mantenimiento de granjas? SI/NO, PORQUE (Explique)

Si. Actualmente el proceso de bordeado de guano se viene realizando con mano de obra, en muchos casos la mano de obra es escasa en esta región, por lo que se necesita mecanizar el proceso.

ENTREVISTA N°

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA
PSP - PERÚ RESPECTO AL DISEÑO DE UNA PALA NIVELADORA
HIDRAULICA PARA RELIZAR MANTENIMIENTO DE GRANJAS.

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: *Salvador Fariña Tullio*

Profesión: *Operario*

Cargo: *Operario de tractor*

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Soto Castillo, Diego Anthony

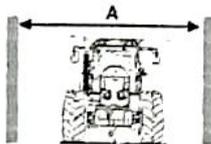
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una pala niveladora hidráulica para mantenimiento de
Empresas Pecuarias.

I. ASPECTO DEL ÁREA DE COBERTURA.

1. ¿Cuál es la distancia promedio entre postes en los galpones donde transita el tractor durante el proceso de limpieza?



Medida:

$$A = 2.30 \text{ m}$$

2. ¿Para qué tipo de trabajos se requiere la pala niveladora en la empresa? ¿Qué tipo de terreno es? Elabore.

*para lado del pastoreo con desnivel
de terreno*

II. ASPECTO NORMATIVO.

3. ¿Conoce usted algún tipo de norma, estándar u otro tipo de regulación relacionada con el diseño de palas niveladoras? Mencionalas.

No.....
.....

III. ASPECTO DE DISEÑO.

4. En cuanto a dimensiones ¿Qué consideraciones se debe tener para la pala niveladora en cuestión? Comente detalladamente

No cesarse 2.30 de ancho.....
.....
.....

5. En su opinión ¿Qué características técnicas (Ejemplo: potencia, torque, pistón, presiones hidráulicas, etc.) mínimas o en promedio debería tener la pala niveladora para brindar un servicio óptimo en el mantenimiento de las granjas?

Mayer potencia.....
.....
.....

6. ¿Cuál es la altura de la cama (material del suelo) que debe ser retirada y reemplazada en el mantenimiento de las granjas?

Mínima: 20..... Máxima: 30.....

7. En su opinión ¿Cuál debería ser la longitud ideal de la pala para un bordeado optimo en el terreno?

de 1.7 A 1.8.....

Observaciones:

.....
.....

8. Según su experiencia, actualmente, ¿Cuánto es el tiempo de operación para realizar la limpieza en un galpón solo con la pala?, indicar área de dicho galpón.

Tiempo: 1.3 horas Área trabajada: 2100 m²

Observaciones:

.....
.....

9. Según su experiencia, actualmente, ¿A qué velocidad aproximadamente trabaja el tractor para el mantenimiento de granja?

Velocidad: 12 km/h

Observaciones:

.....
.....

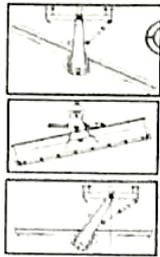
10. Según su experiencia, ¿Cuántas veces se realiza el bordeado en la misma zona para que el terreno quede conforme? (Número de pasadas en la misma superficie)

de 1 - 2
.....
.....

Comentarios:

.....
.....

11. Según el tipo de terreno en el que se labora, considere ¿Cuáles son los desplazamientos e inclinaciones que la pala debería ser capaz de realizar?



Desplazamiento horizontal



Inclinación lateral



Desplazamiento lateral

12. De su experiencia comente algún detalle adicional respecto del diseño ideal de este equipo, Ejemplos: Funciones deseables, problemas persistentes, innovación en el diseño, etc.

Que sean so mantenimiento Rapido

.....

.....

.....

IV. ASPECTO ECONÓMICO.

13. A su criterio ¿Cree usted que seria rentable diseñar una pala niveladora para el mantenimiento de granjas? SI/NO, PORQUE (Explique)

Si

.....

.....

ENTREVISTA N°

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA
PSP - PERÚ RESPECTO AL DISEÑO DE UNA PALA NIVELADORA
HIDRAULICA PARA RELIZAR MANTENIMIENTO DE GRANJAS.

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: *Melendez Muiña Marcos*.....

Profesión:

Cargo: *Operario*.....

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Soto Castillo, Diego Anthony

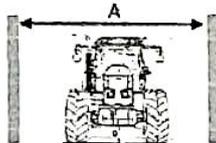
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una pala niveladora hidráulica para mantenimiento de
Empresas Pecuarias.

L ASPECTO DEL ÁREA DE COBERTURA:

1. ¿Cuál es la distancia promedio entre postes en los galpones donde transita el tractor durante el proceso de limpieza?



Medida:

A = 3 m

2. ¿Para qué tipo de trabajos se requiere la pala niveladora en la empresa? ¿Qué tipo de terreno es? Elabore.

Gerdeo de Terreno.....
con des nivel.....

II. ASPECTO NORMATIVO.

3. ¿Conoce usted algún tipo de norma, estándar u otro tipo de regulación relacionada con el diseño de palas niveladoras? Mencíonelas.

No

III. ASPECTO DE DISEÑO.

4. En cuanto a dimensiones ¿Qué consideraciones se debe tener para la pala niveladora en cuestión? Comente detalladamente

2 MT de largo DE la PALA

5. En su opinión ¿Qué características técnicas (Ejemplo: potencia, torque, pistón, presiones hidráulicas, etc.) mínimas o en promedio debería tener la pala niveladora para brindar un servicio óptimo en el mantenimiento de las granjas?

.....

6. ¿Cuál es la altura de la cama (material del suelo) que debe ser retirada y reemplazada en el mantenimiento de las granjas?

Mínima: *0.5* Máxima: *1.0*

7. En su opinión ¿Cuál debería ser la longitud ideal de la pala para un bordeado óptimo en el terreno?

2 MT

Observaciones:
.....
.....

8. Según su experiencia, actualmente, ¿Cuánto es el tiempo de operación para realizar la limpieza en un galpón solo con la pala?, indicar área de dicho galpón.

Tiempo: 1 horas

Área trabajada: 200 m²

Observaciones:

.....
.....

9. Según su experiencia, actualmente, ¿A qué velocidad aproximadamente trabaja el tractor para el mantenimiento de granja?

Velocidad:

Observaciones:

.....
.....

10. Según su experiencia, ¿Cuántas veces se realiza el bordeado en la misma zona para que el terreno quede conforme? (Número de pasadas en la misma superficie)

una sola vez

.....
.....

Comentarios:

.....
.....

11. Según el tipo de terreno en el que se labora, considere ¿Cuáles son los desplazamientos e inclinaciones que la pala debería ser capaz de realizar?



Desplazamiento horizontal

Inclinación lateral

Desplazamiento lateral

12. De su experiencia comente algún detalle adicional respecto del diseño ideal de este equipo. Ejemplos: Funciones deseables, problemas persistentes, innovación en el diseño, etc.

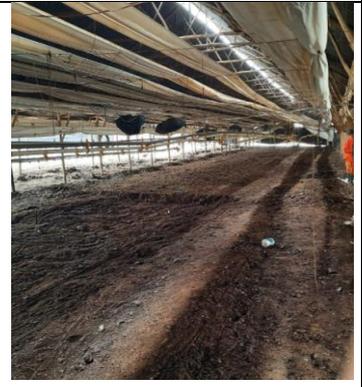
.....
.....
.....
.....

IV. ASPECTO ECONÓMICO.

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable diseñar una pala niveladora para el mantenimiento de granjas? SI/NO, PORQUE (Explique)

..... Si

Anexo 05. Imágenes de la recolección de datos en la empresa.

Granja	Galpón - exterior	Galpón - interior
		
Limpieza manual	Medida de bordeo	Rufa modificada
		
Durante mantenimiento	Área limpia	Zona de pastoreo
		
Medida entre postes	Entrevista	H max. = 30 cm
		

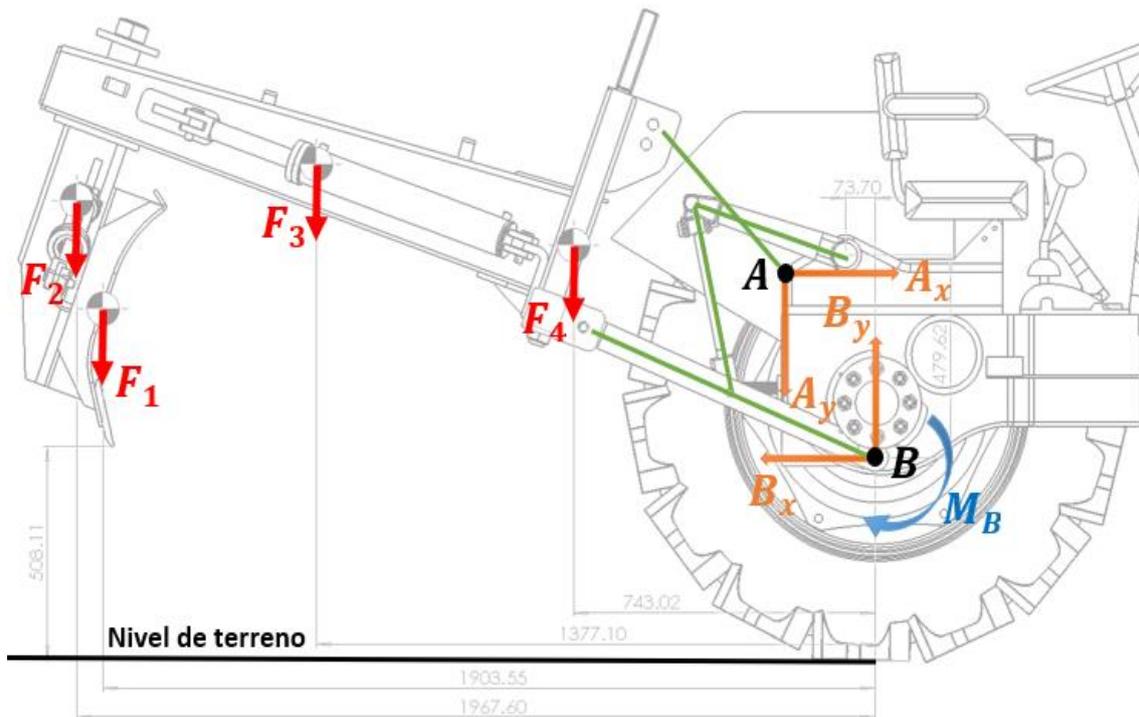
Anexo 06. Secuencia de cálculo sistema de la pala hidráulica

1º Condición:

En esta condición la pala se encuentra levantada a su máxima altura.

Figura 40

Diagrama de Cuerpo Libre de Sistema Rígido Pala y Enganche 3 Puntos.



Nota: Elaboración propia.

$$\sum F_x = 0$$

$$A_x - B_x = 0$$

$$A_x = B_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - A_y + B_y = 0$$

$$A_y = -F_1 - F_2 - F_3 - F_4 + B_y$$

$$A_y = -1573.23 - 663.25 - 1148.36 - 692.39 + B_y$$

$$A_y = -4077.23 + B_y$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4 + A_y d_{AB} - A_x d_{AB'} - M_B = 0$$

$$F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4 + A_y d_{AB} - A_x d_{AB'} - M_B = 0$$

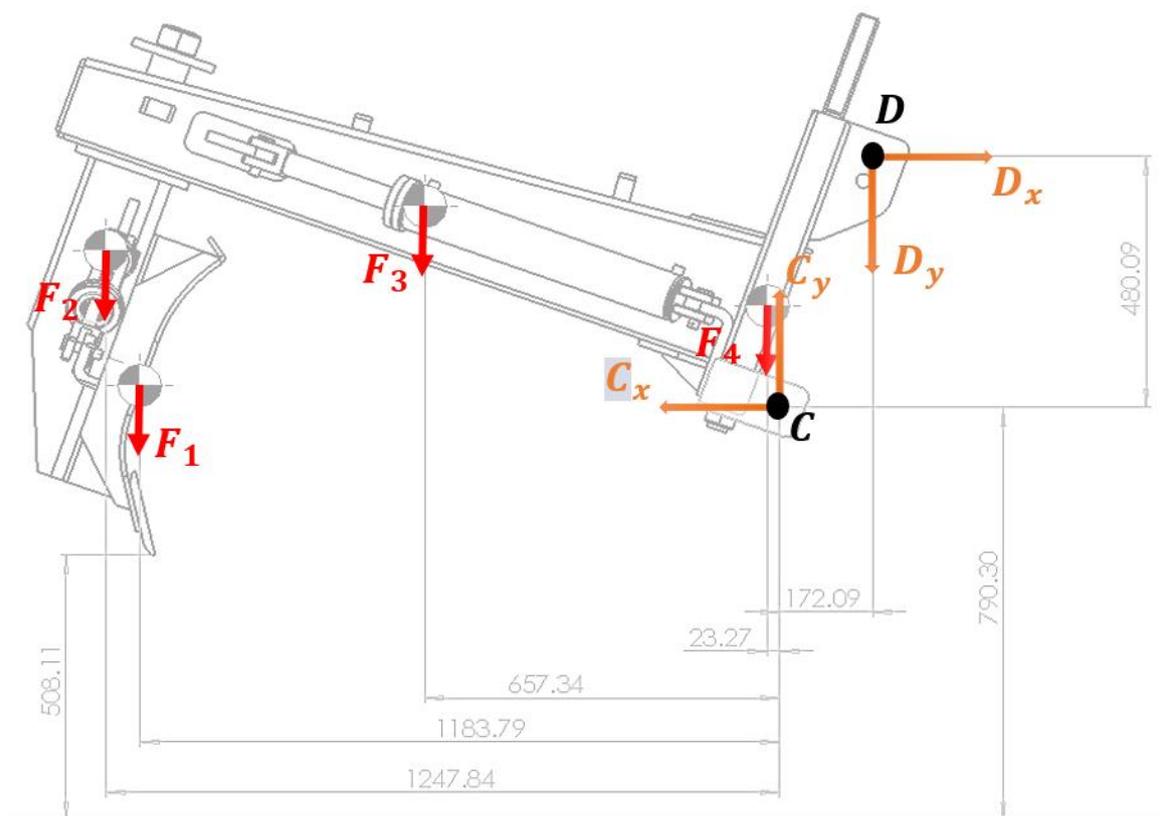
$$(1573.23 \times 1.90355) + (663.25 \times 1.9676) + (1148.36 \times 1.3771) + (692.39 \times 0.74302) - A_y d_{AB} - A_x d_{AB'} - M_B = 0$$

$$6395.599 + 0.2316 A_y - 0.44027 A_x - M_B = 0$$

Para este caso las incógnitas son mayores que la ecuación de equilibrio, por lo cual se toma otro diagrama de cuerpo libre en la misma posición.

Figura 41

Diagrama de Cuerpo Libre de Pala Niveladora elevada.



Nota: Elaboración propia.

$$\sum F_x = 0$$

$$D_x + C_x = 0$$

$$D_x = C_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - D_y + C_y = 0$$

$$C_y = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + D_y$$

$$C_y = 1573.23 + 663.25 + 1148.36 + 692.39 + D_y$$

$$C_y = 4077.23 + D_y$$

$$\sum M_C = 0$$

$$F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4 - D_y d_{CD} - D_x d_{CD'} = 0$$

$$D_y = \frac{F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4 - D_x d_{CD'}}{d_{CD}}$$

$$(1573.23 \times 1.18379) + (663.25 \times 1.24784) + (1148.36 \times 0.65734) \\ + (692.39 \times 0.02327) - 0.17209 \cdot D_y - 0.48009 \cdot D_x = 0$$

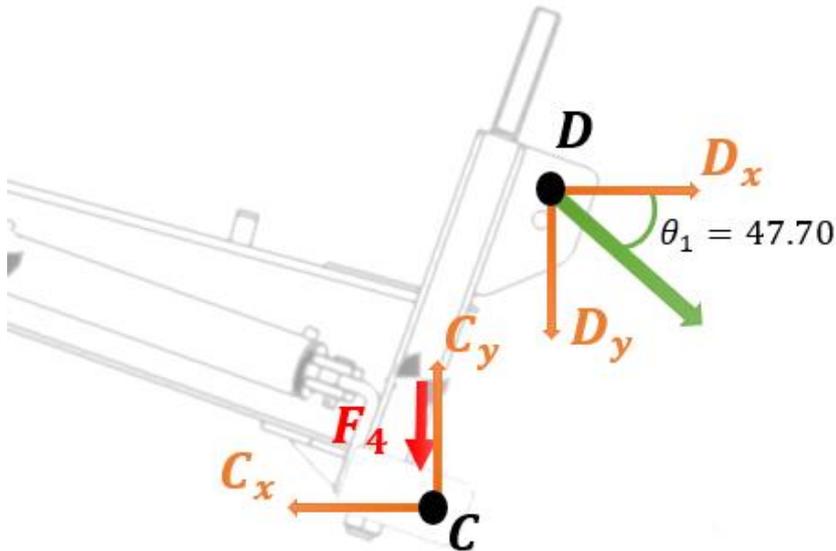
$$3460.979 - 0.17209 \cdot D_y - 0.48009 \cdot D_x = 0$$

$$D_y = \frac{3460.979 - 0.48009 \cdot D_x}{0.17209}$$

Como hay 4 incógnitas y 3 ecuaciones, es necesario poner una ecuación auxiliar. Esta ecuación la obtenemos del ángulo de acción de la fuerza en el punto "D".

Figura 42

Diagrama de Cuerpo Libre en Punto "D".



Nota: Elaboración propia.

$$\frac{D_y}{D_x} = \tan \theta_1$$

$$D_y = D_x \cdot \tan \theta_1$$

$$D_y = 1.09899 \cdot D_x$$

Reemplazamos en la ecuación de sumatoria de momento en "C" y obtenemos:

$$D_y = \frac{F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4 - D_x d_{CD'}}{d_{CD}}$$

$$D_x \cdot \tan \theta_1 \cdot d_{CD} + D_x d_{CD'} = F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4$$

$$D_x \cdot (\tan \theta_1 \cdot d_{CD} + d_{CD'}) = F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4$$

$$D_x = \frac{F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4}{(\tan \theta_1 \cdot d_{CD} + d_{CD'})}$$

$$D_x = \frac{(1573.23 \times 1.18379) + (663.25 \times 1.24784) + (1148.36 \times 0.65734) + (692.39 \times 0.02327)}{(1.09899 \times 0.17209) + 0.48009}$$

$$D_x = \frac{3460.979}{0.669}$$

$$D_x = 5171.669 \text{ N}$$

De la sumatoria de fuerzas en "x" se resuelve lo siguiente:

$$D_x = C_x$$

$$C_x = 5171.669 \text{ N}$$

Ahora reemplazamos el valor de D_x sobre la ecuación auxiliar para poder hallar D_y .

$$D_y = D_x \cdot \tan \theta_1$$

$$D_y = 5171.669 \times 1.09899$$

$$D_y = 5683.65 \text{ N}$$

Ahora reemplazamos el valor de D_y en la ecuación de sumatoria de fuerzas en "y" para poder hallar C_y .

$$C_y = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + D_y$$

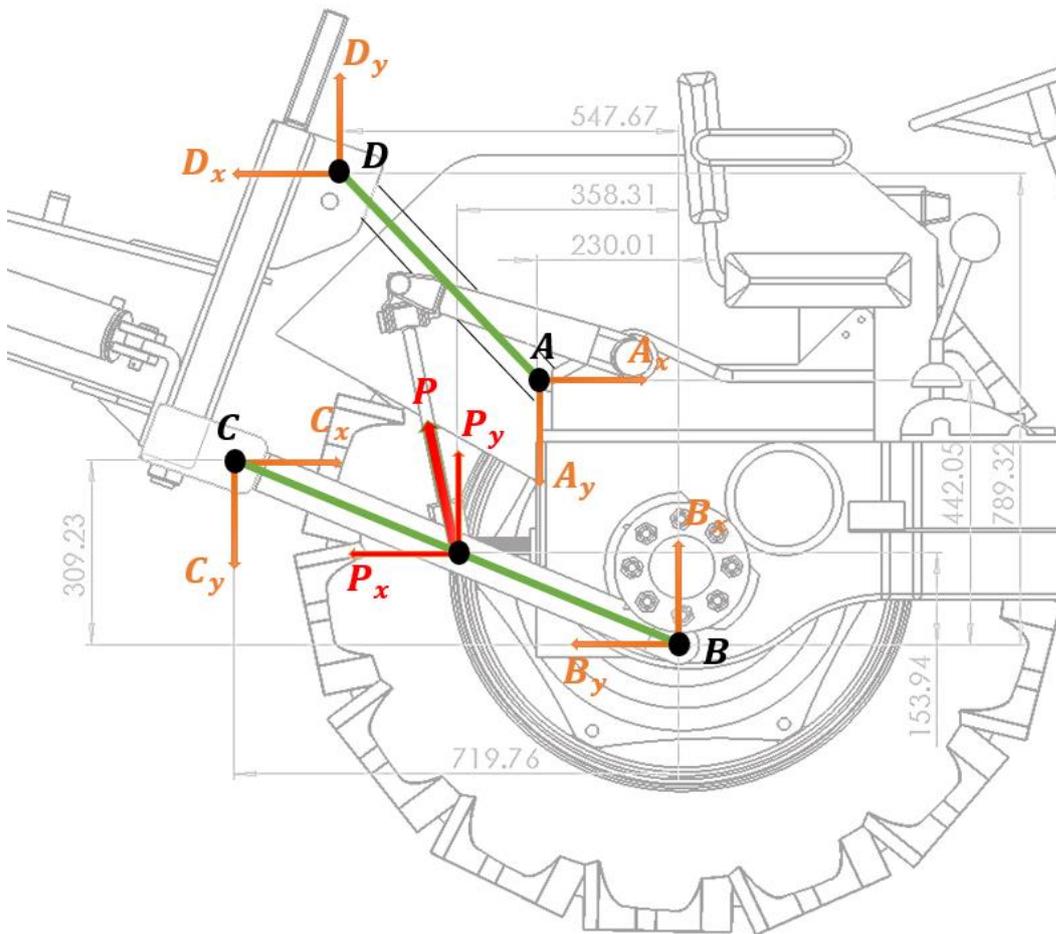
$$C_y = 1573.23 + 663.25 + 1148.36 + 692.39 + 5683.65$$

$$C_y = 9760.88 \text{ N}$$

Después de realizar las fuerzas en los puntos C y D se realiza el diagrama de la figura siguiente para determinar los valores en los puntos A, B y P.

Figura 43

Diagrama de Cuerpo Libre del Sistema de Levante de 3 Puntos.



Nota: Elaboración propia.

Realizando sumatoria de fuerzas en "x" y reemplazando valores en D_x y C_x tenemos:

$$\sum F_x = 0$$

$$-D_x + C_x + A_x - B_x - P_x = 0$$

$$A_x - B_x - P_x = D_x - C_x$$

$$A_x - B_x - P_x = 0$$

Realizando sumatoria de fuerzas en “y” y reemplazando valores en D_y y C_y tenemos:

$$\sum F_y = 0$$

$$D_y - C_y - A_y + B_y + P_y = 0$$

$$-A_y + B_y + P_y = C_y - D_y$$

$$-A_y + B_y + P_y = 9761.88 - 5683.65$$

$$-A_y + B_y + P_y = 4077.23$$

Realizando sumatoria de momentos en “B” y reemplazando valores tenemos:

$$\sum M_B = 0$$

$$-D_y d_{DB} + D_x d_{DB'} + C_y d_{CB} - C_x d_{CB'} + A_y d_{AB} - A_x d_{AB'} - P_y d_{PB} + P_x d_{PB'} = 0$$

$$-(5683.65 \times 0.548) + (5171.699 \times 0.789) + (9760.88 \times 0.719)$$

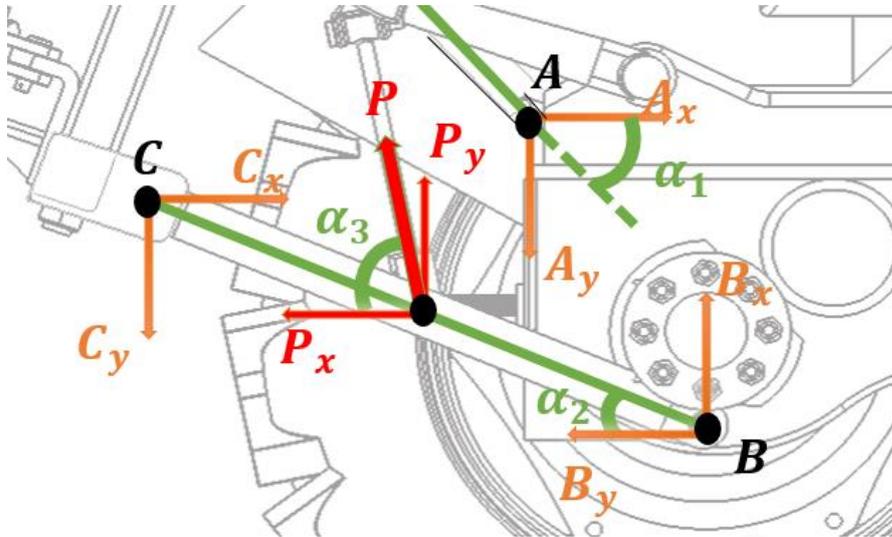
$$- (5171.699 \times 0.309) + 0.23 \cdot A_y - 0.442 \cdot A_x - 0.358 \cdot P_y + 0.154 \cdot P_x = 0$$

$$-0.23 \cdot A_y + 0.442 \cdot A_x + 0.358 \cdot P_y - 0.154 \cdot P_x = 6385.85$$

Como hay 4 incógnitas y 3 ecuaciones, es necesario poner ecuaciones auxiliares. Estas ecuaciones las obtenemos de los ángulos de acción de las fuerzas en los puntos “A”, “B” y “P” (α_1 , α_2 , α_3 respectivamente).

Figura 44

Diagrama de Cuerpo Libre en los Puntos A – B - P.



Nota: Elaboración propia.

$$\frac{A_y}{A_x} = \tan \alpha_1$$

$$A_y = A_x \cdot \tan \alpha_1$$

$$A_y = A_x \cdot \tan(47.70)$$

$$A_y = 1.09899 \cdot A_x$$

$$\frac{B_y}{B_x} = \tan \alpha_2$$

$$B_y = B_x \cdot \tan \alpha_2$$

$$B_y = B_x \cdot \tan(23.25)$$

$$B_y = 0.4296 \cdot B_x$$

$$\frac{P_y}{P_x} = \tan \alpha_3$$

$$P_y = P_x \cdot \tan \alpha_3$$

$$P_y = P_x \cdot \tan(77.92)$$

$$P_y = 4.67 \cdot P_x$$

Reemplazando las ecuaciones de los ángulos en la ecuación de sumatoria de fuerzas en "y", obteniendo:

$$-A_y + B_y + P_y = C_y - D_y$$

$$-A_x \cdot \tan \alpha_1 + B_x \cdot \tan \alpha_2 + P_x \cdot \tan \alpha_3 = C_y - D_y$$

$$-1.09899 \cdot A_x + 0.4296 \cdot B_x + 4.67 \cdot P_x = 4077.23$$

Reemplazando el resultado de las ecuaciones de los ángulos en el resultado de la ecuación de $\sum M_B$ obtenemos:

$$-0.23 \cdot A_y + 0.442 \cdot A_x + 0.358 \cdot P_y - 0.154 \cdot P_x = 6385.85$$

$$-[0.23 \times (1.09899 \cdot A_x)] + 0.442 \cdot A_x + [0.358 \times (4.67 \cdot P_x)] - 0.154 \cdot P_x = 6385.85$$

$$-0.253 \cdot A_x + 0.442 \cdot A_x + 1.672 \cdot P_x - 0.154 \cdot P_x = 6385.85$$

$$-(0.253 - 0.442)A_x + (1.672 - 0.154)P_x = 6385.85$$

$$0.189A_x + 1.519P_x = 6385.85$$

De los resultados de las ecuaciones de sumatoria de fuerzas, reescribimos el sistema de ecuaciones en forma de matrices para resolverlo por el método de eliminación de Gauss – Jordan.

$$\sum F_y: \quad -1.09899 \cdot A_x + 0.4296 \cdot B_x + 4.67 \cdot P_x = 4077.23$$

$$\sum F_x: \quad A_x - B_x - P_x = 0$$

$$\sum M_B: \quad 0.189A_x + 1.519P_x = 6385.85$$

Matriz de ecuaciones con 3 variables.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} -1.09899 & 0.4296 & 4.67 & 4077.23 \\ 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0.189 & 0 & 1.519 & 6385.85 \end{array} \right)$$

Obteniendo como resultados para cada variable:

$$A_x = 11486.52 \text{ N}$$

$$B_x = 8711.74 \text{ N}$$

$$P_x = 2774.78 \text{ N}$$

En la ecuación de sumatoria de fuerzas en "y", reemplazamos las ecuaciones referentes a los ángulos para B_y y P_y de trabajo de las fuerzas.

$$-A_y + B_y + P_y = C_y - D_y$$

$$A_y = 0.4296 \cdot B_x + 4.67 \cdot P_x - C_y + D_y$$

$$A_y = (0.4296 \times 8711.74) + (4.67 \times 2774.78) - 9761.88 + 5683.65$$

$$A_y = 12622.56 \text{ N}$$

Del resultado de la ecuación en la sumatoria de momentos en "B" reemplazamos los valores encontrados para obtener lo siguiente:

$$-0.23 \cdot A_y + 0.442 \cdot A_x + 0.358 \cdot P_y - 0.154 \cdot P_x = 6385.85$$

$$-(0.23 \times 12622.56) + (0.442 \times 11486.52) + 0.358 \cdot P_y - (0.154 \times 2774.78) = 6385.85$$

$$P_y = \frac{6385.85 - 1746.54}{0.358}$$

$$P_y = 12958.97 \text{ N}$$

Hallamos B_y de la ecuación de los ángulos, obteniendo:

$$B_y = 0.4296 \cdot B_x$$

$$B_y = 0.4296 \times 8711.74$$

$$B_y = 3742.56 \text{ N}$$

Aplicando el Teorema de Pitágoras hallamos la resultante de las fuerzas en los puntos A, B, C, D y P.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$RA = 17066.61 \text{ N}$$

$$RB = 9481.62 \text{ N}$$

$$RC = 11046.31 \text{ N}$$

$$RD = 7684.40 \text{ N}$$

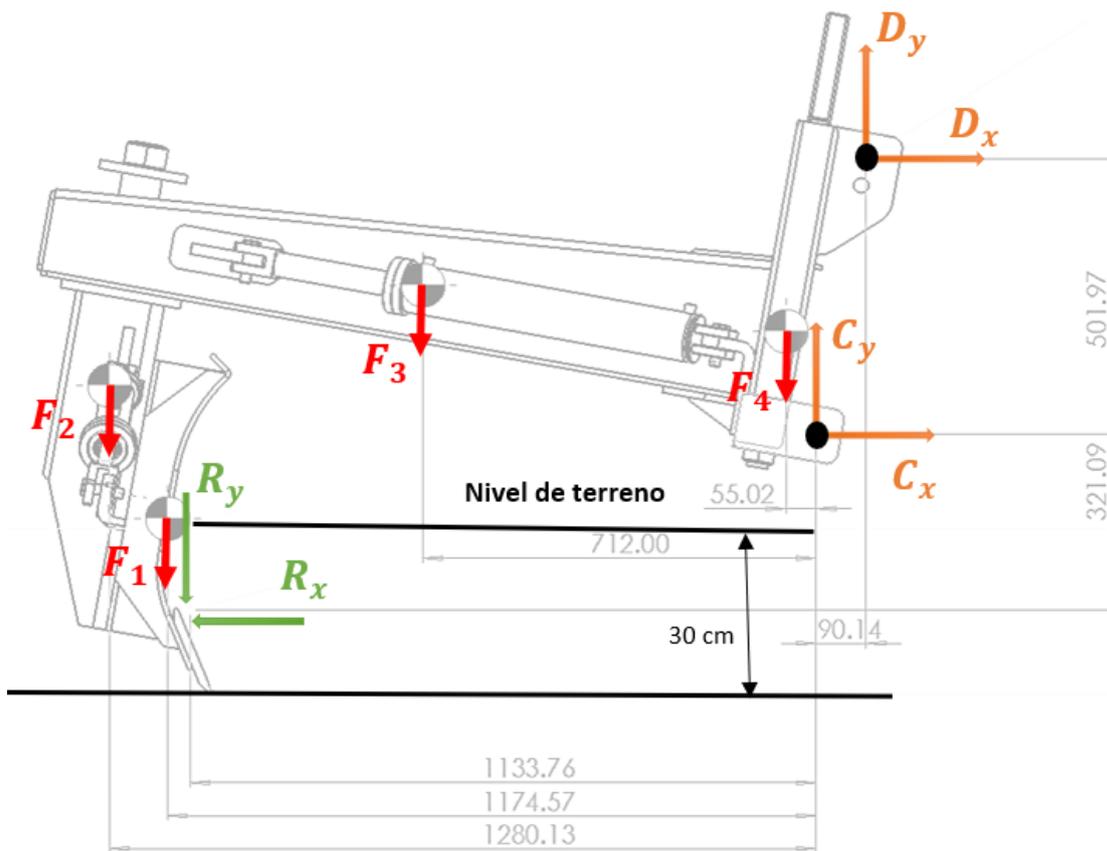
$$RP = 13252.71 \text{ N}$$

Anexo 7. Secuencia de cálculo de la pala niveladora para la segunda condición

2° Condición: La pala se encuentra hacia abajo, insertada en el terreno a una profundidad de 30 cm.

Figura 45

Diagrama de Cuerpo de la Pala Niveladora.



Nota: Elaboración propia.

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_x + D_x + C_x = 0$$

$$C_x = R_x - D_x$$

$$C_x = 23127.47 - D_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_y - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 + D_y + C_y = 0$$

$$C_y = R_y + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - D_y$$

$$C_y = 6214.29 + 1573.23 + 663.25 + 1148.36 + 692.39 - D_y$$

$$C_y = 10291.52 - D_y$$

$$\sum M_C = 0$$

$$R_y d_{RC} - R_x d_{RC'} + F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4 + D_y d_{DC} - D_x d_{DC'} = 0$$

$$D_x d_{DC'} - D_y d_{DC} = R_y d_{RC} - R_x d_{RC'} + F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4$$

$$D_x d_{DC'} - D_y d_{DC}$$

$$= (6214.29 \times 1.13376) - (23127.47 \times 0.32109)$$

$$+ (1573.23 \times 1.17457) + (663.25 \times 1.28013) + (1148.36 \times 0.712)$$

$$+ (692.39 \times 0.05202)$$

$$D_x d_{DC'} - D_y d_{DC} = 3170.08$$

Como hay 4 incógnitas y 3 ecuaciones, es necesario poner una ecuación auxiliar. Esta ecuación la obtenemos del ángulo de acción de la fuerza en el punto "D".

$$\frac{D_y}{D_x} = \tan \delta_1$$

$$D_y = D_x \cdot \tan(32.02)$$

Reemplazamos en la ecuación de sumatoria de momento en "C" y obtenemos:

$$D_x d_{DC'} - D_x \cdot \tan(\delta_1) \cdot d_{DC} = R_y d_{RC} - R_x d_{RC'} + F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4$$

$$D_x = \frac{R_y d_{RC} - R_x d_{RC'} + F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3 + F_4 d_4}{d_{DC'} - \tan(\delta_1) \cdot d_{DC}}$$

$$D_x = \frac{3170.08}{0.50197 - (\tan(32.02) \times 0.09014)}$$

$$D_x = 7170.1096 \text{ N}$$

De la sumatoria de fuerzas en "x" se resuelve lo siguiente:

$$C_x = 23127.47 - D_x$$

$$C_x = 14568.9269 \text{ N}$$

Ahora reemplazamos el valor de D_x sobre la ecuación auxiliar para poder hallar D_y .

$$D_y = \tan(32.02) \cdot D_x$$

$$D_y = 4483.8626 \text{ N}$$

Ahora reemplazamos el valor de D_y en la ecuación de sumatoria de fuerzas en "y" para poder hallar C_y .

$$C_y = 10291.52 - D_y$$

$$C_y = 5434.5941 \text{ N}$$

Aplicando el Teorema de Pitágoras hallamos la resultante de las fuerzas en los puntos C y D.

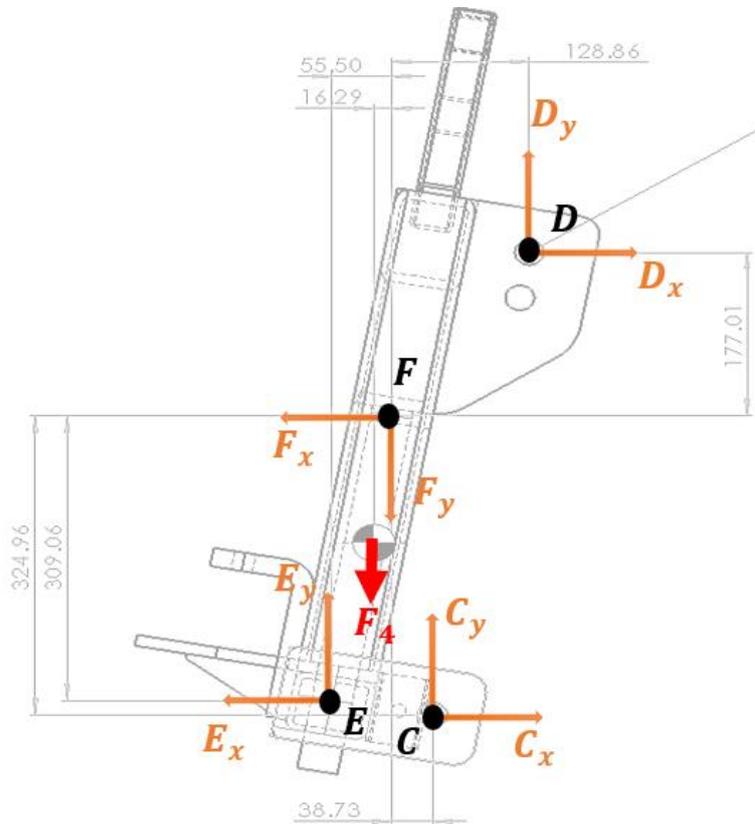
$$RC = 15549.54803 \text{ N}$$

$$RD = 8456.6835 \text{ N}$$

Se analizarán las Fuerzas en el componente "Base" para hallar las reacciones en los puntos "E" y "F" que se relacionan con el pin que une la Base con el Bastidor.

Figura 46

Diagrama de Cuerpo de la Base.



Nota: Elaboración propia.

$$\sum F_x = 0$$

$$-E_x - F_x + D_x + C_x = 0$$

$$F_x = -E_x + D_x + C_x$$

$$F_x = 23127.47 - E_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_4 + E_y - F_y + D_y + C_y = 0$$

$$F_y = -F_4 + E_y + D_y + C_y$$

$$F_y = 9599.13 + E_y$$

$$\sum M_F = 0$$

$$F_4 d_{F4} + D_y d_{DF} - D_x d_{DF'} - E_y d_{EF} - E_x d_{EF'} + C_y d_{CF} + C_x d_{CF'} = 0$$

$$E_y d_{EF} + E_x d_{EF'} = 4755.25$$

Como hay 4 incógnitas y 3 ecuaciones, es necesario poner una ecuación auxiliar. Esta ecuación la obtenemos del ángulo de acción de la fuerza en el punto "E".

$$\frac{E_y}{E_x} = \tan \delta_2$$

$$E_y = E_x \cdot \tan(10.18)$$

$$E_y = 0.1796 \cdot E_x$$

Reemplazamos en la ecuación de sumatoria de momento en "E" y obtenemos:

$$F_4 d_{F4} + D_y d_{RDF} - D_x d_{DF'} - E_x \tan \delta_2 d_{EF} - E_x d_{EF'} + C_y d_{CF} - C_x d_{CF'} = 0$$

$$E_x = \frac{F_4 d_{F4} + D_y d_{DF} - D_x d_{DF'} + C_y d_{CF} + C_x d_{CF'}}{\tan \delta_2 d_{EF} + d_{EF'}}$$

$$E_x = \frac{4755.02}{(0.1796 \times 0.05550) + 0.30906}$$

$$E_x = 13367.8397 \text{ N}$$

$$E_y = 2400.437 \text{ N}$$

$$F_x = 8371.1968 \text{ N}$$

$$F_y = 11626.5036 \text{ N}$$

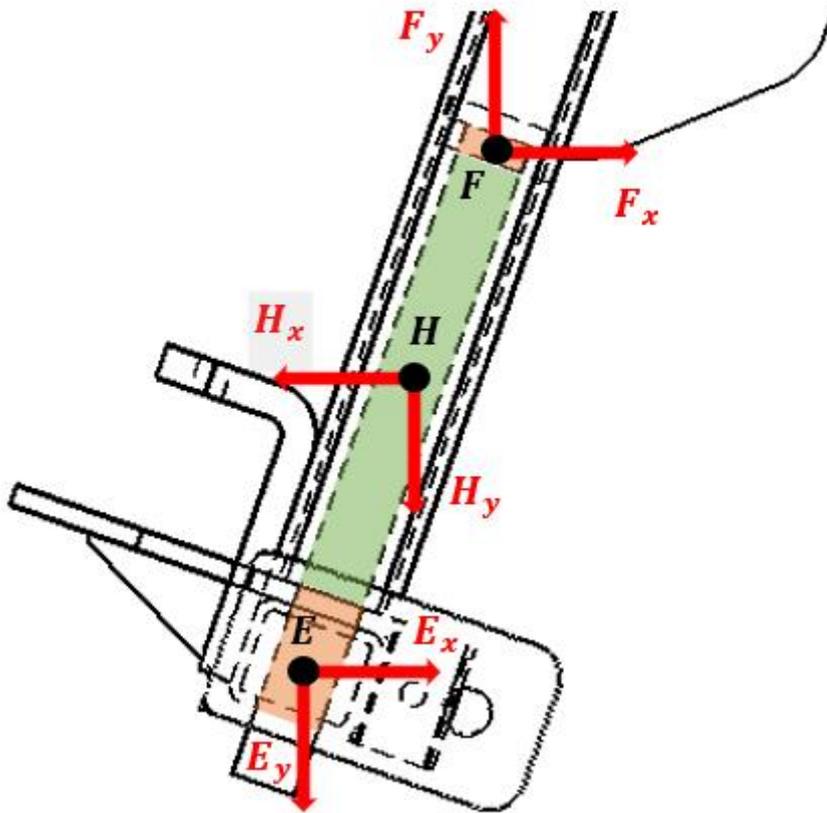
Aplicando el Teorema de Pitágoras hallamos la resultante de las fuerzas en los puntos C y D.

$$RE = 13581.6507 \text{ N}$$

$$RF = 14326.6368 \text{ N}$$

Figura 47

Diagrama de Cuerpo Libre del Pin en Contacto con la Base.



Nota: Elaboración propia.

$$\sum F_x = 0$$

$$E_x - H_x + F_x = 0$$

$$H_x = E_x + F_x$$

$$H_x = 21739.0365 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-E_y - H_y + F_y = 0$$

$$H_y = F_y - E_y$$

$$H_y = 9226.0667 \text{ N}$$

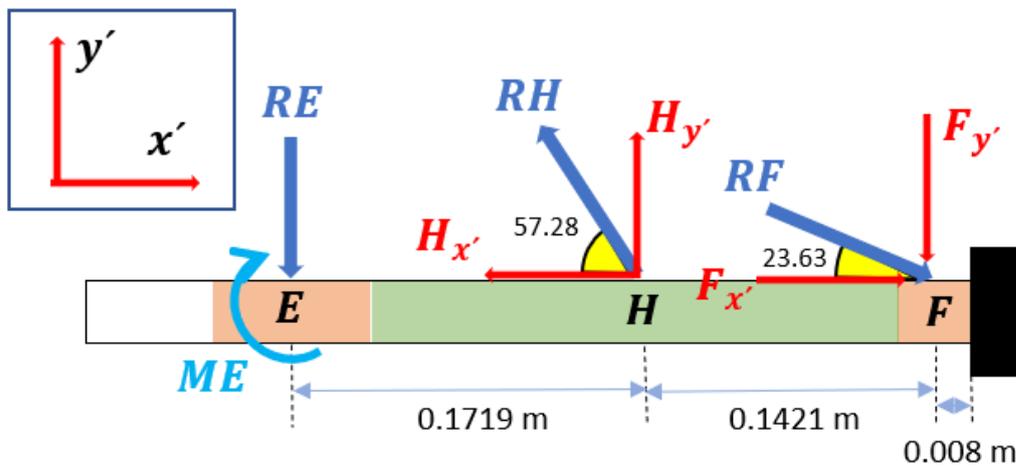
Aplicando el Teorema de Pitágoras hallamos la resultante de las fuerzas en los puntos C y D.

$$RH = 23615.8 \text{ N}$$

Analizaremos el pin en un nuevo plano referencial, colocando su longitud paralela a la horizontal, donde las coordenadas serán y' y x' , aplicando la resultante de cada fuerza en los puntos "E", "H" y "F" y el momento "J", con su dirección y ángulo que le correspondan.

Figura 48

Diagrama de Cuerpo Libre del Pin en el eje Auxiliar $x' - y'$



Nota: Elaboración propia.

$$H_{y'} = 19766.0716 \text{ N}$$

$$H_{x'} = 12923.1741 \text{ N}$$

$$F_{y'} = 6184.4208 \text{ N}$$

$$F_{x'} = 12923.1741 \text{ N}$$

$$\sum M_H = 0$$

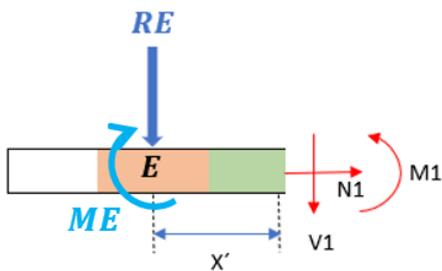
$$-0.1421 \cdot F_{y'} + 0.1719 \cdot RE - MH = 0$$

$$MH = -(6184.4208 \times 0.1421) + (13581.6507 \times 0.1719)$$

$$MH = 1455.8796 \text{ N}$$

En este análisis se determina la fuerza cortante y momento flector para cada tramo de E hasta F, graficando los resultados, donde se determinará el momento flector máximo y la fuerza cortante máxima.

Tramo E - H



$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0; & N_1 &= 0 \\ \sum F_y &= 0; & -RE - V_1 &= 0 \\ & & V_1 &= -13581.6507 \end{aligned}$$

$$\sum M = 0; \quad RE \cdot x' - ME + M_1 = 0$$

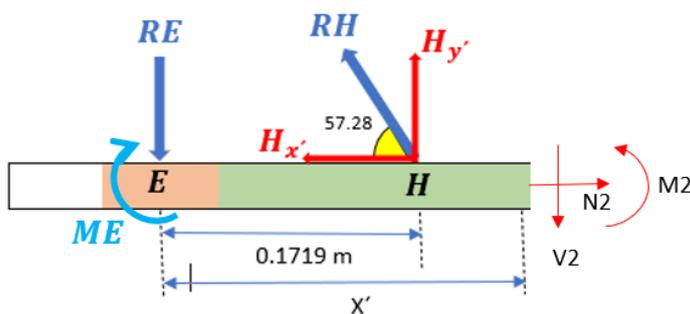
$$M_1 = -RE \cdot x' + ME$$

$$M_1 = -13581.6507 \cdot x' + 1455.8796$$

Evaluando en $0 \leq x' \leq 0.1719$:

$$M_{x'=0} = 1455.8796 \text{ N.m}; \quad M_{x'=0.1719} = -878.806 \text{ N.m}$$

Tramo H - F



$$\sum F_x = 0; \quad -H_{x'} + N_2 = 0$$

$$N_2 = 12923.1741 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0; \quad -RE + H_{y'} - V_2 = 0$$

$$V_2 = 6184.4208 \text{ N}$$

$$\sum M = 0; \quad RE \cdot x' - H_y \cdot (x' - d_{EH}) - ME + M_2 = 0$$

$$M_2 = -RE \cdot x' + H_y \cdot (x' - d_{EH}) + ME$$

Evaluando en $0.1719 \leq x' \leq 0.314$:

$$M_{x'=0.1719} = -878.8064 \text{ N.m}; \quad M_{x'=0.314} = 0$$

CALCULO DE ESFUERZOS

En esta sección se determinará los esfuerzos que se generan en el pin sobre la zona que presenta el valor máximo del momento flector, en el punto "H", en la cual también se encuentra el esfuerzo Normal en el eje x' , donde el bastidor ejerce una fuerza en sentido contrario a los apoyos en E y F.

CALCULO DE ESFUERZO EN PUNTO "E"

ESFUERZO POR FLEXION

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

De la ecuación anterior, para un cuerpo cilíndrico, se tiene

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

$$c = \frac{d}{2}$$

Por lo tanto:

$$\sigma_f = \frac{32 \cdot M_{max}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_f = \frac{32 \times 1455.8796}{\pi(0.0508)^3}$$

$$\sigma_f = 113.119 \text{ MPa}$$

ESFUERZO DE VON MISES

Para el cálculo de esfuerzos de Von Mises, en la ecuación se despreciará el esfuerzo cortante, ya que el análisis se realiza en el punto más alejado del eje neutro, el que se encuentra en la superficie del pasador de pivoteo donde su valor es mínimo. En el punto E no existe esfuerzo normal.

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_f + \sigma_n)^2}$$

$$\sigma' = 113.119 + 0$$

$$\sigma' = 113.119 \text{ MPa}$$

CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD POR CARGA ESTATICA

Para el cálculo del factor de seguridad, se tomará en cuenta el esfuerzo máximo ejercido en el punto E, utilizando la ecuación del diseño para la fluencia.

$$\sigma' = \frac{S_y}{\eta}$$

Tomando el valor para la resistencia del material $S_y = 635 \text{ MPa}$, del acero AISI 4140:

$$113.119 = \frac{635}{\eta}$$

$$\eta = 5.61$$

CALCULO DEL FATIGA

Este análisis se realizará en la zona crítica encontrada en el análisis estático, punto E, así mismo para encontrar los esfuerzos máximos y mínimos que provocaran la fatiga se realizara un análisis dinámico.

CALCULO DE RESISTENCIA A LA FATIGA

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$$

Se utilizarán las propiedades del material elegido: AISI 4140:

$$S_{ut} = 972 \text{ MPa}; S_y = 635 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} = 486 \text{ MPa}$$

Factor de superficie:

$$K_a = a S_{ut}^b$$

$$a = 57.7; b = -0.718$$

$$K_a = 0.413$$

Factor de tamaño: $K_b = 0.853$

Factor de temperatura: $K_c = 1$; Flexión

Factor de temperatura: $K_d = 1$; a 25°C

Factor de confiabilidad: K_e al 99%; $Z_a = 2.326$

$$K_e = 1 - 0.08 Z_a = 0.814$$

Factor de efectos varios: $K_f = 1$

Por lo tanto, la resistencia a la fatiga es:

$$S_e = 0.413 * 0.853 * 1 * 1 * 0.814 * 1 * 486$$

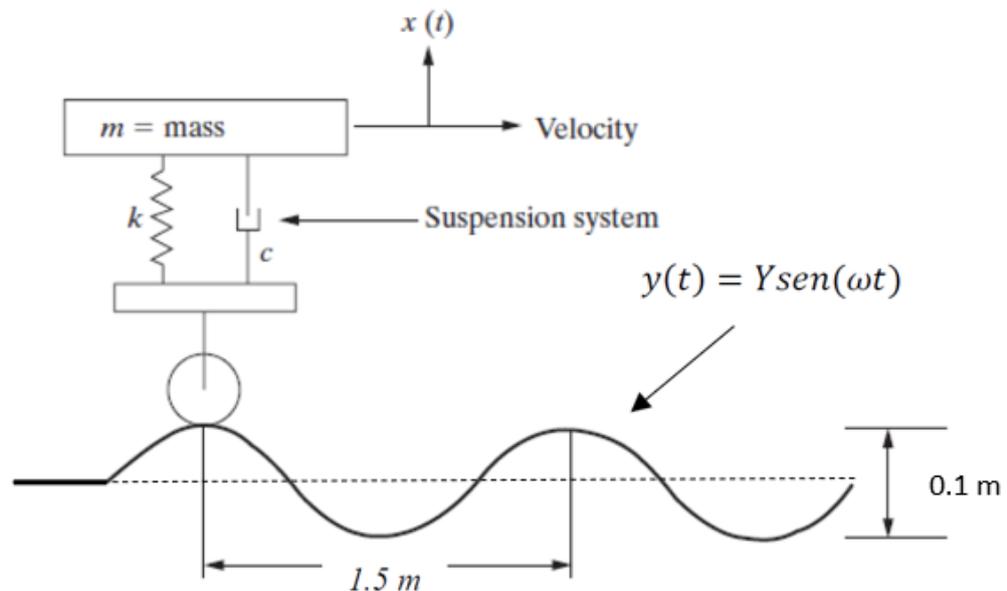
$$S_e = 139.367 \text{ MPa}$$

ANALISIS DINAMICO DEL EQUIPO

La operación del equipo será en las granjas, en superficies de terreno con desniveles que producen excitación armónica. Se considera la constante de amortiguamiento del tractor para el calculo y las medidas aproximadas para la amplitud y el periodo de oscilación de la superficie.

Figura 49

Modelo Simple de una Maquina Operando a Velocidad Constante en Terreno Ondulado.



Nota: Castro, Cristian 2020

Ecuación de movimiento:

$$m\ddot{x} + kx = ky$$

Respuesta: $x(t) = X \sin(\omega t)$

Amplitud: $X = \frac{ky}{k - m\omega^2}$

Aceleración: $\ddot{x}(t) = -X\omega^2 \sin(\omega t)$

La masa total de la máquina es $m_{TOTAL\ MAQUINA} = 415.62 \text{ Kg}$, la deformación de amortiguamiento del tractor bajo estas condiciones medido de forma experimental es $\delta = 0.015 \text{ m}$, entonces la constante de amortiguamiento es:

$$k = \frac{W_{TOTAL\ MAQUINA}}{\delta} = \frac{415.62 * 9.81}{0.015} = 20908883.08 \text{ N/m}$$

El equipo es operado a velocidad lineal constante, en promedio la velocidad de aplicación máxima es de $v_i = 15 \text{ km/h} = 4.17 \text{ m/s}$, entonces la frecuencia es:

$$f = \frac{v_i}{\lambda}$$

Donde:

$f = \text{Frecuencia (rad/s)}$

$\lambda = \text{Longitud de onda (m)}$

$v_i = \text{velocidad } \left(\frac{m}{s}\right)$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi \frac{v_i}{\lambda} = 2 * 3.1415 * \frac{4.17}{1.5} = 17.47 \text{ rad/s}$$

La amplitud:

$$X = \frac{ky}{k - m\omega^2} = \frac{20908883.08 * 0.04}{20908883.08 - 415.62 * 17.47^2} = 0.04 \text{ m}$$

Por lo tanto, la aceleración:

$$\ddot{x}(t) = -X\omega^2 \text{sen}(\omega t) = -0.04 * 17.47^2 \text{sen}(17.47t)$$

$$\ddot{x}(t) = -12.2 \text{sen}(17.47t)$$

Evaluado en $0 \leq t \leq 30s$ para encontrar la aceleración máxima y mínima:

$$\ddot{x}(t) = 12.2 \frac{m}{s^2}$$

$$\ddot{x}(t) = -12.2 \frac{m}{s^2}$$

Para el análisis se utilizarán los valores de aceleración máximos y mínimos, ya que serán los estados críticos para la evaluación.

2º Ley de Newton:

$$F = m * a$$

$$\sum F = m * a$$

$$-F_T + N = m * a$$

$$N = m * a + F_T$$

1º Caso: $\ddot{x}(t) = 12.2 \frac{m}{s^2}$

$$N_{max} = m * 12.2 + F_T$$

$$N_{max} = 415.62 * 12.2 + F_T$$

$$N_{max} = 5070.56 + F_T$$

2º Caso: $\ddot{x}(t) = -12.2 \frac{m}{s^2}$

$$N_{min} = m * 12.2 + F_T$$

$$N_{min} = 415.62 * (-12.2) + F_T$$

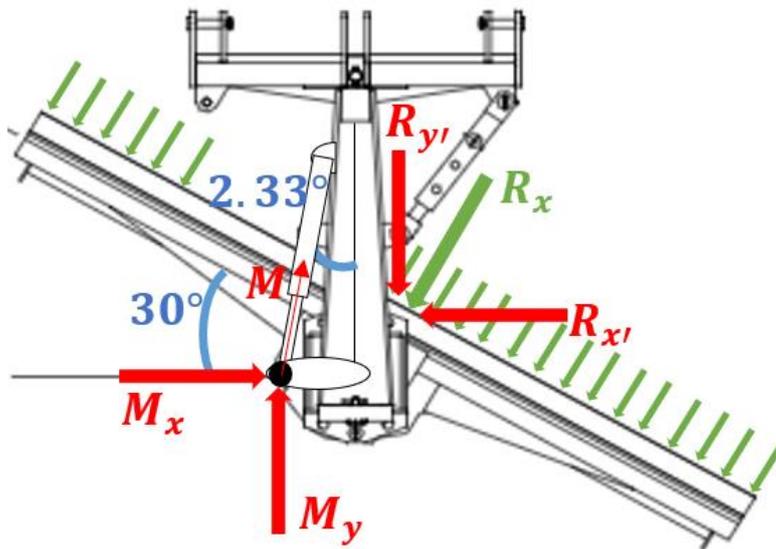
$$N_{min} = -5070.56 + F_T$$

Anexo 8. Secuencia de cálculo de la pala niveladora para la segunda condición

Se analiza la fuerza que ejerce el pistón 2 para el movimiento angular horizontal de la pala en 30° en la segunda condición, con la pala insertada en el terreno a una profundidad de 30 cm, donde el suelo ejerce un esfuerzo de resistencia “ R_x ” a ser removido.

Figura 50

Diagrama de Cuerpo Libre de la Pala Accionada por el Pistón 2.



Nota: Elaboración propia.

$$R_x = 23127.47 \text{ N}$$

$$\beta = 30^\circ$$

De los datos anteriores tenemos:

$$\sin \beta = \frac{R_{x'}}{R_x}; \quad R_{x'} = 11563.735$$

$$\cos \beta = \frac{R_{y'}}{R_x}; \quad R_{y'} = 20028.977$$

$$\Sigma F_x = 0; \quad M_x = 11563.735$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad M_y = 20028.977$$

La resultante M tiene un ángulo de 2.33° con respecto al eje “y” en la posición de operación del pistón, la cual, será la fuerza que requiere el pistón para el trabajo.

$$\cos \beta' = \frac{M_y}{M}; \quad M = 20045.549$$

La presión de trabajo que ejercerá el pistón será la misma que se ejerce en el sistema hidráulico del tractor: 1500 PSI. Para el cálculo del diámetro del cilindro hidráulico, se evalúa cuando el total de volumen de la cámara está lleno de aceite y el vástago esta extendido.

En la selección del cilindro hidráulico se debe tomar en cuenta que el vástago no falle por pandeo, garantizando su total operatividad. Esto se determina mediante la ecuación de Euler, que simplificada y despejando la variable de interés tenemos:

$$d_{vast} = \sqrt[4]{\frac{64 \times M \times F_s \times L_c}{\pi^3 \times E}}$$

$$d_{vast} = \sqrt[4]{\frac{64 \times 20045.549 \times 3.5 \times 0.92882}{\pi^3 \times 2 \times 10^{11}}}$$

$$d_{vast} = 0.02864 \text{ m}$$

Este es el diámetro mínimo que requiere el vástago para que no falle por pandeo con la carga aplicada. El valor comercial sería de 1 1/4".

Para el cálculo del diámetro interno de la camisa del cilindro tomamos la ecuación de la presión, despejando el diámetro obtenemos:

$$D_{IC} = \sqrt{\frac{4 \times 20045.549}{\pi \times 10.342 \times 10^6}}$$

$$D_{IC} = 0.049678 \text{ m}$$

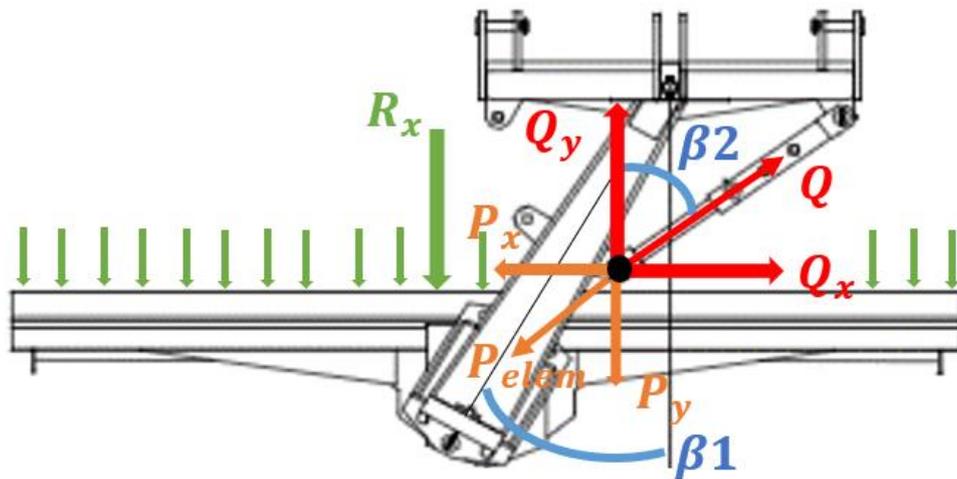
El valor aproximado comercialmente es de 2".

Se analiza la fuerza que ejerce el pistón 3 para el movimiento de desplazamiento angular de la pala en 30° en la segunda condición, con la pala insertada en el terreno a una profundidad de 30 cm, donde el suelo ejerce un esfuerzo de resistencia “Rx” a ser removido.

Al haber traslación en los elementos, se considera la reacción que generan el peso de cada uno de estos en el apoyo del pistón.

Figura 51

Diagrama de Cuerpo Libre de la Pala Accionada por el Pistón 3.



Nota: Elaboración propia.

$$R_x = 23127.47 \text{ N}$$

$$\beta_1 = 30^\circ$$

$$P_{elem} = 3384.84 \text{ N}$$

$$\beta_2 = 43.48^\circ$$

De los datos anteriores tenemos:

$$\sin \beta_2 = \frac{P_x}{P_{elem}}; \quad P_x = 2329.11 \text{ N}$$

$$\cos \beta_2 = \frac{P_y}{P_{elem}}; \quad P_y = 2456.089 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0; \quad Q_x = P_x = 2329.11 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad Q_y = 23127.47 + 2456.089$$

$$Q_y = 25583.559$$

La resultante Q será la fuerza que requiere el pistón para el trabajo.

$$Q = 25689.36 \text{ N}$$

La presión de trabajo que ejercerá el pistón será la misma que se ejerce en el sistema hidráulico del tractor: 1500 PSI. Para el cálculo del diámetro del cilindro hidráulico, se evalúa cuando el total de volumen de la cámara está lleno de aceite y el vástago esta extendido.

En la selección del cilindro hidráulico se debe tomar en cuenta que el vástago no falle por pandeo, garantizando su total operatividad. Esto se determina mediante la ecuación de Euler, que simplificada y despejando la variable de interés tenemos:

$$d_{vast} = \sqrt[4]{\frac{64 \times M \times F_s \times L_c}{\pi^3 \times E}}$$

$$d_{vast} = \sqrt[4]{\frac{64 \times 25689.36 \times 3.5 \times 1.116}{\pi^3 \times 2 \times 10^{11}}}$$

$$d_{vast} = 0.0319 \text{ m}$$

Este es el diámetro mínimo que requiere el vástago para que no falle por pandeo con la carga aplicada. El valor comercial sería de 1 1/2".

Para el cálculo del diámetro interno de la camisa del cilindro tomamos la ecuación de la presión, despejando el diámetro obtenemos:

$$D_{IC} = \sqrt{\frac{4 \times 25689.36}{\pi \times 10.342 \times 10^6}}$$

$$D_{IC} = 0.05612 \text{ m}$$

El valor aproximado comercialmente es de 2 3/8".

Anexo 09. Ficha técnica de materiales utilizados para simulación de pin.

8/7/2021

ASTM A36 Steel, bar

ASTM A36 Steel, bar

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Steel for general structural purposes including bridges and buildings.

Notes:

Key Words: UNS K02600

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	In 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.29 %	0.29 %	
Copper, Cu	>= 0.20 %	>= 0.20 %	only if copper steel is specified
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	0.80 - 1.2 %	0.80 - 1.2 %	
Phosphorus, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

[References](#) for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

AISI 1010 Steel, cold drawn bar, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round or thickness

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Easily cold formed by heading, extruding, upsetting, bending, and other deforming processes. Uses for wires include electroplated products, such as racks, storage bins, shopping carts, fan guards, and jewelry, and unplated such as wires, staples, hardware, and barbed wire.

Key Words: UNS G10100, AMS 5040, AMS 5042, AMS 5044, AMS 5047, AMS 5053, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A545, ASTM A549, ASTM A575, ASTM A578, MIL SPEC MIL-S-11310 (CS1010), JIS S 9 CK, SAE J403, SAE J412, SAE J414, DIN 1.1121, AFNOR XC 10 (Fr), JIS S10 C, JIS S 12 C, AISI1010

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	Typical for steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	105	105	
Hardness, Knoop	123	123	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	60	60	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	108	108	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	365 MPa	52900 psi	
Tensile Strength, Yield	305 MPa	44200 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 50 mm
Reduction of Area	40 %	40 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Machinability	55 %	55 %	Based on AISI 1212 steel. as 100% machinability. Group 1 bar, rod, and wire products machinability can be improved by cold drawing.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000143 ohm-cm	0.0000143 ohm-cm	condition unknown
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	12.2 µm/m-°C	6.78 µin/in-°F	
	@Temperature 0.000 - 100 °C	@Temperature 32.0 - 212 °F	
	13.0 µm/m-°C	7.22 µin/in-°F	
	@Temperature 0.000 - 200 °C	@Temperature 32.0 - 392 °F	
	13.5 µm/m-°C	7.50 µin/in-°F	
	@Temperature 0.000 - 300 °C	@Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.8 µm/m-°C	7.67 µin/in-°F	
	@Temperature 0.000 - 400 °C	@Temperature 32.0 - 752 °F	
	14.2 µm/m-°C	7.89 µin/in-°F	
@Temperature 0.000 - 500 °C	@Temperature 32.0 - 932 °F		
14.6 µm/m-°C	8.11 µin/in-°F		
@Temperature 0.000 - 600 °C	@Temperature 32.0 - 1110 °F		
14.9 µm/m-°C	8.28 µin/in-°F		
@Temperature 0.000 - 700 °C	@Temperature 32.0 - 1290 °F		

AISI 1020 Steel, normalized at 925°C (1700°F), air cooled, 50 mm (2 in.) round

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Applications include parts in the case hardened condition where core strength is not critical, and for shafts of larger cross section that are not highly stressed. Other uses include lightly stressed gears with hard wearing surfaces and case hardened pins and chains.

Key Words: UNS G10200, AMS 5032, AMS 5045, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A29, A108, A510, A512, A513, A519, A544, A575 M10120, A576, A635, A659, A827, A830, BS 970 040A20, 050A20 (En2C), 050A20 (En2D), 060A20, BS 970 Part 1 070M20, DEF STAN95-1-1 C1020, SAE J412, SAE J414, DIN 1.0402, AFNOR CC 20, UNI C 20, SS14 1450 (Sweden), SAE J403

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	Typical for steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	126	126	
Hardness, Knoop	145	145	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	71	71	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	131	131	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	438 MPa	63500 psi	
Tensile Strength, Yield	319 MPa	46300 psi	
Elongation at Break	35.5 %	35.5 %	in 50 mm
Reduction of Area	65.5 %	65.5 %	
Modulus of Elasticity	186 GPa	27000 ksi	
Bulk Modulus	148 GPa	21500 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio
Poissons Ratio	0.29	0.29	
Shear Modulus	72.0 GPa	10400 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio
Charpy Impact 	18.9 J	12.5 ft-lb	
	@Temperature -30.0 °C	@Temperature -22.0 °F	
	18.0 J	13.3 ft-lb	
	@Temperature -18.0 °C	@Temperature -0.400 °F	
	20.0 J	14.8 ft-lb	
	@Temperature -3.00 °C	@Temperature 26.6 °F	
	24.0 J	17.7 ft-lb	
	@Temperature 10.0 °C	@Temperature 50.0 °F	
	41.0 J	30.2 ft-lb	
	@Temperature 38.0 °C	@Temperature 100 °F	
54.0 J	39.8 ft-lb		
@Temperature 65.0 °C	@Temperature 149 °F		
61.0 J	45.0 ft-lb		
@Temperature 95.0 °C	@Temperature 203 °F		
68.0 J	50.2 ft-lb		
@Temperature 150 °C	@Temperature 302 °F		
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity 	0.0000159 ohm-cm	0.0000159 ohm-cm	condition unknown
	@Temperature 0.000 °C	@Temperature 32.0 °F	
	0.0000219 ohm-cm	0.0000219 ohm-cm	condition unknown
@Temperature 100 °C	@Temperature 212 °F		
0.0000292 ohm-cm	0.0000292 ohm-cm	condition unknown	
@Temperature 200 °C	@Temperature 392 °F		

AISI 1045 Steel, as cold drawn, 32-50 mm (1.25-2 in) round

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Medium Carbon Steel](#)

Material Notes: Respond to heat treatment, and flame and induction hardening, but not recommended for carburizing or cyaniding. Die forging and hot upsetting are good to excellent. Typical uses include gears, shafts, axles, bolts, studs, and machine parts. AISI cross reference for JIS S45C and KS SM45C.

Key Words: AFNOR NF A35-553 XC45, AFNOR NF A35-554 XC48, DIN 1654 1.1192, DIN 1654 Cq45, DIN 17200 1.0503, AFNOR XC42, AFNOR XC42TS, AFNOR XC48TS, AFNOR NF A33-101 AF85C45, AFNOR NF A35-552 XC48H1, UNS G10450, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A286 Class 3, ASTM A304, ASTM A311, ASTM A510, ASTM A519, AS 1442 K1045 (Australia), AS 1442 S1045, AS 1443 K1045, AS 1443 S1045, AS 1446 K1045, AS 1446 S1045, ASTM A568, ASTM A576, ASTM A682, ASTM A827, ASTM A830, FED QQ-S-635, FED QQ-S-700, FED QQ-W-461, MIL S-24093, MIL S-3039, BDS 6354 45G2A, BDS 6354 45G2K2, BDS 6354 45G2K3, GB 3078 45 (China), GB 3088 45, GB 699 45, YB 6 45B, DIN 17200 1.1191, DIN 17200 1.1201, DIN 17200 C45, DIN 17200 CK45, DIN 17200 Cm45, DIN 17200 GS-CK45, DIN 17212 1.1193, FED QQ-S-635 (C1045), FED QQ-S-700 (C1045), SAE J403, SAE J412, SAE J414, DIN 1.1191, JIS S 48 C, SS14 1672 (Sweden), MIL S-46070, SAE J1397, SAE J403, SAE J412, BS 970 Part 1 080A47 (U.K.), BS 970 Part 1 080M46, NBN 253-02 C45-3, NBN 253-06 C46, BDS 3492 45LI (Bulgaria), BDS 3492 45LII, BDS 3492 45LIII, BDS 5785 45, BDS 6354 45G2, ONORM M3108 C45SW (Austria), ONORM M3110 RC45, ONORM M3161 C45, NBN 253-02 C45-1 (Belgium), NBN 253-02 C45-2

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	Typical for steel.
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	179	179	
Hardness, Knoop	200	200	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	88	88	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	188	188	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	585 MPa	84800 psi	
Tensile Strength, Yield	515 MPa	74700 psi	
Elongation at Break	10 %	10 %	in 50 mm
Reduction of Area	30 %	30 %	
Modulus of Elasticity	206 GPa	29900 ksi	
Bulk Modulus	163 GPa	23600 ksi	Estimated from elastic modulus
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical for steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Estimated from elastic modulus
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity 	0.0000162 ohm-cm @Temperature 0.000 °C	0.0000162 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	annealed specimen
	0.0000223 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.0000223 ohm-cm @Temperature 212 °F	annealed specimen
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	11.5 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.39 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	11.9 µm/m-°C @Temperature 25.0 - 200 °C	6.61 µin/in-°F @Temperature 77.0 - 392 °F	
	12.6 µm/m-°C @Temperature 25.0 - 300 °C	7.00 µin/in-°F @Temperature 77.0 - 572 °F	

Acero AISI 1030, normalizado 925 ° C (1700 ° F)

Categorías:	Metal ; Metales ferrosos ; Acero al carbono ; Acero serie AISI 1000 ; Acero al carbono medio
Notas materiales:	Resistencia y dureza moderadas en estado laminado, pueden fortalecerse y endurecerse mediante trabajo en frío. Maquinabilidad y soldabilidad justas.
Palabras clave:	UNS G10300, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A512, ASTM A519, ASTM A544, aceros al carbono
Vendedores:	No se enumeran proveedores para este material. Haga clic aquí si es un proveedor y desea información sobre cómo agregar su listado a este material.

Propiedades físicas	Métrico	inglés	Comentarios
Densidad	7,85 g / cc	0,284 libras / pulg ³	

Propiedades mecánicas	Métrico	inglés	Comentarios
Dureza, Brinell	149	149	
Dureza, Knoop	169	169	Convertido de Brinell
Dureza, Rockwell B	80	80	Convertido de Brinell
Dureza, Vickers	155	155	Convertido de Brinell
Resistencia a la tracción, Ultimate	525 MPa	76100 psi	
Resistencia a la tracción, rendimiento	345 MPa	50000 psi	
Alargamiento a la rotura	32%	32%	En 50 mm
Reducción del área	61%	61%	
Módulo de elasticidad	206 GPa	29900 ksi	
Módulo de volumen	163 GPa	23600 ksi	Estimado a partir del módulo elástico
El coeficiente de Poisson	0,29	0,29	Típico para el acero
Módulo de corte	80,0 GPa	11600 ksi	Estimado a partir del módulo elástico
Impacto Izod	94,0 J	69,3 libras-pie	

Propiedades eléctricas	Métrico	inglés	Comentarios
Resistividad eléctrica	0,0000166 ohmios-cm a temperatura 20,0 ° C	0,0000166 ohmios-cm a temperatura 68,0 ° F	espécimen recocido

Propiedades térmicas	Métrico	inglés	Comentarios
CTE, lineal	11,7 µm / m-° C a temperatura 20,0 ° C	6,50 µin / in-° F a una temperatura de 68,0 ° F	
Capacidad calorífica específica	0,486 J / g-° C @ Temperatura > = 100 ° C	0,116 BTU / lb-° F a temperatura > = 212 ° F	recocido
Conductividad térmica	51,9 W / mK	360 BTU-in / hr-ft ² -° F	

Propiedades de los elementos componentes	Métrico	inglés	Comentarios
Carbono, C	0,27 - 0,34%	0,27 - 0,34%	
Hierro, Fe	98,67 - 99,13%	98,67 - 99,13%	Como resto
Manganeso, Mn	0,60 - 0,90%	0,60 - 0,90%	
Fósforo, P	<= 0,040%	<= 0,040%	
Azufre, S	<= 0,050%	<= 0,050%	

[Referencias](#) para esta hoja de datos.

Es posible que algunos de los valores mostrados anteriormente se hayan convertido de sus unidades originales y / o se hayan redondeado para mostrar la información en un formato coherente. Los usuarios que requieran datos más precisos para cálculos científicos o de ingeniería pueden hacer clic en el valor de la propiedad para ver el valor original, así como las conversiones sin procesar a unidades equivalentes. Le recomendamos que solo use el valor original o una de sus conversiones sin procesar en sus cálculos para minimizar el error de redondeo. También le pedimos que consulte los [términos de uso de](#) MatWeb con respecto a esta información. [Haga clic aquí](#) para ver todos los valores de propiedad de esta hoja de datos tal como se ingresaron originalmente en MatWeb.

Acero AISI 4140, normalizado a 870 ° C (1600 ° F), refrigerado por aire, redondo de 50 mm (2 pulg.)

Categorías:	Metal ; Metales ferrosos ; Acero de aleación ; Acero serie AISI 4000 ; Acero de baja aleación ; Acero al carbono ; Acero al carbono medio
Notas materiales:	Normalizado: calentado a 815 ° C, refrigerado por aire. Acero de carbono medio con alta templabilidad y buena resistencia a la fatiga, la abrasión y los impactos.
Palabras clave:	AFNOR 40 CD 4, AFNOR 42 CD 4 (Francia), ASTM A322, ASTM A331, ASTM A505, ASTM A519, ASTM A646, BS 708 A 42 (Reino Unido), BS 708 M 40 (Reino Unido), BS 709 M 40 (Reino Unido) , JIS SCM 4 H, JIS SCM 4, JIS SCM440, SS14 2244 (Suecia), MIL SPEC MIL-S-16974, SAE J404, SAE J412, SAE J770, DIN 1.7225, UNS G41400, AMS 6381, AMS 6382, AMS 6390, AMS 6395, ES 1570 40Cr1Mo28, ES 4367 40Cr1Mo28, ES 5517 40Cr1Mo28
Vendedores:	No se enumeran proveedores para este material. Haga clic aquí si es un proveedor y desea información sobre cómo agregar su listado a este material.

Propiedades físicas	Métrico	inglés	Comentarios
Densidad	7,85 g / cc	0,284 libras / pulg ³	

Propiedades mecánicas	Métrico	inglés	Comentarios
Dureza, Brinell	285	285	
Dureza, Knoop	311	311	Convertido de Brinell
Dureza, Rockwell B	99	99	Convertido de Brinell
Dureza, Rockwell C	30	30	Convertido de Brinell
Dureza, Vickers	301	301	Convertido de Brinell
Resistencia a la tracción, Ultimate	972 MPa	141000 psi	
Resistencia a la tracción, rendimiento	635 MPa	92100 psi	
Alargamiento a la rotura	16,5%	16,5%	en 50 mm
Reducción del área	48,1%	48,1%	
Módulo de elasticidad	205 GPa	29700 ksi	Típico para el acero
Módulo de volumen	160 GPa	23200 ksi	Típico para el acero
El coeficiente de Poisson	0,29	0,29	Calculado
Maquinabilidad	sesenta y cinco %	sesenta y cinco %	Basado en AISI 1212 como maquinabilidad al 100%.
Módulo de corte	80,0 GPa	11600 ksi	Típico para el acero

Propiedades eléctricas	Métrico	inglés	Comentarios
Resistividad eléctrica 	0,0000220 ohmios-cm a temperatura 20,0 ° C	0,0000220 ohmios-cm a una temperatura de 68,0 ° F	especimen endurecido y revenido
	0,0000263 ohmios-cm @ temperatura 100 ° C	0,0000263 ohmios-cm @ Temperatura 212 ° F	especimen endurecido y revenido
	0,0000326 ohmios-cm @ Temperatura 200 ° C	0,0000326 ohmios-cm a temperatura 392 ° F	especimen endurecido y revenido
	0,0000475 ohmios-cm @ temperatura 400 ° C	0,0000475 ohmios-cm a temperatura 752 ° F	especimen endurecido y revenido
	0,0000646 ohmios-cm @ temperatura 600 ° C	0,0000646 ohmios-cm a temperatura 1110 ° F	especimen endurecido y revenido

Propiedades termales	Métrico	inglés	Comentarios
CTE, lineal 	12,2 µm / m-° C a temperatura 0,000 - 100 ° C	6,78 µin / en ° F a temperatura 32,0 - 212 ° F	
	13,7 µm / m-° C a temperatura 20,0 - 400 ° C	7,61 µin / in ° F a temperatura 68,0 - 752 ° F	
	14,6 µm / m-° C a temperatura 20,0 - 600 ° C	8,11 µin / en ° F a temperatura 68,0 - 1110 ° F	
Capacidad calorífica específica 	0,473 J / g-° C a temperatura 150-200 ° C	0,113 BTU / lb-° F a temperatura 302 - 392 ° F	
	0,519 J / g-° C	0,124 BTU / lb-° F a	

	@ Temperatura 350 - 400 ° C	temperatura 662 - 752 ° F	
	0,561 J / g-° C	0,134 BTU / lb-° F a	
	@ Temperatura 550 - 600 ° C	temperatura 1020-1110 ° F	
Conductividad térmica 	33,0 W / mK a temperatura 600 ° C	229 BTU-in / hr-ft ² -° F a temperatura 1110 ° F	
	37,7 W / mK a temperatura 400 ° C	262 BTU-in / hr-ft ² -° F a temperatura 752 ° F	
	42,2 W / mK a temperatura 200 ° C	293 BTU-in / hr-ft ² -° F a temperatura 392 ° F	
	42,6 W / mK a temperatura 100 ° C	296 BTU-in / hr-ft ² -° F a temperatura 212 ° F	

Propiedades de los elementos componentes	Métrico	inglés	Comentarios
Carbono, C	0,38 - 0,43%	0,38 - 0,43%	
Cromo, Cr	0,80 - 1,1%	0,80 - 1,1%	
Hierro, Fe	96,785 - 97,77%	96,785 - 97,77%	Como resto
Manganeso, Mn	0,75 - 1,0%	0,75 - 1,0%	
Molibdeno, Mo	0,15 - 0,25%	0,15 - 0,25%	
Fósforo, P	<= 0,035%	<= 0,035%	
Silicio, Si	0,15 - 0,30%	0,15 - 0,30%	
Azufre, S	<= 0,040%	<= 0,040%	

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
730

First edition
2009-01-15

**Agricultural wheeled tractors —
Rear-mounted three-point linkage —
Categories 1N, 1, 2N, 2, 3N, 3, 4N and 4**

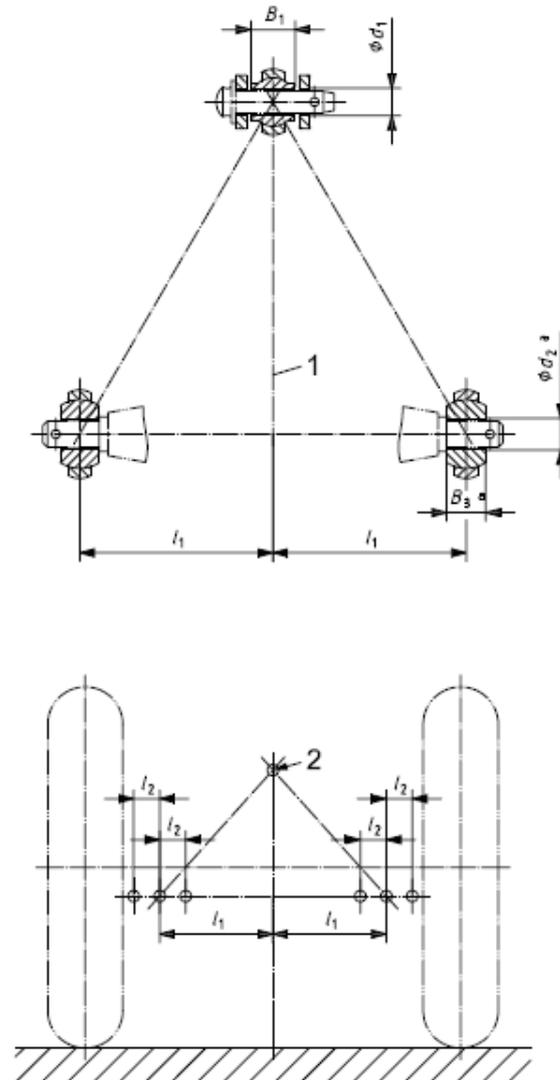
*Tracteurs agricoles à roues — Attelage trois points monté à l'arrière —
Catégories 1N, 1, 2N, 2, 3N, 3, 4N et 4*



Reference number
ISO 730:2009(E)

© ISO 2009

link couplers). The implement manufacturer should instruct the user to check for adequate PTO driveline telescoping and to potentially limit the hitch movement range.



Key

- 1 axis of the tractor
- 2 hitch point triangle
- ^a Both sides.

NOTE Dimensions are given in Table 2.

Figure 3 — Dimensions related to tractor hitch points

Table 2 — Dimensions related to tractor linkage points

Dimensions in millimetres

Dimension	Description	See Figure	Category							
			1N	1	2N	2	3N	3	4N	4
Upper hitch point										
d_1	Diameter of hitch pin hole	3	$19,3^{+0,2}_0$	$19,3^{+0,2}_0$	$25,7^{+0,2}_0$	$25,7^{+0,2}_0$	$32^{+0,25}_0$	$32^{+0,25}_0$	$45,2^{+0,3}_0$	$45,2^{+0,3}_0$
B_1	Width of ball	3	$44^{0}_{-0,5}$	$44^{0}_{-0,5}$	$51^{0}_{-0,5}$	$51^{0}_{-0,5}$	$51^{0}_{-0,5}$	$51^{0}_{-0,5}$	$64^{0}_{-0,5}$	$64^{0}_{-0,5}$
Lower hitch point										
d_2	Diameter of hitch pin hole	3	$22,4^{+0,25}_0$	$22,4^{+0,25}_0$	$28,7^{+0,3}_0$	$28,7^{+0,3}_0$	$37,4^{+0,35}_0$	$37,4^{+0,35}_0$	$51^{+0,5}_0$	$51^{+0,5}_0$
B_3	Width of ball	3	$35^{0}_{-0,5}$	$35^{0}_{-0,5}$	$45^{0}_{-0,5}$	$45^{0}_{-0,5}$	$45^{0}_{-0,5}$	$45^{0}_{-0,5}$	$57,5^{0}_{-0,5}$	$57,5^{0}_{-0,5}$
i_1	Lateral distance from lower hitch point to centreline of tractor ^a	3	218	359	364	435	435	505	505 ^b	612
i_2	Lateral movement of lower hitch point ^c	3	50 min.	100 min. ^d	100 min. ^d	125 min.	125 min.	125 min.	125 min.	125 min.
L	Distance from end of power take-off to centre of lower hitch point, with the lower link horizontal ^{e, f}	2	300 to 375	500 to 575	550 to 625	550 to 625	575 to 675	575 to 675	575 to 675	575 to 675
<p>^a It could be necessary to vary these dimensions in case of specialized implements.</p> <p>^b If U-frame couplers according to ISO 11001-1 are used, dimension i_1 should be 489 mm.</p> <p>^c Values may be reduced by a maximum of 35 mm in certain applications (e.g. for wagon hitches (e.g. ISO 6489-2) or with wide tyre sizes).</p> <p>^d If the tractor has a track width $\leq 1\ 150$ mm, this value may be reduced to 50 mm min.</p> <p>^e If a U-frame coupler according to ISO 11001-1 is expected to be used on the tractor, the lower links should be designed to the minimum L dimension.</p> <p>^f Dimensions apply only to nominal diameter 35 mm PTO-shaft and shall be increased by 100 mm if a nominal diameter 45 mm PTO-shaft is used; see ISO 500-1¹⁾.</p>										

Anexo 11. Ficha técnica de Tractor a utilizar con la Pala Niveladora.

5076EF

Tractor Angosto John Deere



Motor

Potencia a las rpm nominales	77 hp (57,4 kW)
Velocidad nominal del motor	2400 rpm
Par máximo	292 Nm
	1220 rpm
Cantidad de cilindros	4
Aspiración (Opcional)	Natural Turbo
Cilindrada	4,5 L (276 plg ³)
Relación de compresión	17,6:1
Bomba de inyección	Rotativa

Transmisión

Tipo	Sincronizada
Velocidades	9 avance/3 reversa

Embrague

Tipo	Seco
Material	Cerámico
Diámetro	279 mm (11 plg)

Toma de fuerza

Potencia máxima a la TDF	66 hp
Tipo	Independiente
Velocidad	540/540E rpm Económica
Accionamiento	Mecánico

Sistema hidráulico

Tipo de circuito	De centro abierto
Tipo de bomba	De engranajes
Caudal al implemento	60,2 L/min
Capacidad de levante	1530 kgf
Sensibilidad del sistema	3º punto
Válvula de Control Selectivo	1 (2da. opcional)
Categoría de enganche	I y II

Dirección

Tipo	Hidroestática
Caudal a la dirección	24,9 L/min

Eje trasero

Traba de diferencial	Mecánica por pedal
Frenos tipo	Multidisco húmedo, autoajustables
Accionamiento	Hidráulico

Sistema eléctrico

Alternador	70 A
Motor de arranque	3,39 hp (2,5 kW)

Capacidades

Tanque de combustible	60 L
Sistema de enfriamiento	10,8 L
Aceite de motor	8,5 L
Aceite de transmisión, diferencial y sistema hidráulico	41,8 L

Dimensiones (con equipo estándar)

Distancia entre ejes	2080 mm
Largo máximo (incluyendo los brazos de levante)	3655 mm
Ancho mínimo a la cara externa del rodado	1381 mm
Altura a la parte superior del ROPS	2316 mm
Altura al volante	1480 mm
Despeje mínimo al suelo (DT)	350 mm
Peso aproximado de embarque (DT)	2400 kg

Rodados

Delantero estándar	9,5-16 R1
Delantero opcional	10,5/80-18
Trasero estándar	14,9-24 R1
Trasero opcional	14,9-28 R1

Velocidades

Velocidades de avance a 2400 rpm	
A1 1,8 km/h	C1 11,8 km/h
A2 2,6 km/h	C2 17 km/h
A3 3,6 km/h	C3 23,2 km/h
B1 4,3 km/h	R1 3,1 km/h
B2 6,2 km/h	R2 7,2 km/h
B3 8,4 km/h	R3 19,8 km/h

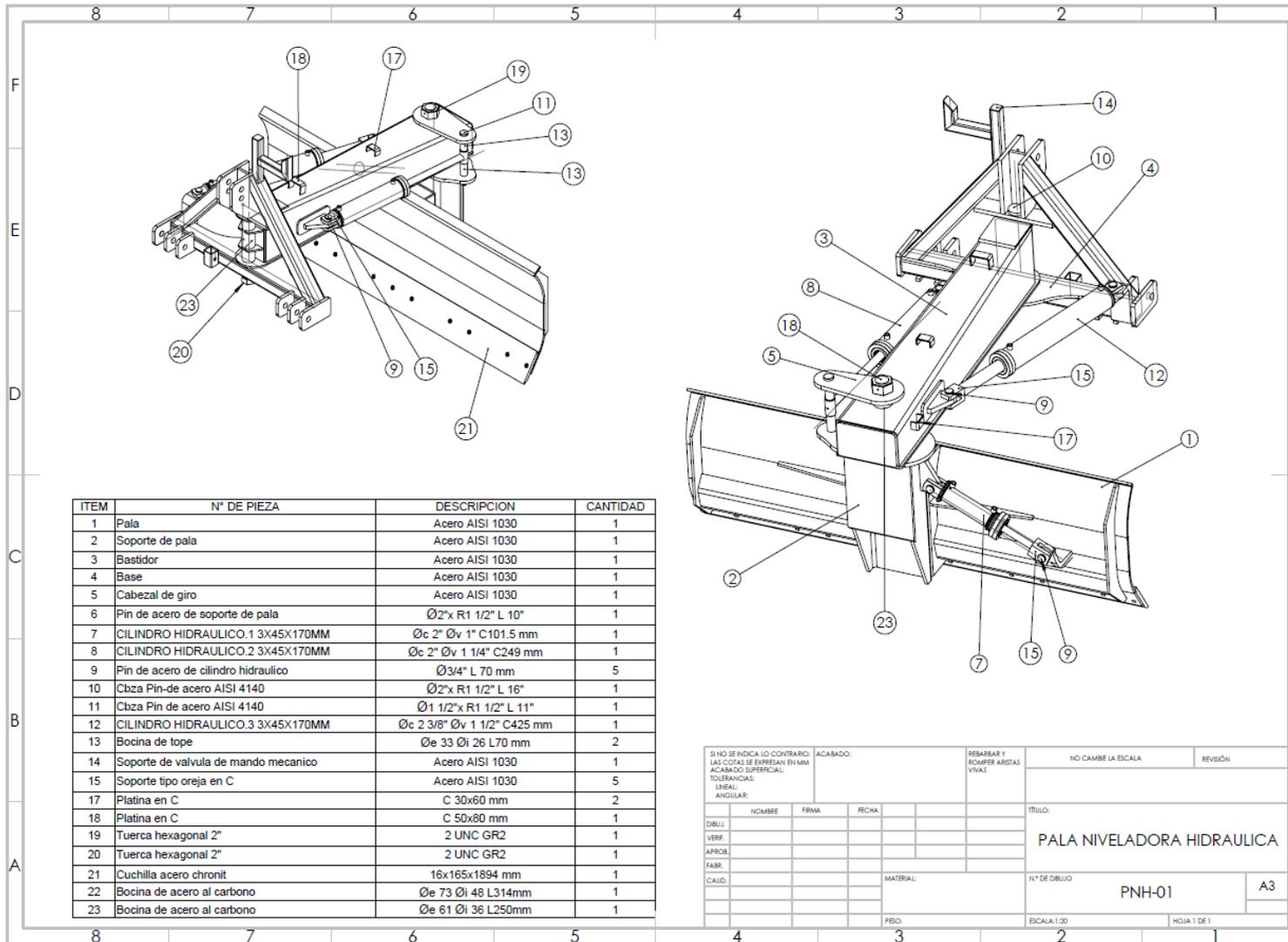
Equipo básico

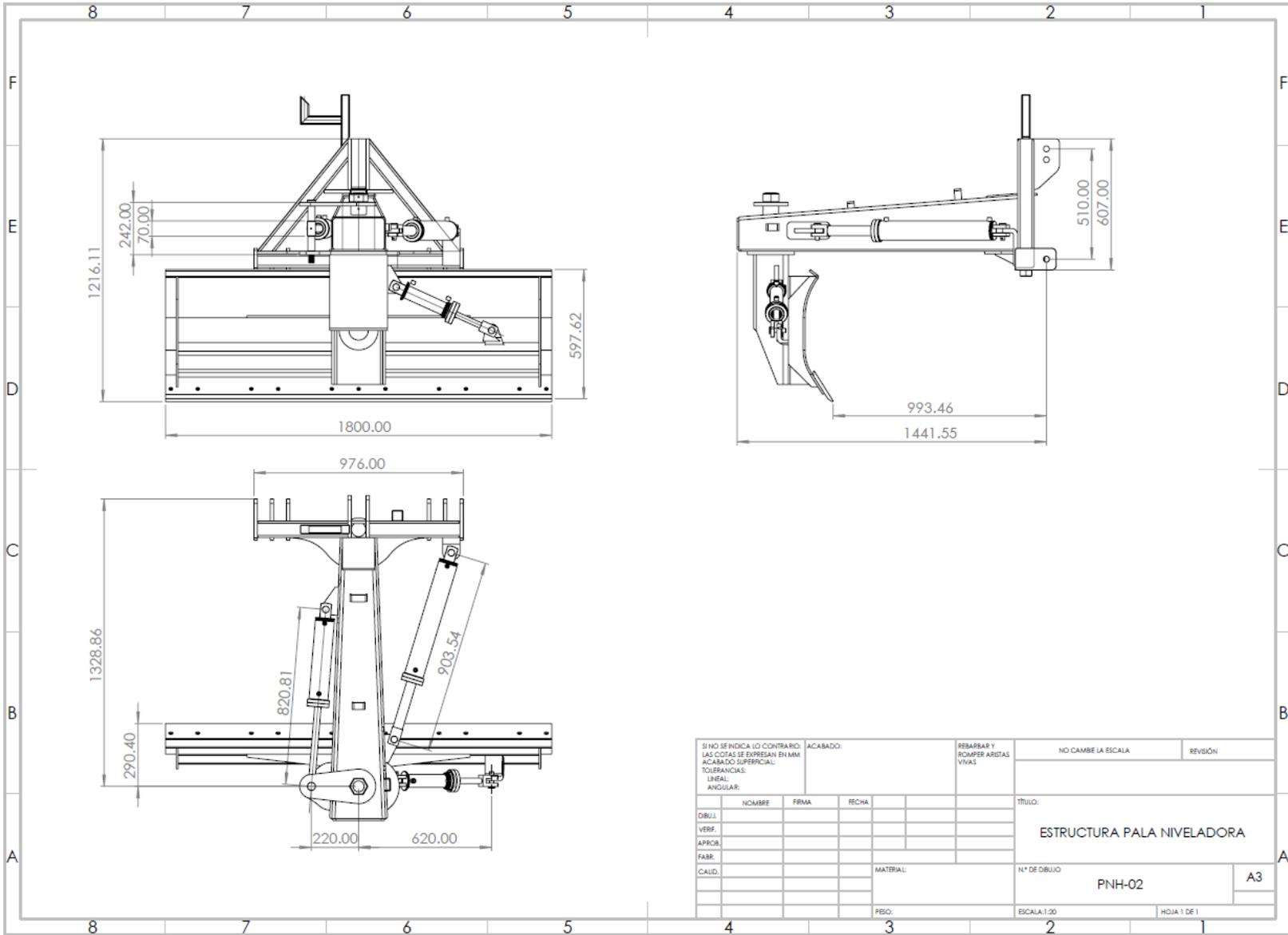
Trampa de agua en sistema de combustible
Prefiltro de combustible
Acelerador de pie
Triángulo de seguridad
3 lámparas de trabajo (2 delanteras y 1 trasera)
Filtro de aire de doble elemento
Barra de tiro con horquilla
Conector de 7 puntas
Asiento de operador con cinturón
Barra antivuelco
Soporte delantero de contrapesos
Manual del operador
1ª Válvula de Control Selectivo

Equipo opcional

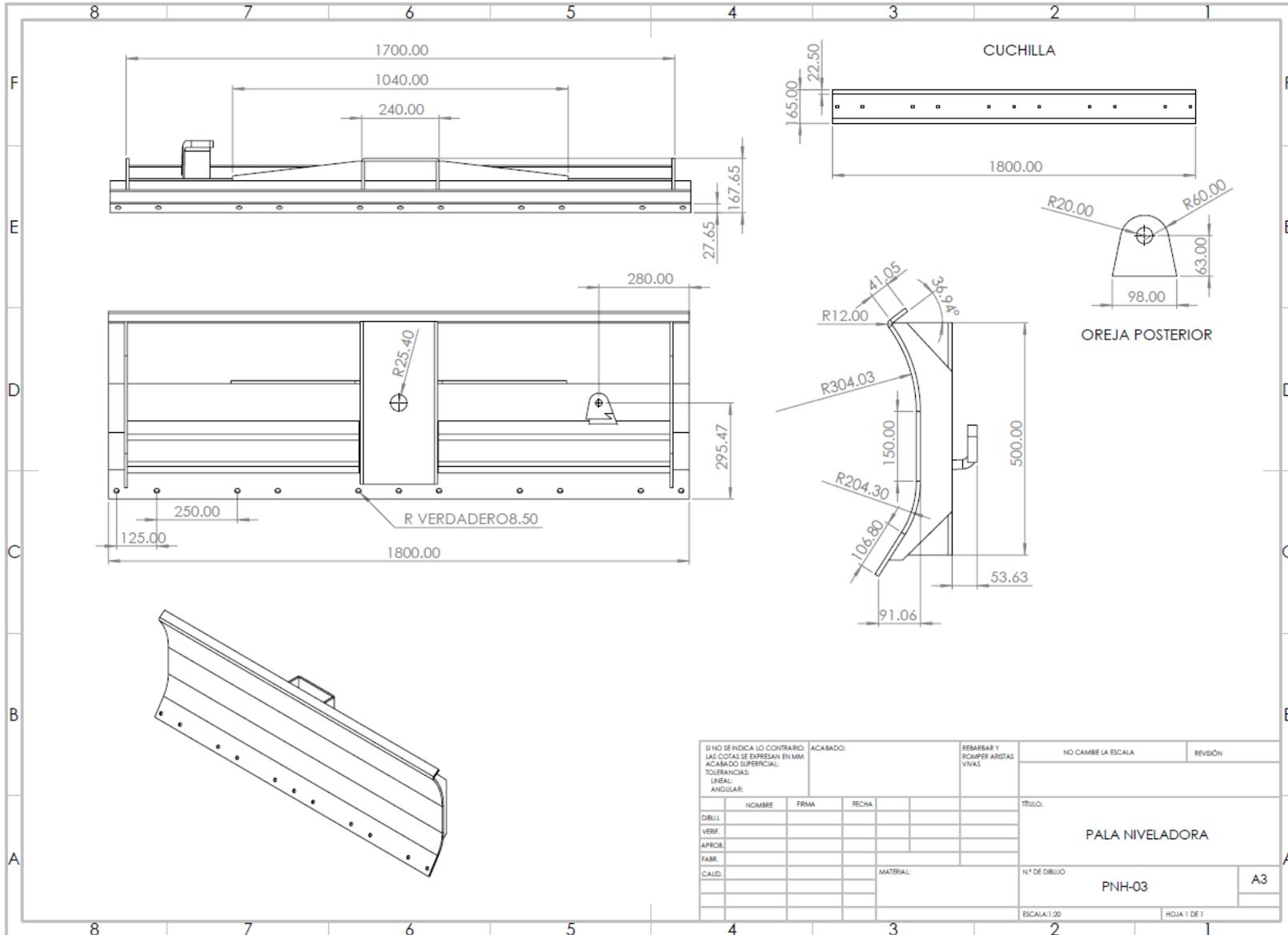
Contrapesos delanteros
Contrapesos traseros
Reductor de velocidad (creeper)
2ª Válvula de Control Selectivo

Anexo 12. Planos generales de la Pala Niveladora Hidráulica

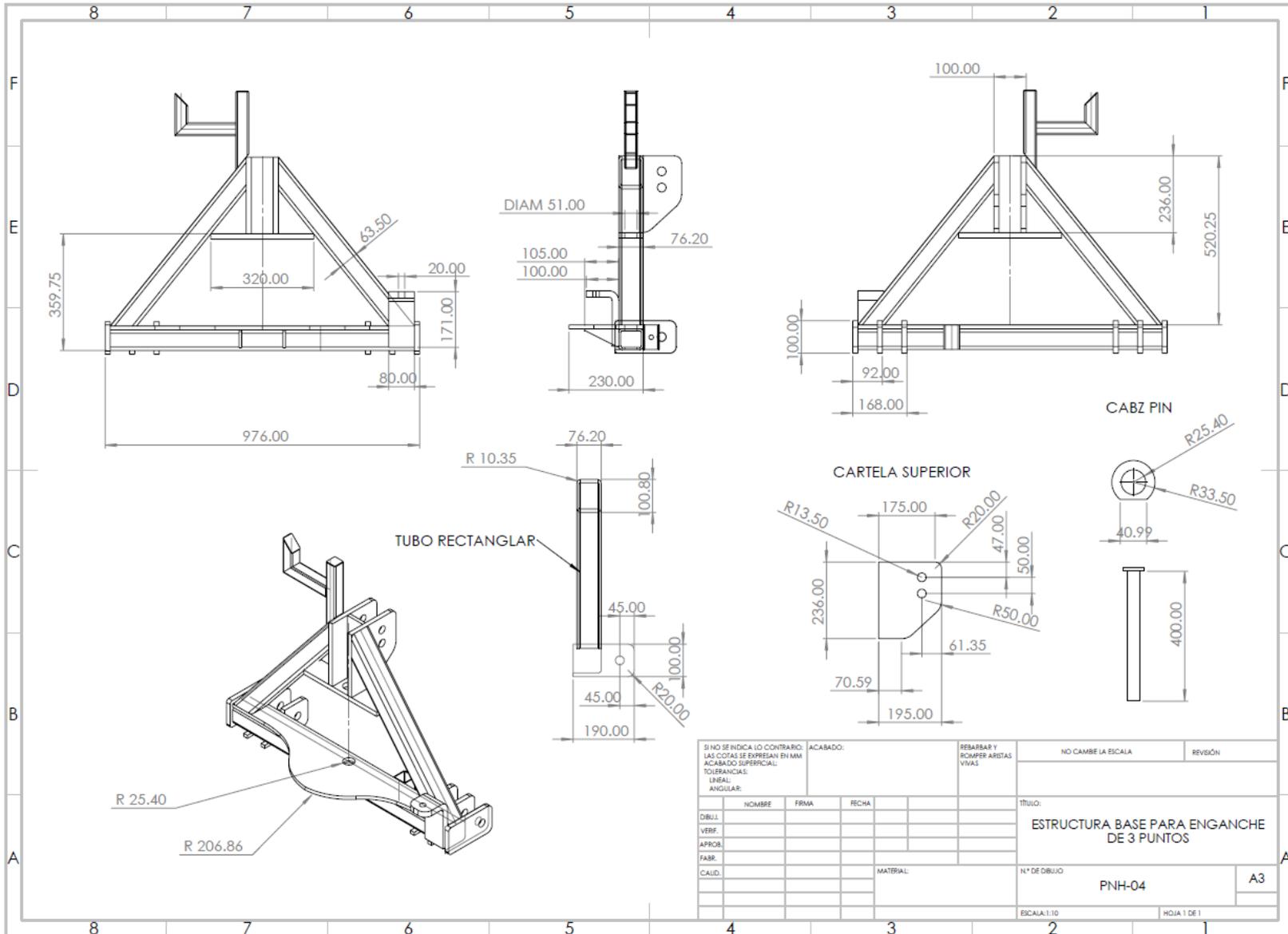




SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.				ESTRUCTURA PALA NIVELADORA	
APROB.				N° DE DIBUJO	A3
FABR.				MATERIAL:	
CAJED.				FEBO:	ESCALA: 1:20
					HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RESBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.				PALA NIVELADORA	
APROB.				Nº DE DIBUJO	A3
FABR.				MATERIAL:	
CAUID.				ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RESBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.				ESTRUCTURA BASE PARA ENGANCHE DE 3 PUNTOS	
APROB.				Nº DE DIBUJO	A3
FABR.				PNH-04	
CAUD.			MATERIAL:	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1

