UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

OPTIMIZACIÓN DEL MECANISMO DE TRANSPORTE DE LANA PARA EVITAR EL ENREDO DE LA FIBRA EN EL PROCESO DE LAVADO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTADO POR:

HEINZ MIGUEL COAQUIRA PACHACAMA

AREQUIPA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia, gracias a sus consejos y palabras de aliento; a mis padres y hermano por su apoyo, confianza y amor, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y profesional, a mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre, a mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor; a mi hermano por estar siempre presente, brindándome aliento.

También quiero agradecer la confianza depositada y el apoyo que me ha brindado mi asesor, gracias a sus conocimientos transferidos; he podido concluir este proyecto tan importante en mi vida profesional y personal.

A la universidad mi eterna gratitud por brindarme la formación profesional necesaria para poder desenvolverme en un ámbito laboral tan competitivo como el que presentamos en la actualidad.

INDICE

DEDICATORIA ii

PRESENTACIÓN x

CAPÍTULO 1 11

DISEÑO METODOLÓGICO 11

1.1. Resumen 11

1.2. Planteamiento del problema 12

1.3 Objetivos 12

1.3.1 Objetivo general 12

1.3.2 Objetivos específicos 12

1.4 Hipótesis 13

1.4.1 Hipótesis general 13

1.4.2 Hipótesis especificas 13

1.5 Antecedentes 13

1.6 Justificación 13

1.7 Variables de estudio 14

1.7.1 Variables independientes. 14

1.7.2 Variable dependiente 14

CAPÍTULO 2 15

ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE 15

2.1. Línea de lavado de lana 15

2.1.1. Sección de fibra grasienta 15

2.1.2.1 Batidoras 15

2.1.2.2 Cargadores verticales 17

2.1.2.3 Abridores 19

2.1.2. Sección de lavado 22

2.1.2.1 Métodos de limpieza de la lana 22
2.1.2.1.1 Método acuoso 22
2.1.2.1.2 Método por disolvente 23
2.1.2.2 Sistemas de fregado o limpieza 25
2.1.2.2.1 Sistema integral de lavado “Wronz” 25
2.1.2.2.2 Sistema “Lo-Flo” y “Mini-Flo” 26
2.1.2.2.3 Sistema “Siroscour” 29
2.1.2.3 Mecanismos de transporte de lana 30
2.1.2.3.1 Mecanismo tipo rastrillo 30
2.1.2.3.2 Mecanismo del tipo grada 33
2.1.2.3.3 Mecanismo del tipo paleta 36
2.1.2.3.4 Tambor de succión de Fleissner 38
2.1.3. Sección de post-lavado 39
2.1.2.2 Secadora de telera sin fin 40
2.1.2.2 Secadora de tambores perforados 42
2.2. Estructura de funciones en el proceso de lavado 44
2.2.1. Caja negra 44
2.2.2. Procesos técnicos 44
2.2.3. Estructura de funciones 45
2.3. Matriz morfológica 45
2.3.1. Desarrollo de la matriz morfológica 45
2.4. Conceptos de solución 46
2.4.1. Concepto de solución 1 (C.S.1) 46
2.4.2. Concepto de solución 2 (C.S.2) 46
2.4.3. Concepto de solución 3 (C.S.3) 46
2.4.4. Concepto de solución 4 (C.S.4) 46
2.5. Determinación del concepto de solución óptimo 46

2.5.1. Criterios ponderados 46
2.5.1.1. Valor técnico 46
CAPITULO 3 49
MARCO TEORICO 49
3.1 Diseño de elementos de mecanismos 49
3.2 Análisis de perfiles sometidos a cargas por tensión 50
3.3. Deformación bajo una carga axial directa 51
3.4. Esfuerzo cortante directo 52
3.5. Esfuerzo cortante torsional 52
3.4. Esfuerzo debido a flexión 53
3.5. Calculo de levas 54
3.6. Diseño de ejes para el esfuerzo 55
CAPITULO 4 62
PARÁMETROS DE DISEÑO 62
4.1 Consideraciones para definir el mecanismo 62
4.1.1. Síntesis 70
4.2 Especificaciones para el diseño 71
4.3 Definición del mecanismo propuesto 72
CAPITULO 5 83
DISEÑO Y ANALISIS DEL MECANISMO PROPUESTO 83
5.1 Análisis de cargas, dimensionamiento y selección de material de los componentes del mecanismo 83
5.2 Análisis cinemático del mecanismo propuesto 115
CONCLUSIONES 132
BIBLIOGRAFIA 134
ANEXOS 137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de una batidora gradual moderna (“Step blender”) (Stewart, 1985).....16
Figura 2: Cargador vertical clásico (Stewart, 1985); 1.Telera alimentadora horizontal o “Feed apron”; 2. Telera enpuada vertical o “Spiked apron”; 3. Cilindro en puado peinador o “Comb drum”; 4. Cilindro descargado o “Doffer drum”.....17
Figura 3: Cargador vertical de fibra grasienta 18
Figura 4: Telera en puada.....18
Figura 5: Distribuidor y/o limpiador de carga 19
Figura 6: Equipo de apertura de doble cilindro (von Bergen, 1969) 20
Figura 7: Equipo de apertura “Fearnaught” (von Bergen, 1969).....20
Figura 8: Cargador-abridor de fardos 21
Figura 9: Sistema de exprimido y transporte de lana.....23
Figura 10: Esquema de una unidad del sistema C.S.I.R.O. 24
Figura 11: Esquema del sistema “Wronz”.....26
Figura 12: Esquema de flujo del sistema Lo-Flo.....28
Figura 13: Esquema de flujo del sistema “Siroscour” 30
Figura 14: Maquina de lavado de lana con el mecanismo tipo rastrillo 32
Figura 15: Mecanismo de transporte de lana tipo rastrillo 32
Figura 16: Maquina de lavado de lana con el mecanismo tipo grada.....35
Figura 17: Maquina de lavado de lana con el mecanismo tipo paleta 38
Figura 18: Secador continuo o de telera sin fin (von Bergen,1969) 41
Figura 19: Secador de telera sin fin de tres cuerpos 41
Figura 20: Secadora ECH (lado izquierdo); Detalle del recorrido omega de la secadora ECH (lado derecho) 42
Figura 21: Secadora ECO (lado izquierdo); Detalle del recorrido de la secadora ECO (lado derecho).....43
Figura 22: Detalle del recorrido de la secadora ECV (lado derecho).....43
Figura 23: Diagrama de caja negra.....44
Figura 24: Estructura de funciones en el proceso de lavado.....45
Figura 25: Matriz morfológica 45
Figura 26: Evaluación final del concepto de solución optimo.....48
Figura 27: Pasos para el diseño 49
Figura 28: Distribución de esfuerzos en un eje macizo 53
Figura 29: Diagrama de desplazamientos y derivadas para el movimiento cicloidal de subida completa. 54
Figura 30: Diagrama de desplazamiento y derivadas para el movimiento cicloidal de retorno completo.....55
Figura 31: Diagrama de desplazamiento y derivadas para el movimiento cicloidal de retorno completo.....57
Figura 32: Eje redondo con filete en el hombro en flexion 57
Figura 33: Dimensiones generales de la tina 01 65
Figura 34: Trayectoria de la grada.....67
Figura 35: Trayectoria de la grada.....68

Figura 36: Esquema general de la grada 69
Figura 37: Esquema del mecanismo propuesto 72
Figura 38: Esquema típico del conjunto de columnas 73
Figura 39: Esquema típico del brazo móvil 74
Figura 40: Esquema típico del colgador 75
Figura 41: Esquema del tubo de movimiento 76
Figura 42: Esquema de eje fijo de acople 77
Figura 43: Esquema de jalador de retorno 78
Figura 44: Esquema de eje de palanca 79
Figura 45: Esquema de brazo móvil de leva 80
Figura 46: Esquema de brazo de leva 81
Figura 47: Esquema del eje de transmisión superior 82
Figura 48: Uña tipo 1 (lado derecho); Uña tipo 2 (lado izquierdo) 83
Figura 49: Comportamiento del fluido en contacto con la uña tipo 1 85
Figura 50: Comportamiento del fluido en contacto con la uña tipo 2 86
Figura 51: Rastrillo soporte de uñas 87
Figura 52: Diagrama de fuerzas actuantes en el rastrillo 87
Figura 53: Diagramas resultantes del perfil analizado 88
Figura 54: Propiedades mecánicas de acero inoxidable AISI 304/304L 89
Figura 55: Perfiles L de lados iguales europeos 90
Figura 56: Steel Stress Check – soporte uñas 91
Figura 57: Paleta de sumergido 92
Figura 58: Diagrama de fuerzas actuantes en el soporte de paleta de sumergido 92
Figura 59: Steel Stress Check – soporte paleta de sumergido 93
Figura 60: Diagrama de fuerzas actuantes en el marco de la grada 94
Figura 61: Diagramas del perfil 100x50x3mm 95
Figura 62: Perfil rectangular - europeo 96
Figura 63: Eje de soporte de rastrillos 97
Figura 64: Diagrama de fuerzas resultantes de la aplicación de una fuerza de 34.59 kg 98
Figura 65: Strees steel check – barra lisa Ø=32mm 99
Figura 66: Puntos de apoyo de colgador 100
Figura 67: Diagrama de fuerzas actuantes en el colgador 101
Figura 68: Strees steel check – barra lisa Ø=3/4” 101
Figura 69: Eje del colgador 102
Figura 70: Diagrama de fuerzas actuantes en el eje del colgador 103
Figura 71: Strees steel check – barra lisa Ø=25mm 103
Figura 72: Diagrama de cuerpo libre - brazo 104
Figura 73: Deformación del brazo 105
Figura 74: Deformación del brazo móvil de leva 106
Figura 75: Deformación del eje de brazo 107

Figura 76: Diagramas del perfil PIPE1” SCH40 108
Figura 77: Consideraciones para el diseño de la leva 109
Figura 78: Forma aproximada de la leva 111
Figura 79: Diagrama de desplazamiento vs ángulo de giro de la leva 111
Figura 80: Leva 112
Figura 81: Deformación de la leva 112
Figura 82: Diagrama del mecanismo de transmisión 115
Figura 83: Desplazamiento de la grada vs tiempo 116
Figura 84: Posiciones de la leva 116
Figura 85: Posición de 0° a 45° 117
Figura 86: Desplazamiento en diversos ángulos 118
Figura 87: Cotas del desplazamiento de la grada 118
Figura 88: Valores en el punto A 119
Figura 89: Diagrama de fuerzas del eje de palanca 120
Figura 90: Transmisión de motor-reductor a rastrillera secundaria 123
Figura 91: Propiedades del Acero SAE 1045 126
Figura 92: Diagramas del eje de transmisión superior 129
Figura 93: Diagramas del eje de transmisión superior lado del engranaje de cadena 130
Figura 94: Modelado del eje de transmisión superior 131
Figura 95: Modelado del eje de transmisión superior 131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de decisión 47
Tabla 2: Evaluación de los conceptos de solución 47
Tabla 3: Valores de corrección del factor de superficie 59
Tabla 4: Valores del factor de temperatura según la temperatura de trabajo 60
Tabla 5: Valores del factor de confiabilidad 61
Tabla 6: Lista de exigencias y deseos 71
Tabla 7: Parámetros en cada segmento de la leva 110
Tabla 8: Materiales y pesos considerados para el jalador de retorno 113
Tabla 9: Desplazamiento de la grada 117
Tabla 10: Valores de las variables del mecanismo 119
Tabla 11: Velocidades en puntos de análisis 120
Tabla 12: Características del piñón 124
Tabla 13: Características del piñón 124
Tabla 14: Características del engranaje de cadena 125
Tabla 15: Características del piñón 3 126

PRESENTACIÓN

En la industria textil se tiene diversos procesos que permiten convertir una materia prima como es la lana, en un producto con un valor agregado como puede ser prendas de vestir, uno de estos procesos es el lavado de la lana, esta etapa es fundamental ya que de esta depende la limpieza de contaminantes que pueda poseer la lana, por lo general las tinas de lavado presentan un mecanismo de transmisión el cual permiten el transporte de la lana en todo el trayecto de lavado; uno de los inconvenientes más comunes es el enredado de la fibra lo cual con lleva a una acumulación de los contaminantes en la fibra y no se pueda realizar un lavado óptimo.

En la presente tesis se va a proponer un mecanismo del tipo grada que permita optimizar el transporte de lana y evitar el enredo de la fibra, así como también permitan un fácil mantenimiento de los componentes del mecanismo.

CAPÍTULO 1

DISEÑO METODOLÓGICO

1.1. Resumen

En la presente tesis nos vamos a enfocar en optimizar el transporte y lavado de lana perteneciente al proceso de lavado de la empresa Lanificio Confezioni S.A.C., para ello comenzamos con el capítulo uno en el que se plantea el problema, objetivos, hipótesis y variables de estudio, luego en el capítulo dos se va a conocer el proceso y los diversos equipos que componen una línea de lavado de lana, así como también se va a analizar el mecanismo de lavado más adecuado mediante una matriz morfológica; en el capítulo tres se va a dar a conocer los conceptos teóricos que debemos de saber antes de empezar con el diseño.

En el capítulo cuatro se desarrollan los parámetros de diseño que necesitamos conocer para lograr un diseño adecuado, así como también se presentan las exigencias y deseos por parte del cliente, de la misma manera presentaremos algunas características correspondientes a la tina que se va a estudiar; en el capítulo cinco se realiza el cálculo y análisis de los elementos que componen el mecanismo de transporte, los cálculos serán por fractura, flexión y corte, haciendo uso de los conocimientos del peso que debe soportar cada elemento del mecanismo; así como también se realizará un análisis cinemático para conocer el desplazamiento que realizaría el sistema para evitar el enredo de la fibra, todo ello será corroborado con los elementos finitos; finalmente vienen las conclusiones, referencias bibliográficas según APA sexta edición, los planos de cada componente del mecanismo y por último se colocaran los anexos correspondientes.

1.2. Planteamiento del problema

Uno de los inconvenientes que generan los mecanismos de transporte de lana en el proceso de lavado es el enredo de la fibra, esto con lleva a que no se logre un lavado adecuado, este problema afecta a procesos posteriores ya que quedan impregnaciones de contaminantes en la lana y esto permite que no se obtenga un producto de calidad.

Otro inconveniente que se pudo apreciar en las industrias textiles es que las uñas se encuentran soldadas en el rastrillo, esto con lleva a que si un conjunto de uñas está dañado se tenga que cambiar todo el rastrillo, esto afecta en los tiempos de mantenimiento debido al desmontaje de todo el rastrillo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el mecanismo de transporte de lana que se posee actualmente para evitar el enredo de la fibra y así mejorar el proceso de lavado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Análisis de las causas del enredo de la fibra en la línea de lavado de lana.
- Planteamiento de alternativas de diseño para mejorar el proceso de lavado y evitar el enredo de la fibra.
- Uso de elementos finitos que permitan seleccionar el perfil más adecuado para cada uno de los componentes del mecanismo a diseñar.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La optimización del mecanismo que se propone va a permitir que la fibra no se enrede y así mejorar la calidad en el proceso de lavado de la lana.

1.4.2 Hipótesis especificas

- El correcto desplazamiento de la grada va a permitir que la fibra no se enrede fácilmente.
- El correcto cálculo y selección de materiales nos va a permitir optimizar el proceso de lavado.

1.5 Antecedentes

La industria textil se inicia en la revolución industrial, gracias a la aplicación de la máquina de vapor como elemento motor se logró un avance en la manufactura textil, al pasar el tiempo y dado el rápido avance tecnológico, se pudo mejorar el proceso de obtención de un producto con valor agregado; en el Perú hay empresas que se dedican a la obtención de prendas de vestir a partir de una fuente animal, el proceso se inicia cuando se trasquila al animal, esta materia prima obtenida va a pasar por diversos procesos y equipos que van a permitir obtener un producto final, en la actualidad estos procesos están en constante mejoramiento para obtener un producto de calidad.

1.6 Justificación

La optimización del mecanismo de transporte de lana que se plantea en la siguiente tesis va a permitir solucionar los problemas que se presentan en el proceso de lavado como es el enredo de la fibra lo cual conlleva a una acumulación de contaminante permitiendo que el proceso de lavado no se realice de manera eficiente y óptima,

por lo tanto se obtiene un reproceso de la materia prima; otro inconveniente que se pudo apreciar es que las uñas del rastrillo se encuentran soldadas al mismo, y como consecuencia se tiene que reemplazar todo el rastrillo cuando algunas uñas están en mal estado, esto incrementa los tiempos en mantenimiento y por consiguiente los costos del mismo, es por ello que se presenta una mejora en el ensamble los rastrillos con respecto a las uñas que permita independizar las uñas con los rastrillos.

1.7 Variables de estudio

1.7.1 Variables independientes.

- El mecanismo actual permite el aglomera miento y enredo de la lana.
- Los compontes del mecanismo actual son de complejo mantenimiento.

1.7.2 Variable dependiente

- Porcentaje de contaminantes presentes en la lana lavada.
- El tiempo de parada por mantenimiento.
- Cantidad de lana que se logra lavar de manera eficiente.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE

Antes de empezar con la optimización del mecanismo de transporte y lavado de lana, vamos a mencionar algunos conceptos que debemos de tener en cuenta para poder entender el proceso de lavado de lana.

2.1. Línea de lavado de lana

La línea de lavado está comprendida por tres secciones principales las cuales son: sección de fibra grasienta, sección de lavado y sección de post- lavado, estas tres secciones se aprecia en el plano LV02-01-0001, en este plano se muestra una línea de lavado de lana común de una empresa textil en Arequipa, vamos a conocer cada una de las secciones para poder entender el proceso que sigue la lana en toda la línea de lavado.

2.1.1. Sección de fibra grasienta

En la sección de fibra grasienta se puede encontrar maquinas como cargadores, batidoras y abridores que se encargan principalmente del transporte, separación y disgregación de la fibra, así como también apoyan en la eliminación de impurezas de gran tamaño que puede tener la fibra; vamos a conocer a mayor profundidad los equipos que intervienen en esta sección.

2.1.2.1 Batidoras

Basándonos en el documento elaborado por el Ing. Oscar G. Adot, que lleva por título “Introducción a la Industrialización de la lana y las fibras especiales”, en el año 2010, específicamente en el punto 4 (Apertura y batido); podemos llegar a la siguiente conclusión: “Hay casos en los que se hace uso de una batidora al inicio de la línea de lavado, para minimizar en la lana no

lavada así como en la lavada la contaminación mineral, así como también la suciedad orgánica no proteica; el esquema de una batidora se muestra en la figura 1; cabe señalar que la maquina realiza un cierto grado de apertura". Un dato adicional con respecto al equipo es que todo el contaminante que se recolecta es retirado por aspiración neumática.

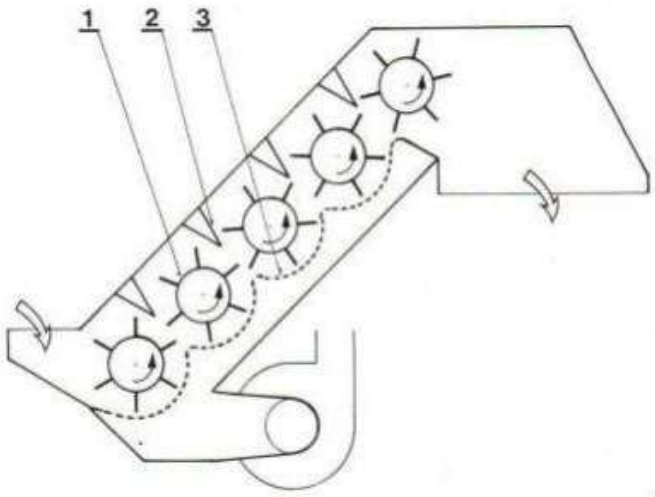


Figura 1: Esquema de una batidora gradual moderna ("Step blender") (Stewart, 1985) 1.Cilindros en puados ("Spyked cylinders); 2. Deflectores ("Deflectors"); 3.Grillas ("Screens")

Fuente: (Ing. Oscar G. Adot ; "Introduccion a la Industrialización de la lana y las fibras especiales", 2010)

En la figura 1 se aprecia los cilindros en puados que gracias al movimiento que realizan permiten que la lana posea un contacto directo contra las grillas, y a su vez permitan desplazar la lana en dirección ascendente, los deflectores permiten la correcta circulación de la lana y evitar un aglomera miento de la misma.

2.1.2.2 Cargadores verticales

Así como existen batidoras al inicio de la línea lavado, existen empresas textiles que no optan por este equipo, lo reemplazan por un cargador vertical, como se muestra en la figura 3; a diferencia de la batidora el cargador hace uso de cilindros en puados que permiten el peinado de la fibra con ayuda de la telera en puada, como se muestra en la figura 2,la telera alimentadora mayormente posee nervaduras que permiten mejorar el transporte de la lana, luego pasa a la telera en puada, esta telera posee aditamentos punzo cortantes, como se muestra en la figura 4, que permiten una mejor adherencia de la lana, permitiendo un mejor transporte de la misma.

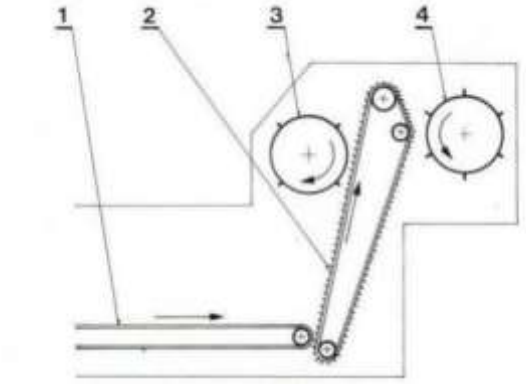


Figura 2: Cargador vertical clásico (Stewart, 1985); 1.Telera alimentadora horizontal o “Feed apron”; 2. Telera enpuada vertical o “Spiked apron”; 3. Cilindro en puado peinador o “Comb drum”; 4. Cilindro descargado o “Doffer drum”.

Fuente: (Ing. Oscar G. Adot; “Introduccion a la Industrializacion de la lana y las fibras especiales”, 2010)

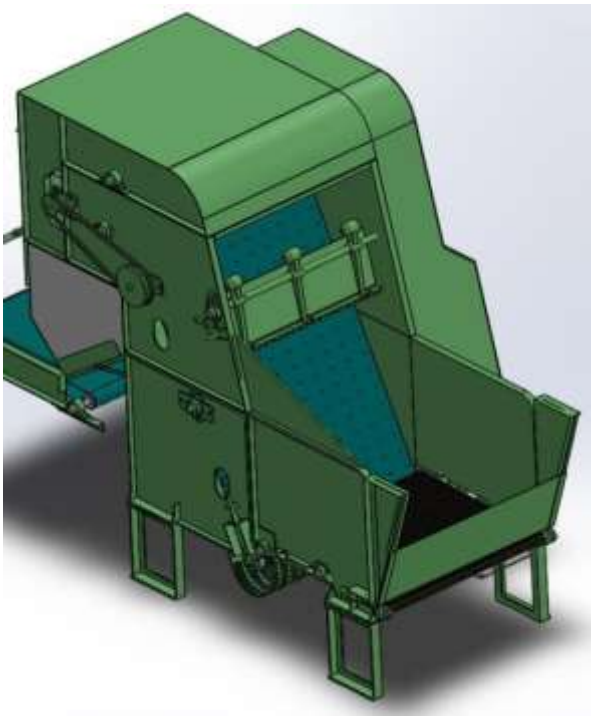


Figura 3: Cargador vertical de fibra grasienta

Fuente: (Elaboración Propia)

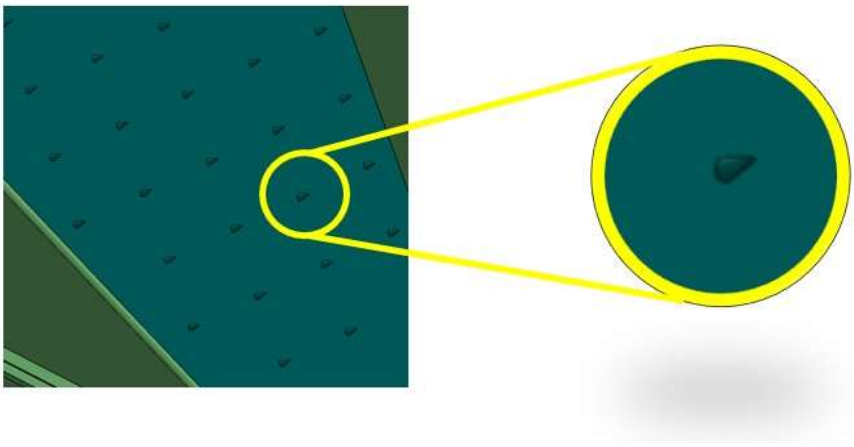


Figura 4: Telera en puada

Fuente: (Elaboración Propia)

Cabe señalar que algunos cargadores poseen un aditamento acoplado a un mecanismo que permite distribuir la carga al inicio del proceso y con esto garantizar que la lana no se aglomere, como se muestra en la figura 5; el cargador vertical de fibra grasienta tiene la función principal de transportar y distribuir una carga correcta a los abridores para que estos no posean

problemas al momento de su operación, ya que la mayoría de inconvenientes en los abridores se produce debido a una sobrecarga de lana.

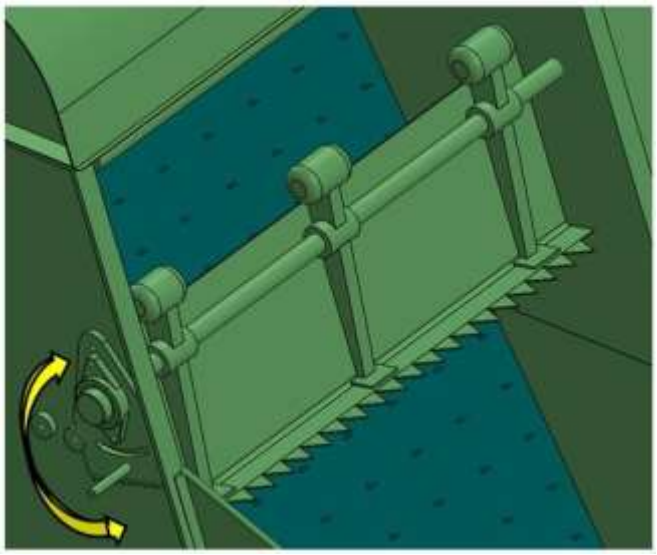


Figura 5: Distribuidor y/o limpiador de carga

Fuente: (Elaboración propia)

2.1.2.3 Abridores

Una vez que la lana ha sido transportada por el cargador vertical pasa a la siguiente etapa por medio de una faja transportadora al primer abridor, este abridor está compuesto por dos tambores los cuales presentan púas que permiten separar la fibra y a su vez retirar la mayor cantidad de contaminantes, como se muestra en la figura 6, basándonos en lo mencionado en el documento elaborado por el Ing. Oscar G. Adot, que lleva por título "Introducción a la Industrialización de la lana y las fibras especiales", en el año 2010, específicamente en el punto 4 (Apertura y batido), nos hace mención a lo siguiente: "Hay líneas de lavado que comprenden el equipo "Fearnaught", figura 7, que permite una mejor apertura de la fibra, este efecto permite mejorar mucho el lavado de la lana, pero el principal inconveniente en el uso de este equipo es que suele causar rotura de la fibra, este problema

no es bueno ya que se debilita el tejido y el producto que se obtiene es de baja calidad".

Es por ello que la mayoría de empresas del rubro textil hace uso de dos abridores de doble cilindro para mejorar el proceso de apertura de fibra; un dato adicional a considerar en estos equipos, es que al momento de abrir las fibras dejan de ser paralelas unas a otras, esto permite que la fibra sea más propensa al enredo.

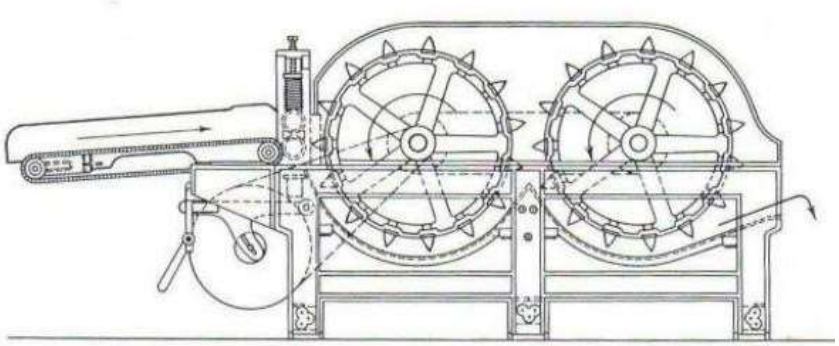


Figura 6: Equipo de apertura de doble cilindro (von Bergen, 1969)

Fuente: (Ing. Oscar G. Adot ; "Introduccion a la Industrializacion de la lana y las fibras especiales", 2010)

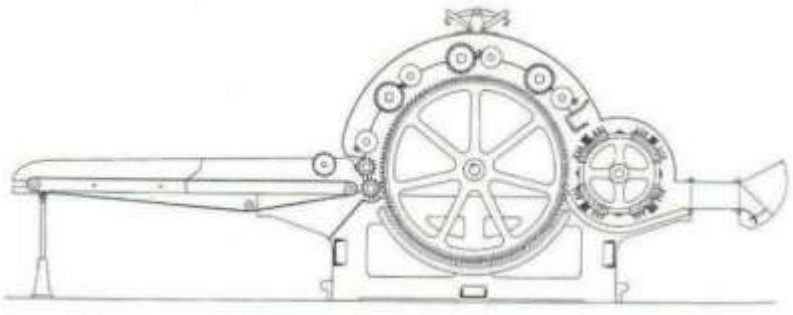


Figura 7: Equipo de apertura "Fearnaught" (von Bergen, 1969)

Fuente: (Ing. Oscar G. Adot ; "Introduccion a la Industrializacion de la lana y las fibras especiales", 2010)

En el mercado actual ya existen equipos mucho más eficientes y automatizados que permiten juntar ambas máquinas, claro ejemplo es el cargador-abridor de la empresa Tecnomeccanica Biellese de Italia, (pág. 16); la cual nos brinda la siguiente información: “Cargadores Abridores de fardos mod. AB y ABR para abrir fardos y otros aglomerados comprimidos de fibras textiles, construidos en ancho útil desde 1000 mm hasta 4000 mm, compuestos esencialmente por: tapiz horizontal– tapiz vertical con púas - cilindro limitador abridor con paso regulable - Cilindro des bordador”; esta máquina se observa en la figura 8.

Figura 8: Cargador-abridor de fardos

Fuente: (Tecnomeccanica Biellese SRL**,** Maquinas de apertura, 2017)

En la actualidad las empresas peruanas pertenecientes al rubro textil no poseen maquinas con nuevas tecnologías por lo que buscan mejorar y optimizar maquinas con un cierto grado de antigüedad para que les entregue una mayor eficiencia y confiabilidad.

2.1.2. Sección de lavado

Esta sección es la más importante en la línea de lavado de lana, ya que es aquí donde se reduce el contaminante en un 80 a 90%, existen varios métodos, sistemas y mecanismos de lavado de la lana, es por ello que vamos a profundizar en cada uno de estos puntos para tener conocimiento de que procesos se sigue para el lavado de lana.

2.1.2.1 Métodos de limpieza de la lana

Existen dos métodos de limpieza los cuales serán analizados a continuación.

2.1.2.1.1 Método acuoso

Según el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), en una publicación sobre la "Prevención de la contaminación en la industria textil", más específico en el punto 2.4.1. denominado "Lavado de lana cruda", se resume lo siguiente: "Este método de limpieza es el más tradicional y popular en el mundo, se caracteriza porque en el proceso de lavado de la lana se emulsifica la suciedad y la grasa en una solución acuosa con jabón y álcali, generalmente esta solución se lleva a cabo a una temperatura de 46° a 54°C con un ph de 9.5 a 10.5; otra solución que se usa es haciendo uso de un detergente neutro que normalmente posee un ph de 6.5 a 7.5 y se lleva a cabo a una temperatura de 57° a 71°C, esta solución con ayuda de la agitación de los rastrillos permiten la eliminación de contaminantes en la lana"; para complementar el conocimiento sobre el proceso de lavado por método acuoso se invita a leer la publicación hecha por el CEPIS y el anexo 1.

Para poder realizar el lavado de la lana por el método acuoso se necesitan de 4 a 5 tinas, 3 de ellas son llenadas con agua caliente y las restantes con agua fría o a veces caliente para el enjuague; cada tina posee un mecanismo de transporte de lana y entre tinas hay un sistema de exprimido que consiste en dos rodillos a presión, esta presión es regulada por unos cilindros neumáticos que mayor mente trabajan entre 2.8 hasta 6 bares de presión; también posee un sistema de transporte, que consta de una faja nervada que permite el desplazamiento de la lana a la siguiente tina, como se muestra en la figura 9; en el plano LV02-01-0001 se muestra una configuración habitual de un proceso de lavado por método acuoso.

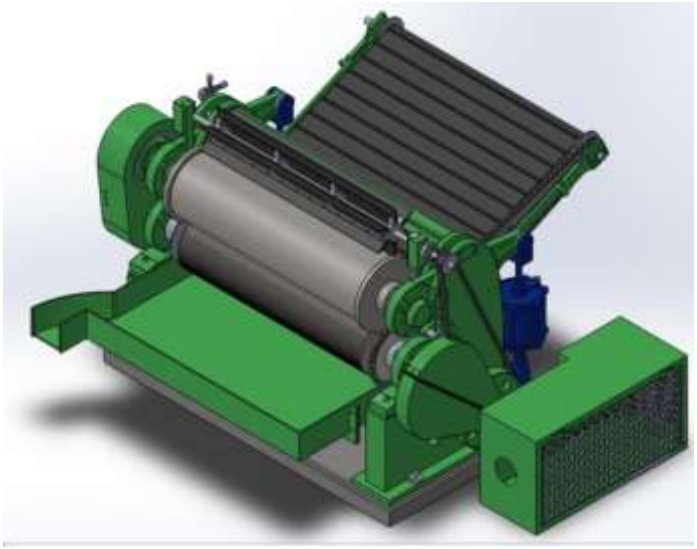


Figura 9: Sistema de exprimido y transporte de lana

Fuente: Elaboración propia

2.1.2.1.2 Método por disolvente

Basándonos en el anexo 2, (pág. 26) podemos resumir lo siguiente: “En este método de lavado se inicia con una ligera apertura y posteriormente es tratada con disolventes, estos son inyectados en unos rociadores y con ello sometemos a la lana a la acción del disolvente; la configuración que presenta

este método se muestra en la figura 10, cabe señalar que el disolvente usado es un derivado del petróleo de bajo punto de ebullición para evitar incendios".

Una de las características principales a mencionar sobre este método de limpieza es lo amigable que es con el medio ambiente, ya que si se posee una buena instalación de recuperación de disolventes estos pueden reutilizarse y evitar el desecharlos al medio ambiente.

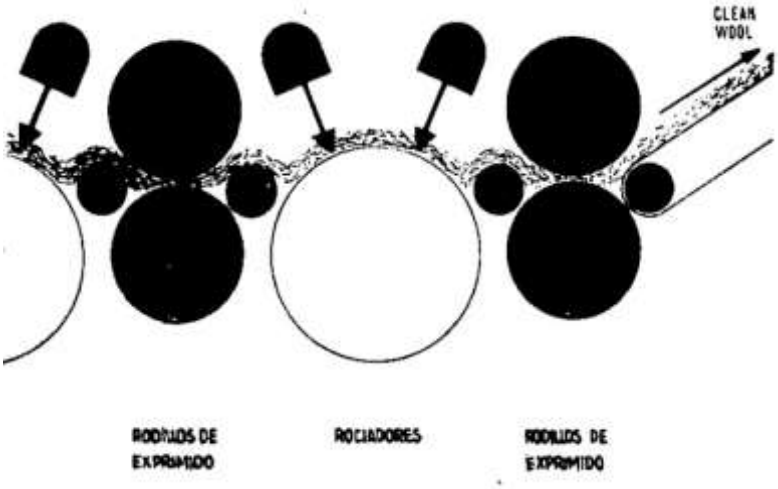


Figura 10: Esquema de una unidad del sistema C.S.I.R.O.

Fuente: Empleo de disolventes en la industria textil de tintura y acabados (Anexo2)

Reiterando el anexo 2, (pág. 26), se logra extraer la siguiente información: "El lavado de lana sucia por medio de disolventes ha sido uno de los sistemas más desarrollados por la Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (C.S.I.R.O.), este sistema se caracteriza por su mejor recuperación de los sub productos como es la suintina".

Este método de limpieza como se menciona en el párrafo anterior se usa principalmente para obtener los sub productos resultantes del lavado de la

lana, uno de estos es la suintina que es principalmente la grasa de lana en bruto, se caracteriza por ser pegajosa y posee un olor desagradable, se usa principalmente como lanolina así como también se usa para la preparación de lubricantes.

Retomando el anexo 2, (pág. 28) se extrae lo siguiente: "El principal problema que presentan los sistemas de lavado de lana con disolventes es el de la inversión a efectuar, siendo necesario el disponer de grandes producciones, tal como la existencia en Solvant Belge de 2000 kg/h, para que la instalación sea rentable"; se invita a leer el anexo 2 para complementar la información brindada.

Esta desventaja es uno de los factores que influyen mucho al momento de seleccionar el tipo de método de limpieza a utilizar, ya que si la producción es pobre la inversión en este método de lavado se recuperaría en un largo tiempo, con la excepción de que la empresa se dedique a obtener los sub productos resultantes del lavado de lana.

2.1.2.2 Sistemas de fregado o limpieza

En esta sección se brinda una información breve sobre algunos sistemas de limpieza y su contribución en el proceso de lavado de lana.

2.1.2.2.1 Sistema integral de lavado "Wronz"

Basándonos en la publicación hecha por Techhistory.co.nz, que lleva por título "Cleaning the wool Clip", logramos resumir lo siguiente: "Este sistema fue uno de los primeros sistemas de limpieza integral de la Organización de Investigación de Lanas de Nueva Zelanda (WRONZ), la instalación de este sistema se realizó en el año 1972 en una nueva línea de lavado de lana en

Timaru, Nueva Zelanda, el propósito del nuevo sistema fue la integración de los sistemas de eliminación de contaminantes en la operación de lavado, de modo que todos los efluentes pesados recibieran un tratamiento antes de la descarga, este tratamiento incluye la eliminación de contaminantes en la fibra y la recuperación de la grasa de lana", el esquema de un sistema integral de lavado "Wronz" se muestra en la figura 11.

Este tipo de sistema aún se sigue usando para obtener productos como la lanolina que presenta usos industriales, farmacéuticos y domésticos.

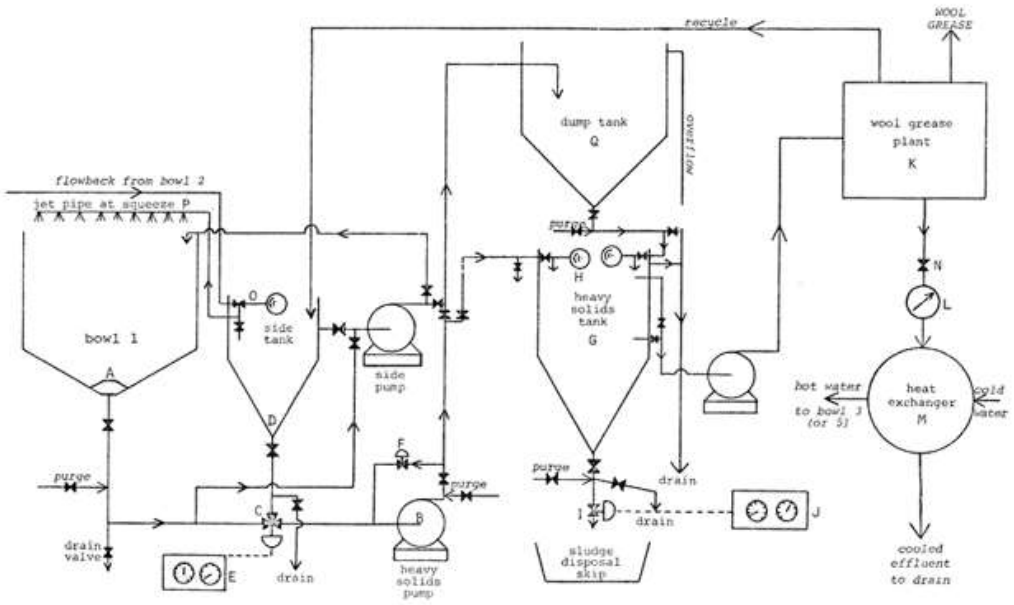


Figura 11: Esquema del sistema "Wronz"

Fuente: http://www.techhistory.co.nz/OntheLand/Woolscouring3.htm

2.1.2.2.2 Sistema "Lo-Flo" y "Mini-Flo"

En la tesis del doctor Kayumov J.A. que lleva por título: "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", en el año 2015, (pág. 20), nos menciona lo siguiente: "El sistema Lo-Flo fue

desarrollado por la Common wealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), en 1977 lanzo el proceso de limpieza de lana Lo-Flo a la industria, el sistema Lo-Flo realiza el proceso de lavado por medio de 3 mini tazones con la finalidad de reducir el consumo de agua", como se muestra en la figura 12.

Este sistema Lo-Flo está ligado con el método de limpieza por disolventes, este sistema lleva a cabo el lavado de la lana gracias a la inyección de los rociadores que contienen disolvente; según el texto: "Wool Processing", elaborado por: "The Australian Wool Education Trust licensee for educational activities University of New England", en el año 2009, (pág. 7-4), nos indica lo siguiente: " Uno de los problemas del sistema Lo-Flo resulta de los contaminantes residuales, estos afectan el rendimiento del procesamiento de varias maneras: produce polvo y moscas en la fábrica, así como también proporcionan defectos visuales en la confección, hilado y teñido".

También vamos a hacer mención de lo que nos indica el doctor Kayumov J.A. en su tesis: " Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", en el año 2015, (pag. 20), en este apartado se hace mención al texto: "Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles", Volume 12, del autor S.R. Karmakar, en el año 1999, el cual nos indica lo siguiente: "El inconveniente en este tipo de sistema es que posee una eficiencia de limpieza muy baja, este sistema se usa principalmente para recuperar la grasa de la lana y para fines de control de la contaminación".

Basándonos en lo mencionado anteriormente llegamos a la conclusión que este tipo de sistema de limpieza posee varias deficiencias, es por ello que las

empresas textiles no optan por este sistema, esto se debe a los inconvenientes ya mencionados párrafos arriba.

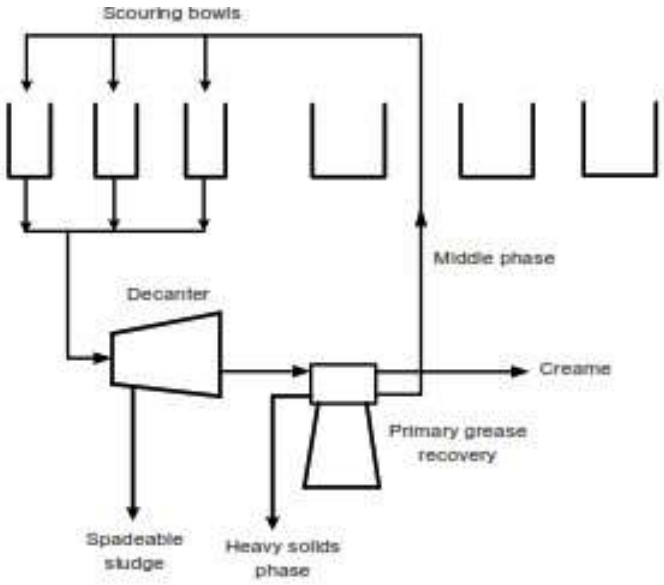


Figura 12: Esquema de flujo del sistema Lo-Flo

Fuente: Kayumov J.A. "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", 2015.

Luego del desarrollo Lo-Flo se propuso el sistema Mini-Flo, para ello se hace mención a la citación hecha por el doctor Kayumov J.A. en su tesis: " Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", en el año 2015, (pág. 21), en el texto: "Wool: science and technology", elaborado por W.S. Simpson; G.H Crawshaw; Textile Institute (Manchester, England), en el año 2002, el cual nos indica lo siguiente: "Después de dos años de la instalación del proceso Lo-Flo, se propuso un sistema similar al cual lo denominaron Mini-Flo, el prototipo de este sistema es similar al de Lo-Flo con la diferencia que se logra una mejora en la eficiencia de lavado, aun así no se logró un éxito comercial".

Como aporte personal se aclara que este sistema Mini-Flo no llego a lograr un éxito comercial debido a que se necesitan grandes cantidades de producción, en esa época la producción era de 159 a 200 kg/h, por lo que para las empresas no era rentable.

2.1.2.2.3 Sistema "Siroscour"

Basándonos en la tesis del doctor Kayumov J.A. que lleva por título: " Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", en el año 2015, (pág. 21), en este apartado se hace mención al texto: "Wool: science and technology", elaborado por W.S. Simpson; G.H Crawshaw; Textile Institute (Manchester, England), en el año 2002, el cual nos indica lo siguiente: "Este sistema fue diseñado por la empresa de lavado de lana ANDAR para adaptarse a los diferentes patrones de eliminación de contaminantes, en este sistema se prioriza la necesidad de una lana más limpia y una mejor recuperación de la suciedad, que habían sido los mayores problemas con el sistema Lo-Flo".

Este sistema consiste en la configuración mostrada en la figura 13, el método de limpieza usualmente usado en este tipo de sistema es el método acuoso, el cual se detalla en la sección 2.1.2.1.1. (Método acuoso) en la presente tesis.

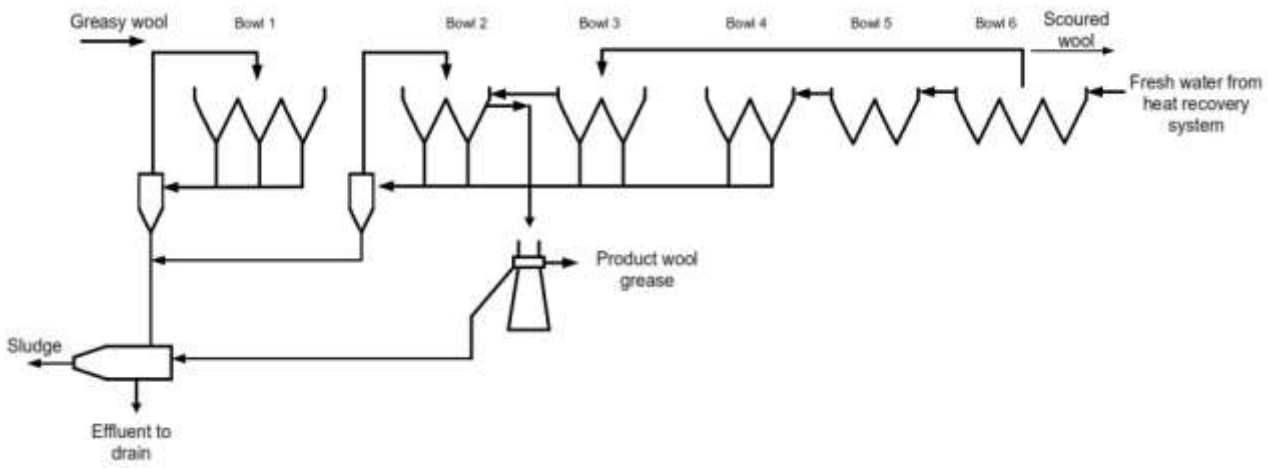


Figura 13: Esquema de flujo del sistema "Siroscour"

Fuente: Kayumov J.A. "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", 2015

Uno de los problemas generados por los contaminantes proteicos, resultantes de la células de piel que puede contener la lana, es que en el lavado estos restos proteicos forman un gel que se adhiere a la fibra, este permite atrapar suciedad; el sistema "Siroscour" gracias al uso del método acuoso permite remover este gel con mucha facilidad gracias a la solución que se usa para el lavado de lana.

2.1.2.3 Mecanismos de transporte de lana

Los mecanismos de transporte de lana son las partes principales de los sistemas de fregado o limpieza; dentro de los mecanismos de transporte de lana existen cuatro tipos que normalmente son usados en las industrias textiles, en esta sección vamos a describir estos tipos de mecanismo de transporte.

2.1.2.3.1 Mecanismo tipo rastrillo

Basándonos en lo mencionado por el doctor Kayumov J.A. en su tesis: " Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement",

en el año 2015, (pág. 22), hace mención al documento “Light Industry”, elaborado por Rogachev, N.V. Fedorov V.A., en 1967; el cual nos indica lo siguiente: “En 1840, la firma inicial “Mellet Freres” creó la máquina de limpieza de rastrillo simple y, más tarde, en 1853, la firma “Ien Petri & Taylor” creó una máquina de limpieza de lana desarrollada con múltiples rastrillos, llamada Leviafan”.

Al pasar de los años se siguió realizando avances que contribuyeron en el desarrollo de las máquinas de limpieza de lana, uno de los inventores a destacar fue F.G. Sargent en 1890, su diseño se basa en mover todos los rastrillos de manera conjunta, estos son colocados en varias filas, cada conjunto de rastrillos consta de cuatro clavijas fijas a una barra transversal y la maquina tenía dos conjuntos de estos rastrillos, donde el primer conjunto de estos rastrillos se usa para el transporte y el segundo para recibir y transportar a la siguiente etapa, este invento se aprecia en el anexo 10.

Según Kayumov J.A., Castelli V.P., Xojimatov R.S.,Kozokboyev D. y Norinova R. en el paper “A study on wool scouring machines” nos indican lo siguiente en base a la figura 14: “En la figura, “1” representa el cuenco o tanque, que forma el cuerpo o el marco de la máquina de fregar; “2”, es la mezcla de jabón y agua para limpiar la lana; “3”, es una faja alimentadora que puede ser impulsada por correas o engranajes, a medida que la lana cae del transportador de alimentación al recipiente, las púas “b” del primer rastrillo “6” lo atrapan y lo sumerge en la solución de jabón o detergente y lo transportan hacia adelante al alcance del siguiente rastrillo; en este equipo puede existir entre dos a seis rastrillos en la máquina, los rastrillos mueven la lana en la solución de limpieza

para realizar el lavado correspondiente y lo pasan hacia los rodillos de compresión 8".

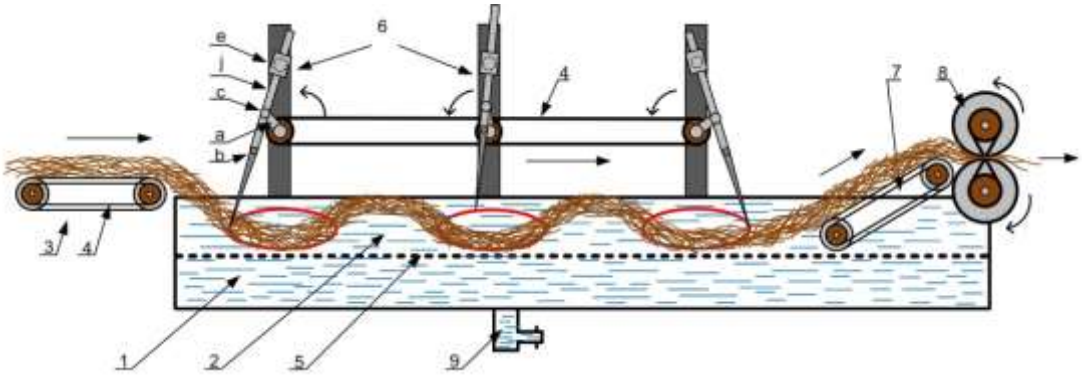


Figura 14: Maquina de lavado de lana con el mecanismo tipo rastrillo

Fuente: Kayumov J.A. "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", 2015.

Este tipo de mecanismo de transporte permite que el rastrillo "6" de la figura 14 se mueva con la manivela "a", permitiendo realizar un movimiento hacia adelante y hacia atrás.

En la figura 15, se aprecia que cerca de la parte superior del rastrillo hay una bocina "e" que embona con el eje "j", que permite que el rastrillo se mueva hacia arriba y hacia abajo.

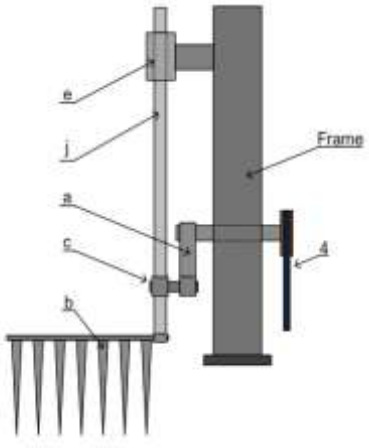


Figura 15: Mecanismo de transporte de lana tipo rastrillo

Fuente: Kayumov J.A. "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", 2015.

El presente mecanismo permiten que las rastras “b” realicen un movimiento elíptico con un barrido determinado, al final del barrido la lana sale del líquido en posición vertical, lo que permite que el siguiente conjunto de rastras pueda realizar el lavado y transporte correspondiente; cuando se llega al último conjunto de rastras, la lana pasa a través de la faja transportadora de salida “7”, esta se encarga de alimentar a los rodillos exprimidores “8”, estos expulsan el líquido de lana y a su vez alimentan a la siguiente tina.

El elemento “5” es un fondo falso perforado, a través de este pasa el licor de la lana, pero no permite el paso de la lana; el elemento “9” es una abertura que permite el vaciado de la tina.

2.1.2.3.2 Mecanismo del tipo grada

Según el doctor Kayumov J.A. que lleva por título: " Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement”, en el año 2015, (pág. 24), nos indica lo siguiente: “El mecanismo del tipo grada fue inventado en Inglaterra por John McNaught y William McNaught, la versión completa, clara y desarrollada de esta invención fue patentada por los Estados Unidos en el año 1888”, este tipo de mecanismo lleva a cabo el movimiento de la grada mediante un mecanismo de leva, en donde la leva permiten el movimiento del eje principal de la máquina y este está apoyado en columnas por medio de cuerdas, este mecanismo se puede apreciar en el anexo 3.

En el año de 1900, W. McNaught inventó una máquina de fregar que a diferencia del invento mencionado en el párrafo anterior el mecanismo del tipo grada permanece fijo a los enlaces en lugar de colgarse con el apoyo de las cuerdas, otra característica de esta invención es la ausencia de un pequeño mecanismo de

grada que se utilizara para transportar la lana a los rodillos de compresión, este mecanismo se puede apreciar en el anexo 4; en el mismo año los inventores W. McNaught y T. Hawkins presentaron una maquina muy peculiar ya que a diferencia de las maquinas ya mencionadas las tinas se colocaban en tres pisos y la lana se alimentaba al recipiente en el tercer piso, para luego ser propulsado por el mecanismo tipo grada a los rodillos de compresión, la lana ya exprimida se alimenta al segundo piso por un alimentador, este proceso se repite en los tres pisos, en esta máquina el mecanismo del tipo grada es accionado por un solo eje con mecanismos de accionamiento tales como articulaciones y levas, como se aprecia en el anexo 5; en la actualidad las máquinas de fregar se desarrollan en base de las invenciones presentadas en el anexo 4 y el anexo 6.

Según Kayumov J.A., Castelli V.P., Xojimatov R.S.,Kozokboyev D. y Norinova R. en el paper "A study on wool scouring machines" nos brinda la siguiente información en base a la figura 16: "En la figura, "1" representa el cuenco o tanque, formando el cuerpo o marco de la máquina; "2" es un fondo falso perforado, a través del cual puede pasar licor pero no permite el paso de lana y debajo de este fondo existe una abertura de extracción "9", que permite el vaciado del licor de la tina; "3", es la faja alimentadora que puede ser impulsada por correas o engranajes, a medida que la lana grasienta cae de faja transportadora las púas "p" atrapan y sumergen la lana en el líquido de limpieza y transportándola hacia la salida de la tina, las cuales están montadas en las circunferencias longitudinales "h", de la grada "H"; en la pared de la tina "1", están montadas las columnas "j" y "j´", provistas en sus extremos superiores con cojinetes para los ejes transversales "O2" y "O3", sobre estos ejes son montados las palancas "L" y "M", en estas palancas se encuentran los

brazos “l” y “m” sobre los cuales son montados contrapesos “i” y “i´”, estos contrapesos cumplen la función de contrarrestar el peso de la grada H; los brazos “l1” y “m1” están conectados por las barras “f” y “f´” y estos a su vez están conectados a las barras transversales “B” y “B´”; mientras que los brazos “l´” y “m´” permiten la conexión de las palancas “L” y “M” por medio de la biela “g”; cuando uno de los ejes transversales “O2” o “O3” se oscila el otro eje también realizara el mismo movimiento a través de la biela “g” esto permite impartir a la grada H el movimiento de subida y bajada requerido.

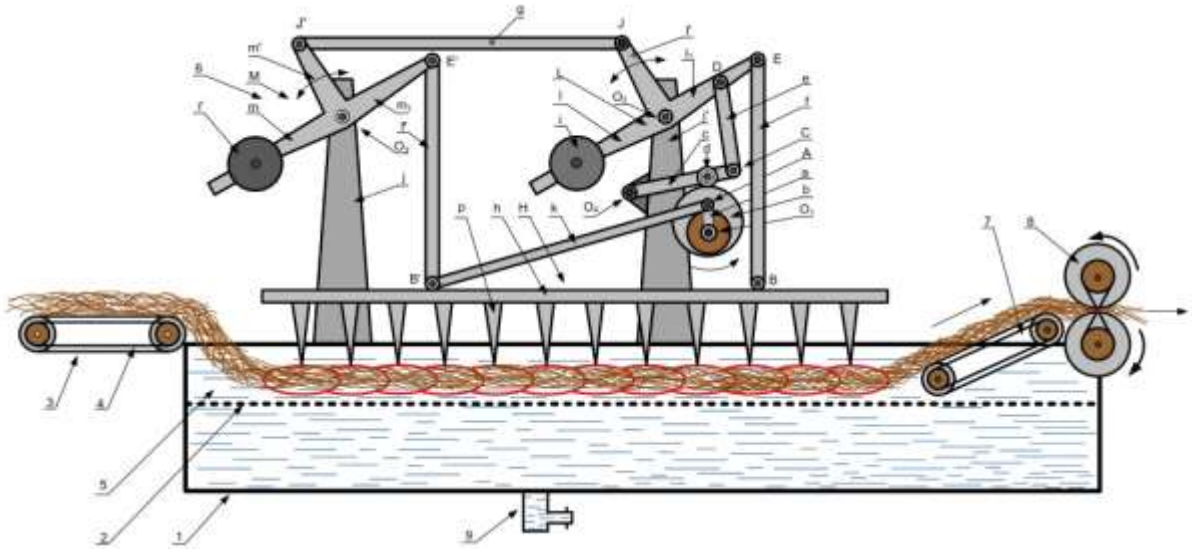


Figura 16: Maquina de lavado de lana con el mecanismo tipo grada

Fuente: Kayumov J.A. “Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement”, 2015.

El movimiento hacia adelante y hacia atrás o barrido que se le impone a la grada “H” inicia en la varilla “e”, esta gira hacia el brazo “I” de la palanca “L”, el otro extremo de la varilla “e” está girando hacia la palanca “c”, que se ha montado en “O4” para un brazo que se proyecta hacia atrás desde la columna “j´”; en la palanca “c” se encuentra un rodillo “d” en el extremo derecho, este es montado sobre la leva “b” aseguradas gracias al eje “O1”, en este eje también se encuentra

la manivela “a”; el extremo opuesto de la biela “k” gira hacia la barra transversal “B´”, la cual está conectada a las barras longitudinales “h” de la grada “H”.

En la posición del mecanismo de operación de la grada, la biela “k”, bajo la acción de la manivela “a” mueve lentamente la grada “H” hacia el extremo de entrega hasta que dicha manivela “a” esté a punto de desplazarse desde su semicírculo inferior a su semicírculo superior y la leva “b” actuando sobre la varilla “e” mueve el brazo “l1” de la palanca “L” hacia arriba girando así el eje “O2” hacia la izquierda, este movimiento se traslada a la palanca “M”, mediante la biela “g”, por lo que la grada “H” se levanta del líquido 5; a medida que dicha manivela gira a través de la mitad superior de la ranura en la palanca “l´” la grada se moverá hacia atrás a una velocidad mayor y luego regresara al líquido hacia abajo.

Para pasar la lana de una tina a otra se utiliza el mismo principio señalado en la sección del mecanismo tipo rastrillo, en donde el trasportador de salida 7 recibe la lana y la lleva hacia los rodillos de compresión 8, que extraen el licor de la lana, y el licor regresa a la tina; los rodillos de compresión entregan la lana a una faja nervada y esta la transporta a la siguiente tina de fregar y el proceso de limpieza continua.

2.1.2.3.3 Mecanismo del tipo paleta

Basándonos en lo que nos indica el doctor Kayumov J.A. que lleva por título: "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement”, en el año 2015, (pág. 27), podemos afirmar lo siguiente: ”El primer mecanismo del tipo paleta fue inventado por L.A. Peckham en el año 1896, la maquina realiza el lavado de la lana comenzando con la alimentación de la lana en bruto mediante un alimentador y se propulsa mediante paletas en

forma acanalada que transfieren la lana a las paletas de posteriores mediante un movimiento rotativo, la lana ya lavada se transfiere a los rodillos de compresión mediante un pequeño mecanismo de grada que se monta en el extremo de la máquina", este invento se puede visualizar en el anexo 7.

La razón principal para proponer esta invención fue la necesidad de disminuir el daño y evitar el enredo de la fibra, problemas comunes en los mecanismos del tipo rastrillo y tipo grada.

Cabe señalar un invento que se realizó en el año 1889 por W. Lund en donde el proceso de lavado que se llevaba a cabo mediante cintas transportadoras donde una de ellas posee dientes que permiten una adherencia de la lana a la faja, cabe señalar que esta cinta transportadora está totalmente sumergida, mientras que la otra cinta que está parcialmente sumergida permite que la lana no se aglomere y se pueda realizar un mejor lavado, este maquina se muestra en el anexo 8.

Según Kayumov J.A., Castelli V.P., Xojimatov R.S.,Kozokboyev D. y Norinova R. en el paper "A study on wool scouring machines" nos brinda una información más detallada sobre este tipo de mecanismo basándose en la figura 17: "En la figura, "1", representa el cuenco o tanque, formando el cuerpo o bastidor de la máquina, este contiene el licor de limpieza; "2", es el transportador de alimentación; "3", es la faja alimentadora que puede ser impulsada por correas o engranajes, a medida que la lana cae del transportador hacia la tina, las cuchillas o paletas que están montadas en el cilindro longitudinal "b" del primer cilindro de paleta "6", se adhieren y sumergen a la lana en liquido de limpieza y lo llevan hacia los siguientes cilindros de paletas, el proceso continua hasta que llegue al transportador de salida; cabe señalar que estos cilindros están acoplados a las columnas y son impulsados por medio de correas o engranajes; el transportador

de salida “7” recibe la lana lavada y la transporta hacia los rodillos de compresión “8”, luego estos rodillos entregan la lana a la siguiente tina para que continúe con el proceso de limpieza.

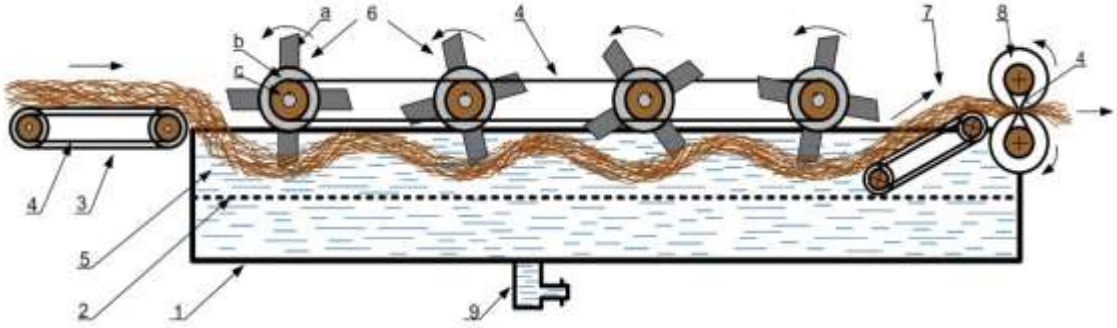


Figura 17: Maquina de lavado de lana con el mecanismo tipo paleta

Fuente: Kayumov J.A. “Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement”, 2015.

Al igual que los mecanismos antes mencionados la maquina posee un fondo falso perforado “2” que permite el paso del licor de la lana, pero no permite el paso de la lana y debajo de este fondo se encuentra una apertura de extracción “9”, para el vaciado del licor en la tina.

2.1.2.3.4 Tambor de succión de Fleissner

En el año 1958 el inventor G. Fleissner dio a conocer una maquina conocida como el tambor de succión de Fleissner, en base al anexo 9 citamos lo siguiente: “Esta invención consiste en el giro de uno o más tambores alrededor de un eje horizontal mientras esta parcial o totalmente sumergido en el líquido de limpieza. El material fibroso se mantiene en el tambor perforado únicamente por una fuerte succión que se produce en el interior del tambor mediante una bomba; esta fuerza de succión extrae el líquido a través de la capa del material, de esta manera se

realiza el lavado de la lana. En el caso de que los tambores estén parcialmente sumergidos en el líquido, los tambores están abiertos en sus lados superiores para que la succión atraiga el líquido de limpieza a través del material fibroso y también a través de la superficie perforada del tambor que no está cubierta por el material", el esquema y la información complementaria de esta máquina se encuentra en el anexo 9.

Conociendo el funcionamiento de la máquina, compartimos la idea del doctor Kayumov J.A. en su tesis doctoral que lleva por título: "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement", presentada el año 2015, nos indica lo siguiente: "La eficiencia de eliminar contaminantes en el tambor de succión de Fleissner es menor y comparativamente más costosa que las máquinas de limpieza de lana convencionales".

La operación de este tipo de máquinas requiere más energía, por lo tanto no resulta muy rentable en empresas textiles de baja producción.

2.1.3. Sección de post-lavado

Luego de que lana pasa por el proceso de lavado le corresponde el proceso de secado, en esta sección encontramos equipos como cargadores y secadoras, según el documento elaborado por el Ing. Oscar G. Adot, que lleva por título "Introducción a la Industrialización de la lana y las fibras especiales", en el año 2010, nos indica lo siguiente: "El secador puede ser de dos tipos: de telera sin fin o de tambores secadores perforados tipo Fleissner. En el primero, una telera metálica transporta la materia húmeda salida de los cilindros exprimidores del último baño, a lo largo de una cámara de secado calefaccionada con vapor o quemadores de gas directos. En el Tipo Fleissner, unos cilindros perforados dotados de succión transportan la fibra por dentro de la cámara de secado (la lana,

por obra de la succión, queda adherida a la superficie externa de los cilindros perforados)".

Conociendo las dos tipos de máquinas de secado que se usa en la industria textil vamos a conocer el funcionamiento de cada una de estas máquinas.

2.1.2.2 Secadora de telera sin fin

En el caso del uso de un secador de telera sin fin se usa un cargador vertical que permita la alimentación de la secadora y a su vez permita realizar una apertura previa gracias a los rodillos en puados que posee.

Según lo citado por Ania Ibhet Rosas Espejo, en su tesis: "Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado", en el año 2012, (pág. 74), hace mención a Carissoni et al., 2002, que nos indica lo siguiente: "Estos son los secadores más utilizados, el agua se evapora por medio de la circulación de aire caliente por succión o compresión, que es forzada perpendicularmente a través de una capa de fibras dispuestas en una cinta transportadora horizontal".

De la tesis mencionada en el párrafo anterior, (pág. 74), se cita lo siguiente: "Este equipo conduce la lana a través de una o varias cintas sin fin, a través de una cámara térmicamente aislada del exterior, en cuyo interior se fuerza una corriente de aire caliente, mediante el uso de ventiladores, uno de los inconvenientes que produce este equipo es que no realiza ningún purgado de los residuos sólidos que pueda contener la lana".

Estas secadoras se dividen en cuerpos y en cada cuerpo presentan una línea de vapor independiente alimentado de una línea central, así como también una chimenea y un ventilador que se encuentran en un solo cuerpo, esto se aprecia mejor en la figura 19.

Este equipo se aprecia en las figuras 18 y19

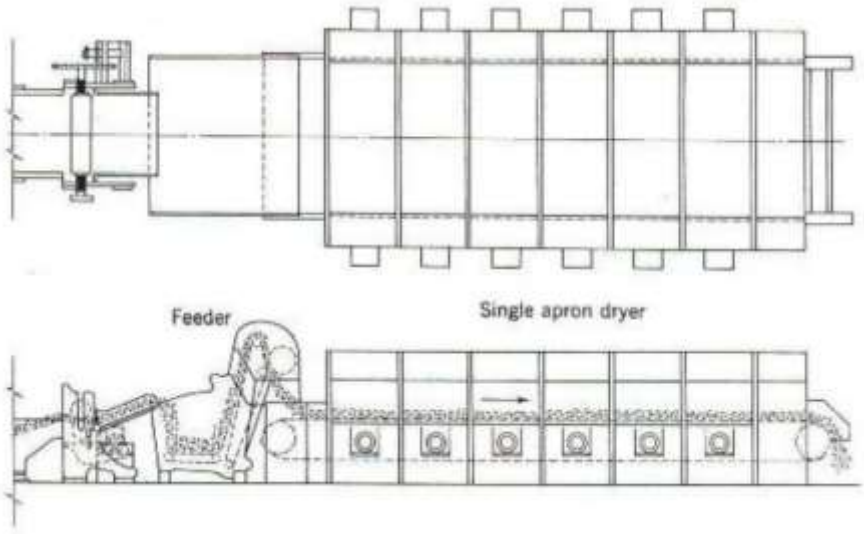


Figura 18: Secador continuo o de telera sin fin (von Bergen,1969)

Fuente: Ing. Oscar G. Adot ; “Introduccion a la Industrializacion de la lana y las fibras especiales”, 2010

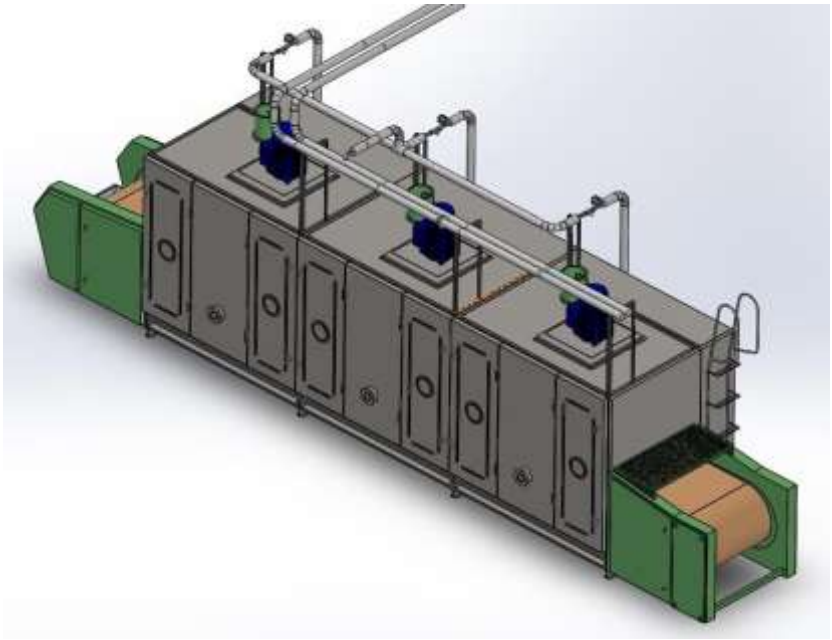


Figura 19: Secador de telera sin fin de tres cuerpos

Fuente: Elaboración propia

2.1.2.2 Secadora de tambores perforados

Para complementar lo citado por el Ing. Oscar en el apartado 2.1.3. (Sección de post- lavado) de la presente tesis, vamos a resumir lo que nos menciona la empresa ESSICO S.R.L. (Essiccazione per I´industria tessile) sobre los secadores de tambores perforados: “La aspiración se realiza gracias a un ventilador colocado axialmente en el tambor, el aire es aspirado desde el interior y, luego de haberse calentado, es reenviado a la superficie externa, esto crea una aspiración de aire en la superficie del tambor, que retiene el tejido de manera segura para secarse, al mismo tiempo el aire pasa por el tejido. La máquina puede calentarse con gas, electricidad, aceite diatérmico, vapor, agua sobrecalentada”. En la actualidad existen varias versiones de este equipo como las que se mencionan a continuación:

- ECH, este secador posee un tambor individual de gran diámetro con recorrido en omega, como se muestra en la figura 20.

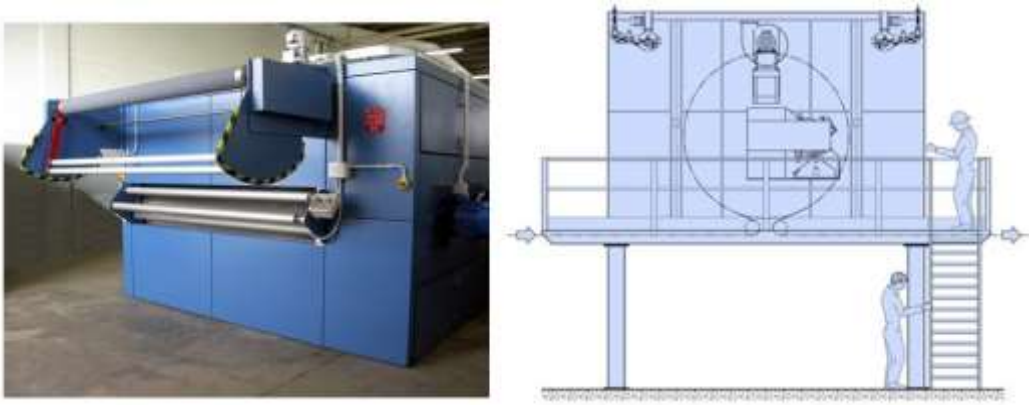


Figura 20: Secadora ECH (lado izquierdo); Detalle del recorrido omega de la secadora ECH (lado derecho)

Fuente: https://www.essico.it/es/secadores-de-tambores-perforados/

- ECO, este secador es de dos o más tambores colocados en horizontal, su principal característica es que gracias al paso de un tambor a otro se alterna

la dirección del flujo de aire que atraviesa el tejido, y la superficie de contacto se invierte, este secador se muestra en figura 21.

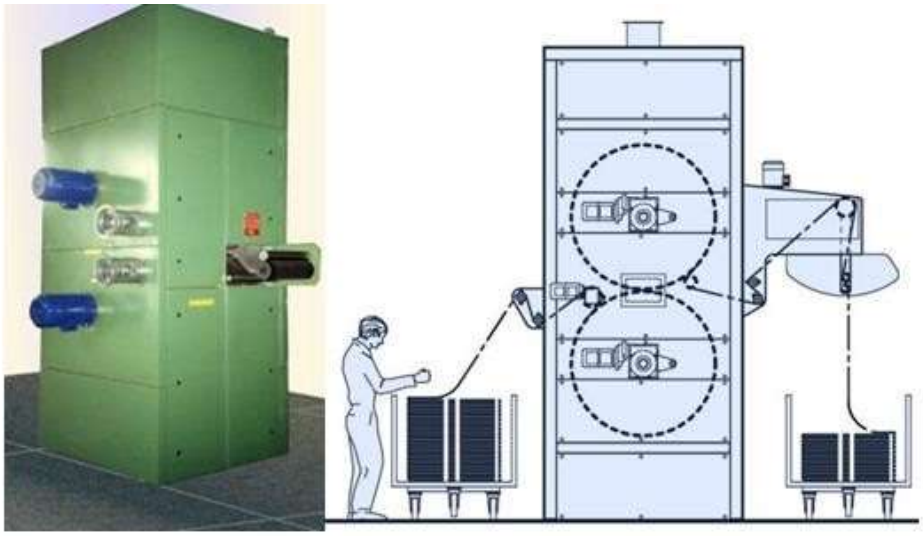


Figura 21: Secadora ECO (lado izquierdo); Detalle del recorrido de la secadora ECO (lado derecho)

Fuente: https://www.essico.it/es/secadores-de-tambores-perforados/

- ECV, este secador consta de dos tambores colocados en vertical, el principio de funcionamiento es similar al ECO, el secador ECV se muestra en la figura 22.

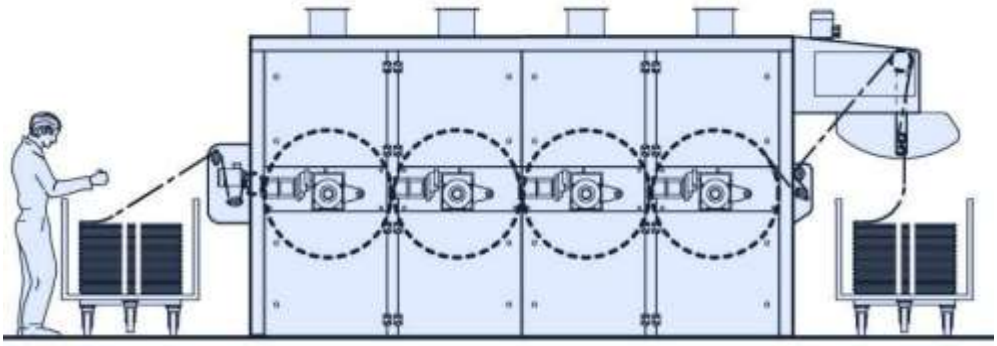


Figura 22: Detalle del recorrido de la secadora ECV (lado derecho)

Fuente: https://www.essico.it/es/secadores-de-tambores-perforados/

2.2. Estructura de funciones en el proceso de lavado

2.2.1. Caja negra

Figura 23: Diagrama de caja negra

Fuente: Elaboración propia

Entradas:

- Material : Lana sucia, con alto contenido en grasa, impurezas extraíbles.
- Energía : La energía proviene de un motor eléctrico y es transmitido a través de un mecanismo de transporte.

Salidas:

- Material : Lana limpia, con reducción de impurezas y del pH.
- Energía : Calor, energía cinemática, residuos orgánicos.

2.2.2. Procesos técnicos

En el proceso de lavado se han reconocido los siguientes sub-procesos básicos:

- Suministro de lana
- Sumergido
- Lavado y transporte
- Exprimido
- Transporte hacia la siguiente tina

2.2.3. Estructura de funciones

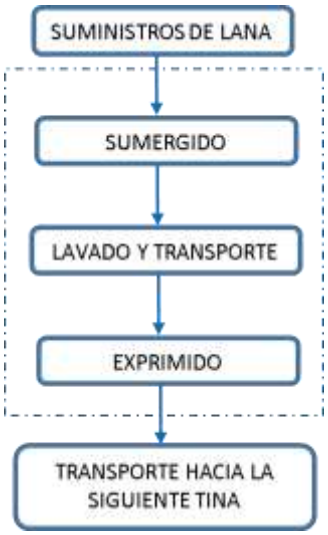


Figura 24: Estructura de funciones en el proceso de lavado

Fuente: Elaboración propia

2.3. Matriz morfológica

2.3.1. Desarrollo de la matriz morfológica

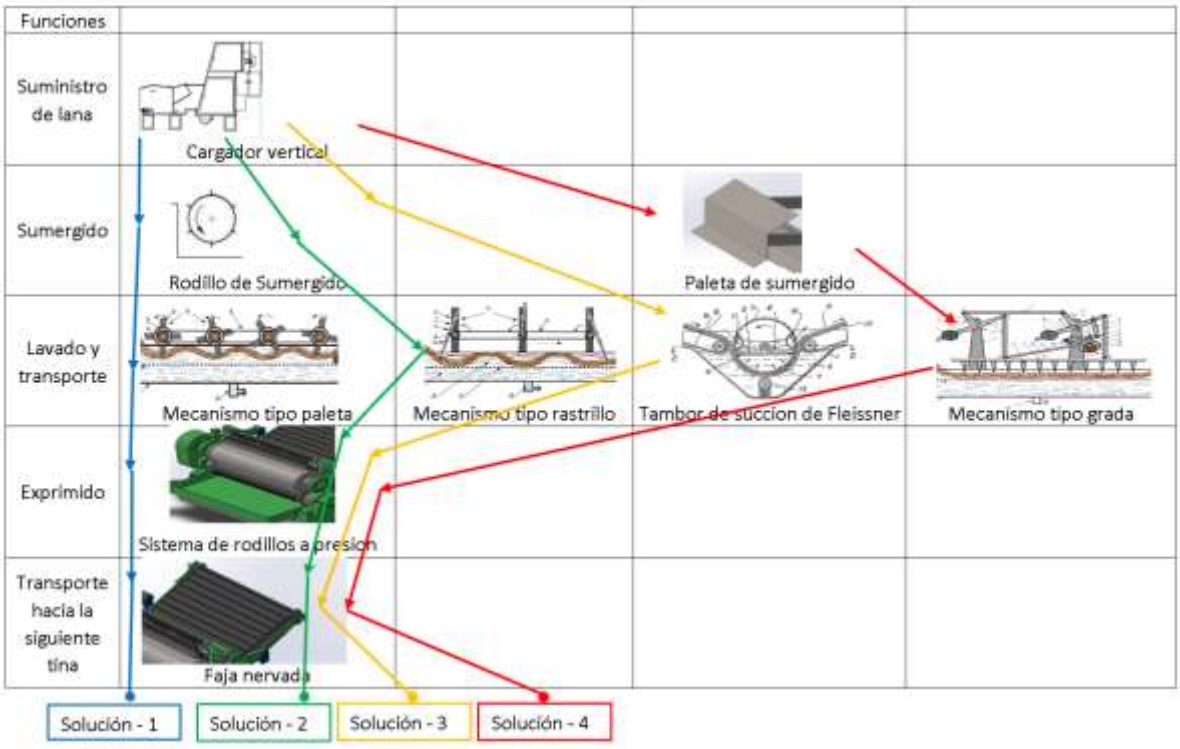


Figura 25: Matriz morfológica

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se van a evaluar cada una de las soluciones propuestas.

2.4. Conceptos de solución

2.4.1. Concepto de solución 1 (C.S.1)

La primera solución presenta como característica principal un sumergido, lavado y transporte de la lana mediante rodillo provistos de paletas.

2.4.2. Concepto de solución 2 (C.S.2)

La segunda solución es el mecanismo que presenta actualmente la línea de lavado que se va a optimizar, con un rodillo de sumergido al inicio del proceso, mientras que el lavado y transporte se realiza mediante rastrillos individuales.

2.4.3. Concepto de solución 3 (C.S.3)

La tercera solución hace uso de un rodillo con paletas que permiten el sumergido de la lana, para el transporte y lavado se hace uso de tambor de succión.

2.4.4. Concepto de solución 4 (C.S.4)

En el caso de la cuarta solución se realiza el sumergido de la lana por paletas de sumergido, el lavado y transporte de la lana se realiza mediante un mecanismo que transmite el movimiento hacia la grada.

2.5. Determinación del concepto de solución óptimo

2.5.1. Criterios ponderados

La evaluación cualitativa de las diferentes soluciones y la identificación de la solución óptima se hace con una matriz de decisión.

2.5.1.1. Valor técnico

Las categorías y sus factores de ponderación son:

Criterio (C1) – Facilidad de fabricación

Criterio (C2) – Facilidad de montaje

Criterio (C3) – Energía

Criterio (C4) – Mantenimiento

Criterio (C5) – Enredo de la fibra

Los criterios están valorizados entre 1 (mínimo) y 10.

		C1	C2	C3	C4	C5	Suma Ponderada	Puntaje Máximo	Valor Técnico
	Peso	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3			
C.S.1	Valor	4	5	4	3	3			
	Puntaje	0.4	0.5	1.2	0.6	0.9	3.6	10	0.36
C.S.2	Valor	3	4	3	4	4			
	Puntaje	0.3	0.4	0.9	0.8	1.2	3.6	10	0.36
C.S.3	Valor	4	3	2	2	2			
	Puntaje	0.4	0.3	0.6	0.4	0.6	2.3	10	0.23
C.S.4	Valor	2	2	4	5	6			
	Puntaje	0.2	0.2	1.2	1	1.8	4.4	10	0.44

Tabla 1: Matriz de decisión

Fuente: Elaboración propia

Valor técnico = Suma ponderada/Puntaje Máximo

2.5.1.1. Valor económico

Con respecto a esta variable el cliente no tiene restricciones ya que el mecanismo que se seleccione se va a realizar a suma alzada; tomando esto en cuenta el valor técnico va a definir el mecanismo más adecuado.

2.5.1. Evaluación de los conceptos de solución

	C.S.1	C.S.2	C.S.3	C.S.4	Solución Ideal
Valor técnico	0.33	0.36	0.23	0.44	1.0

Tabla 2: Evaluación de los conceptos de solución

Fuente: Elaboración propia

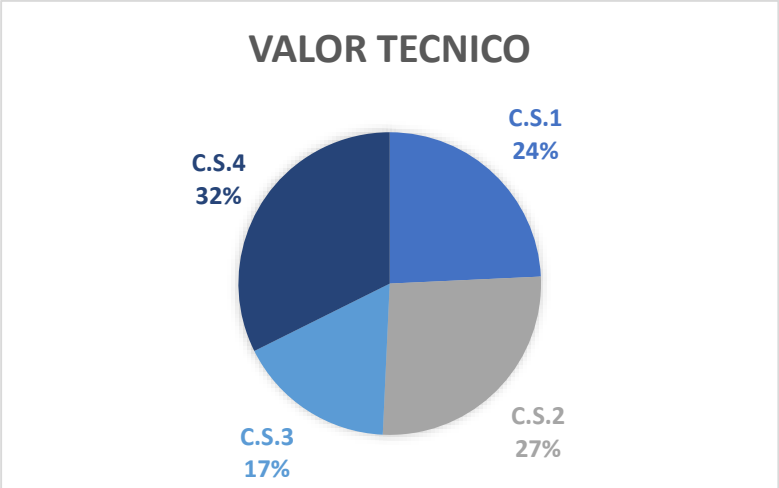


Figura 26: Evaluación final del concepto de solución optimo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se logra apreciar que la C.S.4, es el mecanismo más óptimo.

CAPITULO 3

MARCO TEORICO

3.1 Diseño de elementos de mecanismos

Para el diseño del mecanismo de transporte de lana se requiere seguir un orden, este se puede apreciar en la figura 27, este esquema es el que más se asemeja a un procedimiento adecuado, para lograr un diseño adecuado.

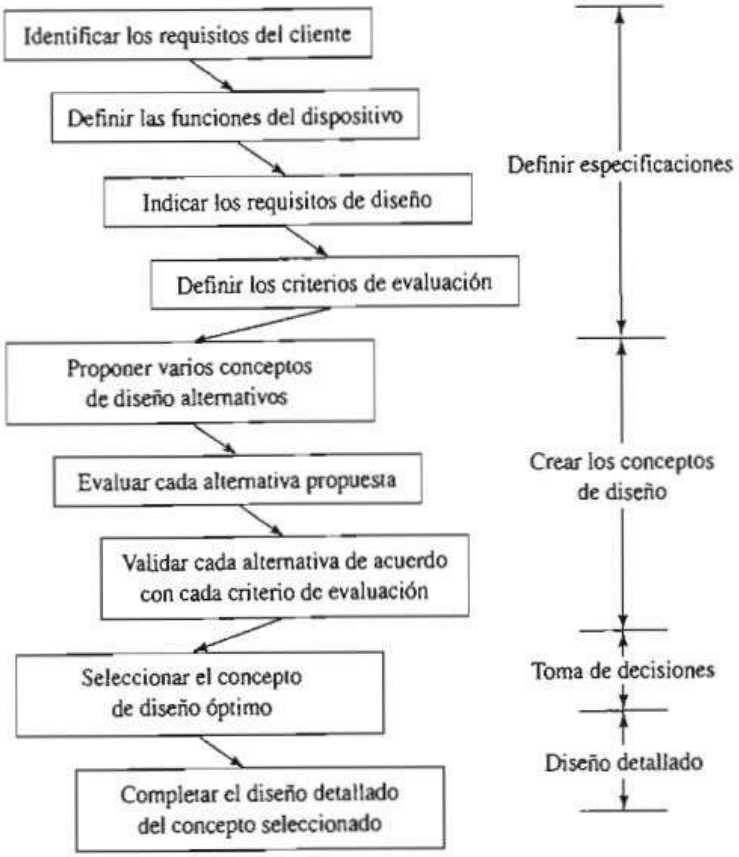


Figura 27: Pasos para el diseño

Fuente: (Robert L. Mott, P.E.; 2006)

Vamos a considerar este esquema como base para el desarrollo de un diseño optimo del mecanismo que se va a proponer, tomando en cuenta lo mencionado anteriormente vamos a comenzar por conocer las consideraciones y requerimientos

por parte del cliente, en base a ello vamos a proponer un mecanismo que cumpla con todo lo que requiera el cliente, este mecanismo va a poseer varios elementos que se van a validar con un cálculo y a su vez nos vamos a apoyar con programas que hacen uso de elementos finitos, los cuales nos van a ayudar para seleccionar los perfiles más adecuados que cumplan las cargas que le sean asignadas, a su vez se va a considerar un factor de seguridad el cual nos va a permitir sobredimensionar los elementos del mecanismo con el fin de alargar la vida útil de estos, para que estos puedan soportar cargas adicionales.

Las líneas arriba se refieren a los conocimientos resumidos de otras tesis e investigaciones de la misma área, es por ello que afirmo que lo anteriormente mencionado no son de elaboración propia, sino un resumen de varias fuentes de información.

Continuando con el marco teórico vamos a mencionar conceptos y formulas con respecto al diseño de elementos de máquinas que vamos a hacer uso en el capítulo 5 de la presente tesis.

3.2 Análisis de perfiles sometidos a cargas por tensión

Todo lo que mencione en esta sección ha sido citando por Robert L. Mott, P.E. en el texto: "Diseño de elementos de máquinas" en el año 2006, (pág. 90-92), de donde se extrae lo siguiente:

"Se puede definir el esfuerzo como la resistencia interna que ofrece una unidad de un material contra una carga externa aplicada. Los esfuerzos normales (σ) son de tensión (positivos) o de compresión (negativos)".

Para un elemento portátil en el que la carga externa está uniformen te distribuida a través de su área de sección transversal, se calcula la magnitud del esfuerzo con la fórmula del esfuerzo directo:

$$\sigma = \text{fuerza/área} = F/A$$

Las unidades del esfuerzo son siempre de fuerza por unidad de área, como se ve en la ecuación presentada, en el sistema estadounidense tradicional ($lb/pulg^2$) y en las unidades métricas del sistema internacional (N/m^2)

3.3. Deformación bajo una carga axial directa

Citando lo que nos indica Jaime Ruiz Cano en su proyecto de investigación: "Análisis de elementos mecánicos con concentración de esfuerzos mediante extensómetria eléctrica derivado del proyecto de investigación SIP20071675", (pág. 14) Los esfuerzos normales axiales por lo general ocurren en elementos como cables, barras o columnas sometidos a fuerzas axiales (que actúan a lo largo de su propio eje), las cuales pueden ser de tensión o compresión. Además de tener resistencia, los materiales deben tener rigidez, es decir capacidad de oponerse a las deformaciones.

Según el autor Robert L. Mott, P.E. en el texto: "Diseño de elementos de máquinas" en el año 2006, (pag.92), de donde se extrae lo siguiente: "Con la siguiente formula se calcula el estiramiento debido a una carga axial directa, o el acortamiento debido a una carga axial directa de compresión":

$$\delta = \mathrm{FL/EA} = \sigma\mathrm{L/E}$$

Donde δ =deformación total del miembro que soporta la carga axial.

F = Carga axial directa

L = Longitud original total del miembro

E = Módulo de elasticidad del material

A = Área de la sección transversal del elemento

3.4. Esfuerzo cortante directo

Todo lo que mencione en esta sección pertenece al autor Robert L. Mott, P.E. en el texto: “Diseño de elementos de máquinas” en el año 2006, (pag.92), de donde se extrae lo siguiente:

“El método para calcular el esfuerzo cortante directo es parecido al cálculo del esfuerzo directo de tensión, porque se supone que la fuerza aplicada esta uniformemente distribuida a través de la sección transversal de la pieza que resiste la fuerza. Pero este esfuerzo es esfuerzo cortante y no esfuerzo normal. El símbolo con que se representa es esfuerzo cortante es la letra griega lau (τ)”. La fórmula del esfuerzo cortante directo se puede entonces escribir como sigue:

$$\tau = \text{fuerza de corte}/\text{área al corte} = \mathrm{F}/\mathrm{A_s}$$

3.5. Esfuerzo cortante torsional

Todo lo que se mencione en esta sección ha sido citado por Robert L. Mott, P.E. en el texto: “Diseño de elementos de máquinas” en el año 2006, (pag.95), de donde se extrae lo siguiente:

“Cuando un par de torsión, o momento de torsión, se aplica a un elemento, tiende a deformarlo por torcimiento, lo cual causa una rotación de una parte del elemento en relación con otra. Ese torcimiento provoca un esfuerzo cortante en el miembro. La distribución de este esfuerzo no es uniforme en la sección transversal”.

Cuando un eje redondo macizo se somete a un par de torsión, la superficie externa sufre la máxima deformación cortante unitaria y, por consiguiente, el esfuerzo torsional máximo. Vea la figura 28.

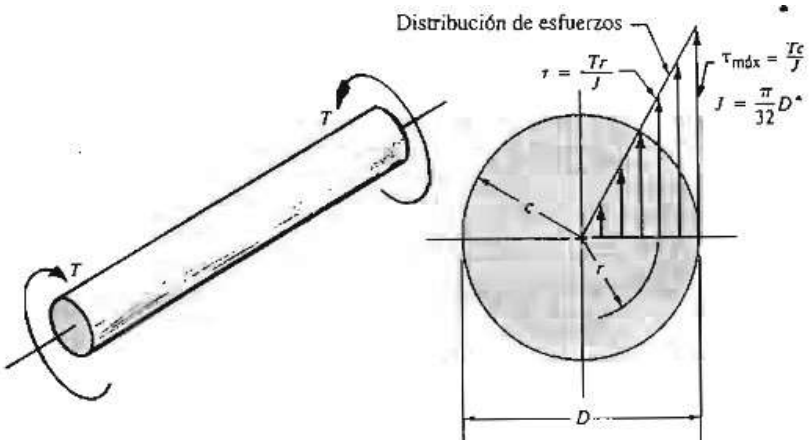


Figura 28: Distribución de esfuerzos en un eje macizo

Fuente: (Robert L. Mott, P.E.; 2006)

El valor del esfuerzo cortante máximo se calcula con:

$$\tau_{max} = Tc/J$$

Dónde:

T = Par de torsión aplicado en la sección

c = Radio de la superficie externa del eje

J = Momento polar de inercia (este se calcula gracias a las tablas del apéndice 1 del texto mencionado al inicio de esta sección).

3.4. Esfuerzo debido a flexión

Todo lo que mencione en esta sección pertenece al autor Robert L. Mott, P.E. en el texto: "Diseño de elementos de máquinas" en el año 2006, (pag.102), de donde se extrae lo siguiente:

"Una viga con sección transversal variable, que quizá no satisfaga la siguiente condición: "La viga es recta inicialmente, y tiene una sección transversal constante"; se puede analizar mediante factores de concentración de esfuerzos.

En el diseño se acostumbra a definir un esfuerzo de diseño (σ_d), y si se conoce el momento de flexión (M) se puede obtener el módulo de sección (S) de la siguiente manera:

$$S = M/\sigma_d$$

3.5. Calculo de levas

Basándonos en lo que nos indica Josheph Edward Shigley y John Joshep Uicker, Jr. en el texto "Teoría de máquinas y mecanismos", en el año 2001, (pág. 222), podes extraer lo siguiente:

Las ecuaciones para una subida con movimiento cicloidal y sus derivadas son:

$$y = L(\frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{2*\pi} * sen(\frac{2*\pi*\theta}{\beta})$$

$$y' = \frac{L}{\beta} * (1 - cos(\frac{2*\pi*\theta}{\beta})$$

$$y'' = \frac{2*\pi*L}{\beta^2} * cos(\frac{2*\pi*\theta}{\beta})$$

En la figura 29 se muestran las gráficas.

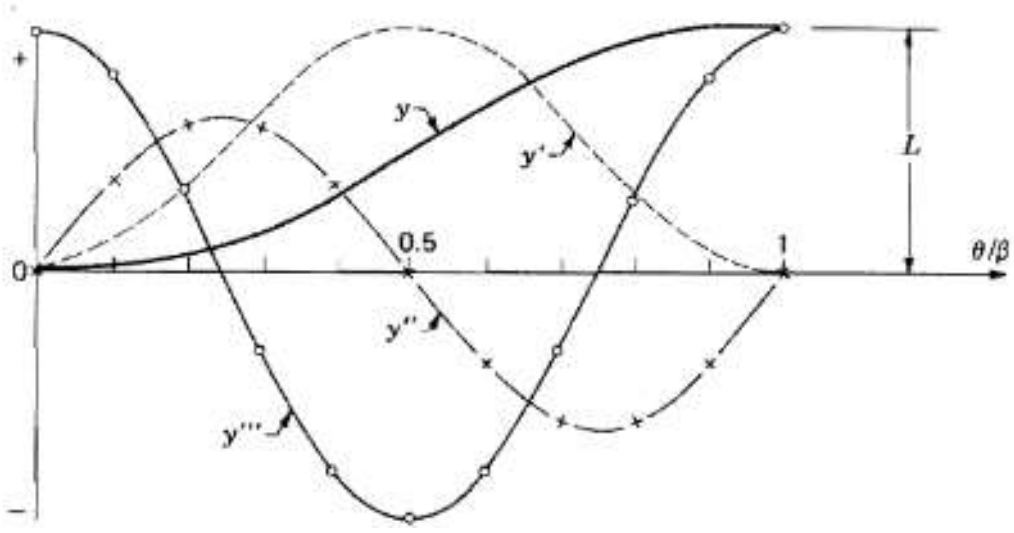


Figura 29: Diagrama de desplazamientos y derivadas para el movimiento cicloidal de subida completa.

Fuente: (Teoría de máquinas y mecanismos; 2001)

Las ecuaciones para el movimiento cicloidal de retorno completo son:

$$y = L(1 - \frac{\theta}{\beta} + \frac{1}{2 * \pi} * sen(\frac{2 * \pi * \theta}{\beta})$$

$$y' = -\frac{L}{\beta} * (1 - cos(\frac{2 * \pi * \theta}{\beta})$$

$$y'' = -\frac{2 * \pi * L}{\beta^2} * sen(\frac{2 * \pi * \theta}{\beta})$$

En la figura 30 se muestran las gráficas.

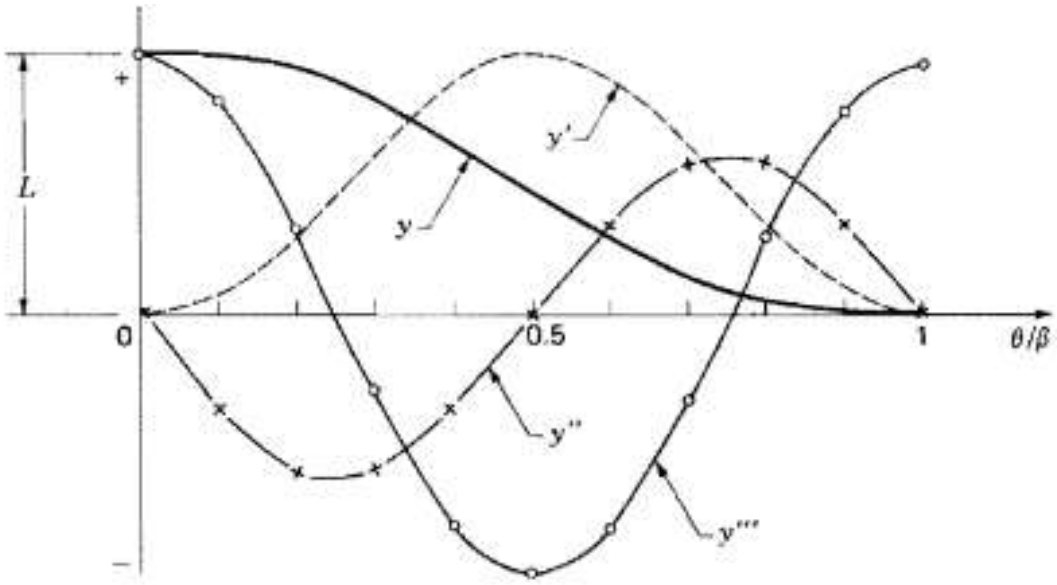


Figura 30: Diagrama de desplazamiento y derivadas para el movimiento cicloidal de retorno completo

Fuente: (Teoría de máquinas y mecanismos; 2001)

3.6. Diseño de ejes para el esfuerzo

Todo lo que se cite en esta sección ha sido elaborado por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett, en el texto que lleva por título “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Novena Edición”, en el año 2008.

De la página 317 se va a extraer la expresión que nos va a permitir calcular el diámetro más adecuado para nuestro eje; según la ED-ASME elíptica se propone lo siguiente:

$$d = [\frac{16n}{\pi} + \left[4\left(Kf\frac{Ma}{Se}\right)^2 + 3\left(Kfx\frac{Ta}{Se}\right)^2 + 4\left(Kf\frac{Mm}{Sy}\right)^2 + 4 * \left(Kfx\frac{Tm}{Sy}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}]^{1/3}$$

donde n es el factor de seguridad, Se y Sy son la resistencia la fatiga y el límite de fluencia, Mm y Ma son los momentos flexionantes medio y alternante, Tm y Ta son los pares de torsión medio y alternante, y Kf y Kfs son los factores de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión y la torsión, respectivamente.

En el caso de un eje giratorio con flexión y torsión constantes, el esfuerzo flexionante es completamente reversible y la torsión es constante. La ecuación puede simplificarse al igualar Mm y Ta a 0, lo cual simplemente elimina algunos de los términos.

Basándonos en lo indicado en la página 281, sobre la concentración del esfuerzo y sensibilidad a la muesca se logra obtener la siguiente información:

“El factor Kf se llama comúnmente factor de concentración del esfuerzo por fatiga, y a eso se debe el subíndice f. Entonces, es conveniente pensar en Kf como un factor de concentración del esfuerzo reducido de Kt debido a la disminución de la sensibilidad a la muesca”. El factor resultante se define mediante la ecuación:

$$Kf = \frac{(esfuerzo\ maixmo\ en\ la\ pieza\ de\ preba\ con\ muesca)}{(esfuerzo\ en\ la\ pieza\ de\ prueba\ \text{sin}\ muesca)}$$

La sensibilidad a la muesca, q, está definida por:

$$q = \frac{Kf-1}{Kt-1} \text{ o bien } q_{cortante} = \frac{(K_{fs}-1)}{(K_{ts}-1)}$$

Donde q se encuentra usualmente entre cero y la unidad, en la figura 31 se muestra la tendencia de la sensibilidad a la muesca.

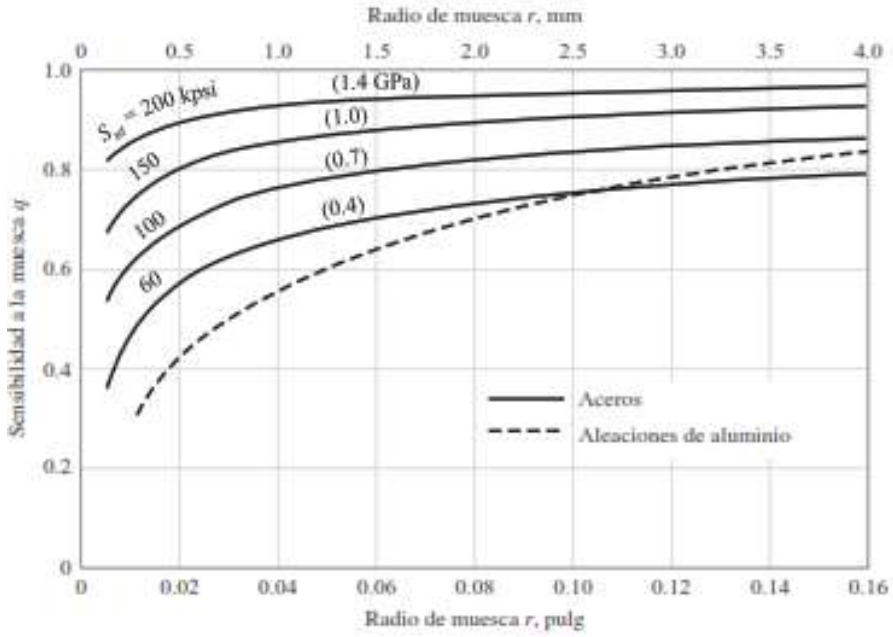


Figura 31: Diagrama de desplazamiento y derivadas para el movimiento cicloidal de retorno completo

Fuente: **(**Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Novena Edición, 2008)

Mientras que el valor de la variable Kt se obtiene mediante la figura 32.

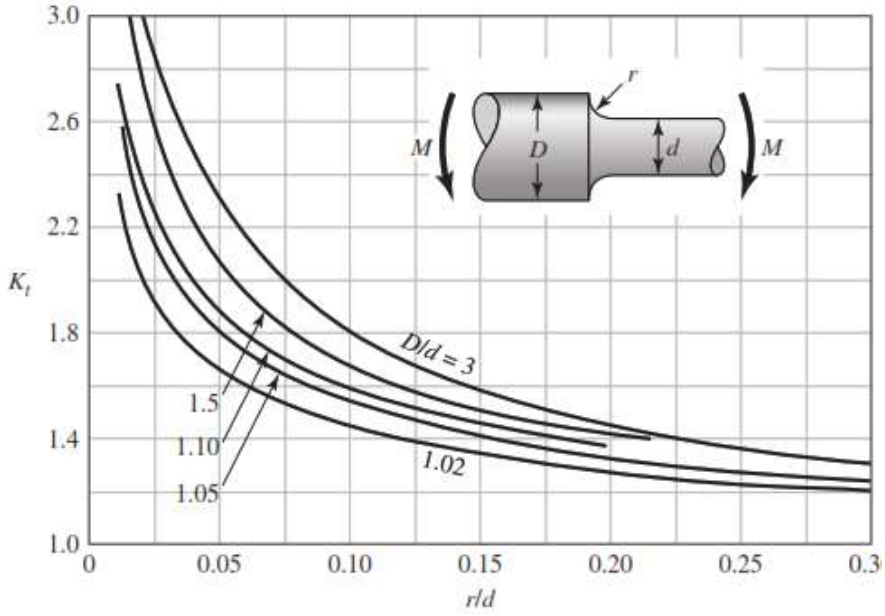


Figura 32: Eje redondo con filete en el hombro en flexion

Fuente: **(**Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Novena Edición, 2008)

De la página 273 se va a citar lo siguiente:

Se ha visto que la muestra para el ensayo en máquina rotativa en el laboratorio para determinar los límites de resistencia a la fatiga se prepara con mucho cuidado y se ensaya bajo condiciones muy controladas. No es posible esperar que el límite de resistencia a la fatiga de un elemento mecánico o estructural iguale los valores que se obtuvieron en el laboratorio.

Algunas diferencias incluyen

- Material: composición, base de falla, variabilidad.
- Manufactura: método, tratamiento térmico, corrosión superficial por frotamiento, acabado superficial, concentración de esfuerzo.
- Entorno: corrosión, temperatura, estado de esfuerzos, tiempos de relajación.
- Diseño: tamaño, forma, vida, estado de esfuerzos, concentración de esfuerzo, velocidad, rozamiento, excoriación.

Por lo tanto, la ecuación de Marin se escribe:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

donde:

k_a = factor de modificación por la condición superficial

k_b = factor de modificación por el tamaño

k_c = factor de modificación por la carga

k_d = factor de modificación por la temperatura

k_e = factor de confiabilidad

k_f = factor de modificación por efectos varios

S'_e = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

S_e = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

- Factor de superficie k_a

  El factor de modificación depende de la calidad del acabado de la superficie de la parte y de la resistencia a la tensión. A fin de determinar expresiones cuantitativas para acabados comunes de parte de máquinas (Esmerilada, maquinada o estirada en frío, laminada en caliente o forjada), las coordenadas de los puntos de datos se recopilaron nuevamente de una gráfica del límite de resistencia a la fatiga contra la resistencia última a la tensión, a partir de datos recolectados por Lipson y Noll y reproducidos por Horger. Los datos pueden representarse mediante:

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

  Donde S_{ut} es la resistencia mínima a la tensión y los valores de a y b se encuentran en la tabla 3.

Acabado superficial	Factor a S_{ut} kpsi	Factor a S_{ut} MPa	Exponente b
Esmerilado	1.34	1.58	–0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	–0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	–0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	–0.995

Tabla 3: Valores de corrección del factor de superficie

Fuente: (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Novena Edición, 2008)

- Factor de tamaño k_b

  El factor de tamaño se evaluó en 133 conjuntos de puntos de datos. Los resultados para flexión y torsión pueden expresarse como:

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \le d \le 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \le 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \le d \le 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \le 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

- Factor de carga k_c

Se presentan los valores del factor de carga como:

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}[17] \end{cases}$$

- Factor de temperatura k_d

Para conocer este factor se tiene que considerar el límite de la resistencia a la fatiga de una viga rotativa a temperatura ambiente, entonces se emplea:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Para conocer el valor de $S_T\ /S_{RT}$, se va a usar la tabla 4.

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Tabla 4: Valores del factor de temperatura según la temperatura de trabajo

Fuente: (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Novena Edición , 2008)

- Factor de confiabilidad k_e

En la tabla 5 se presentan los factores de confiabilidad de algunas confiabilidades estándar especificadas.

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidadr k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Tabla 5: Valores del factor de confiabilidad

Fuente: (Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Novena Edición , 2008)

CAPITULO 4

PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1 Consideraciones para definir el mecanismo

Para optimizar el mecanismo de transporte de lana en el proceso de lavado, debemos de conocer el tipo de mecanismo que se usa y los equipos que posee actualmente la línea de lavado de lana #2, estos se representan en el plano LV02-02-0001, cabe señalar que la línea de lavado trabaja mayormente con la fibra de alpaca.

La producción que posee la línea de lavado de lana #2 es aproximadamente de 600 a 620 kg/h, la eficiencia en el proceso de lavado es muy baja, esto se debe a que el porcentaje de lana con contaminantes es de un 25 a 30% de la producción total de la línea, esta lana es detectada para luego ser trasladada a la tina 01, para su respectivo reproceso de lavado, dato adicional sobre la línea de lavado #2 es que realiza una limpieza de la lana gracias al método acuoso con uso de detergente neutro.

El mecanismo que presenta actualmente la sección de lavado de la línea #2 pertenece al tipo rastrillo, por solicitud del cliente se pide cambiar el mecanismo tipo rastrillo por uno tipo grada, el mecanismo que se propone en la presente tesis es similar al que presenta la empresa INCATOPS, , con la diferencia que en este caso se va a modificar la leva y el mecanismo de transporte para la tina que posee la empresa Lanificio Confezioni S.A.C., específicamente la tina 01, este mecanismo va a permitir que la fibra no se enrede gracias a un correcto desplazamiento de la grada, así como también va a permitir una mejora en la eficiencia de lavado ya que se va a colocar placas de sumergido y se va a aumentar la cantidad de rastrillo en 3 unidades.

Antes de conocer más de cerca la tina 01 se va a mencionar los equipos que intervienen en la línea de lavado #2, cabe señalar que los planos que se mencionen nos muestran las maquinas a escala con fines informativos.

En la sección de fibra grasienta se poseen los siguientes equipos:

- Tres cargadores verticales, estos equipos se representan en los planos:
  - LV02-02-002 (Primer cargador grasiento-LVCG07).
  - LV02-02-004 (Segundo cargador grasiento-LVCG08).
  - LV02-02-006 (Tercer cargador grasiento- LVCG09).
- Dos abridores de doble tambor, estos abridores se muestra en los planos:
  - LV02-02-003 (Primer doble tambor abridor-LVAB04).
  - LV02-02-005 (Segundo doble tambor abridor-LVAB05).

En la sección de lavado se encuentran las cinco tinas en donde se va a realizar el proceso de transporte y lavado, estas tinas poseen el mecanismo tipo rastrillo, a continuación, se va a detallar las capacidades de cada tina:

- La tina 01, con una capacidad de 8.2 m3, se presenta en el plano LV02-02-0007.
- La tina 02, con una capacidad de 6.5 m3, se aprecia en el plano LV02-02-0008.
- La tina 03, con una capacidad de 6.5 m3, se aprecia en el plano LV02-02-0009.
- La tina 04, con una capacidad de 5.4 m3, se aprecia en el plano LV02-02-0010.
- La tina 05, con una capacidad de 5.4 m3, se aprecia en el plano LV02-02-0011.

Las tinas mencionadas poseen el mismo sistema de exprimido, que consta de 2 pistones neumáticos de doble efecto, estos trabajan a una presión de 4 a 6 bares, estos cilindros permiten distribuir hasta 20 toneladas de fuerza que se ejercen a través del rodillo superior, esta fuerza puede variar dependiendo de los requerimientos

solicitados por el área de operaciones, con todas estas consideraciones se garantiza una reducción de la humedad que oscila entre el 50 y 60 % de la lana lavada.

En la sección de post lavado podemos encontrar los siguientes equipos:

- Dos cargadores verticales, ambos cargadores se representan en los planos:
  - LV02-02-0012 (Primer cargador de fibra humeda-LVCG10).
  - LV02-02-0014 (Segundo cargador de fibra humeda-LVCG11).
- Dos secadores del tipo telera sin fin, estos equipos se muestran en los planos:
  - LV02-02-0013 (Primera secadora de tres cuerpos-LVSE03).
  - LV02-02-0015 (Segunda secadora de tres cuerpos-LVSE04).

Ya mencionados los equipos que trabajan en la línea de lavado #2 actualmente, vamos a enfocarnos específicamente en el mecanismo de transporte de lana de la tina 01, para ello se darán a conocer las consideraciones que se propongan y solicitudes por parte del cliente, enfocándonos en mejorar el proceso de lavado evitando el aglomera miento de lana para que no se obtenga un enredo en la fibra, así como también lograr que la lana siempre este sumergida en la solución acuosa, para mejorar la eficiencia en el lavado.

- Consideraciones de las dimensiones de la grada principal

  Una restricción que se aprecia en la figura 33 es que la grada no puede poseer un ancho igual o mayor a 1220 mm, en base a esta restricción vamos a considerar un ancho igual a 1150mm y un largo de aproximadamente de 7300 mm, con un desplazamiento transversal de 313 mm y un recorrido longitudinal de 174 mm como máximo con respecto al eje del soporte, la trayectoria se muestra en la figura 34.

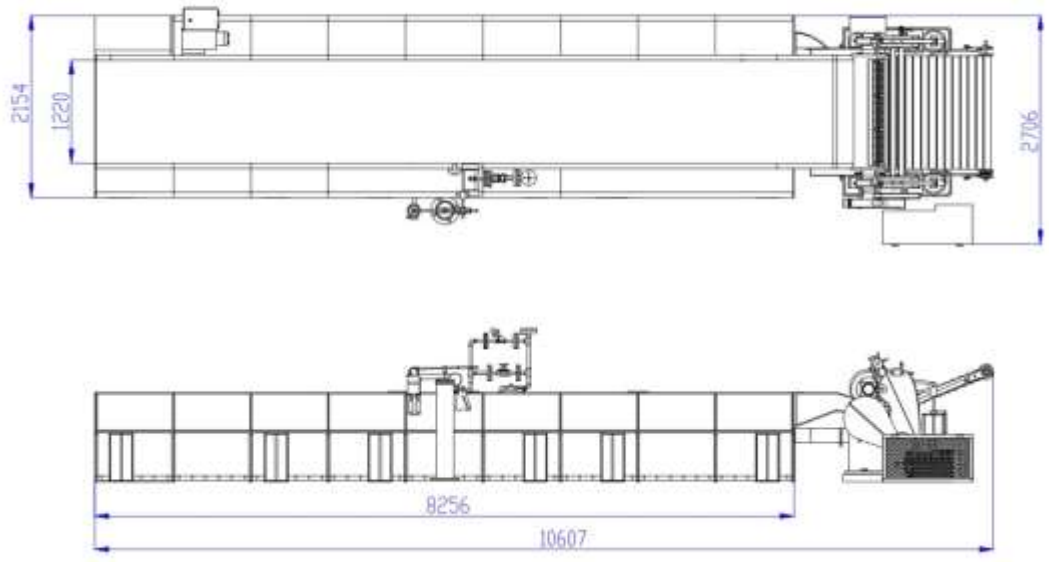


Figura 33: Dimensiones generales de la tina 01

Fuente: Elaboración propia

Considerando al inicio de la tina un espacio vacío de 530 mm para el empalme con el tercer cargador grasiento, esta medida se aprecia en el LV02-02-0006, las medidas anteriormente mencionadas se comparan con el largo de la tina de la siguiente manera:

- Largo de la tina 01: 8256 mm
- Largo de la grada: 7290 mm
- Desplazamiento máximo de la grada: 313 mm
- Distancia de empalme con el cargador vertical: 530 mm

Sumando estas tres últimas medidas se obtiene: 8133 mm

Esta distancia obtenida es menor al largo de la tina en 123 mm, la distancia obtenida es un margen que nos solicita el cliente (la distancia que nos solicito fue de unos 120 mm a 150mm) para poder retirar muestras del licor y lana, haciendo uso de pequeñas probetas y pinzas, en conclusión, nuestras consideraciones son correctas.

- Consideración del espaciamiento entre columnas

  Tomando en cuenta el espaciamiento entre columnas que presenta actualmente el mecanismo de transporte con un medida de 2350mm, que se aprecia en el plano LV02-02-0007, se va a considerar la misma distancia, esta consideración se va a corroborar gracias a los cálculos respectivos presentados en el capítulo 5 de la presente tesis, en caso de que no sea la distancia optima se va a realizar la modificación respectiva.

- Consideración de la trayectoria deseada en la grada principal

  El problema del enredo en la fibra y a su vez la ineficiencia en el proceso de lavado están ligados directamente con la trayectoria de la grada.

  Para solucionar el enredo de la fibra se va a considerar un mayor desplazamiento al final de la trayectoria de la grada, así como también tratar de lograr un desplazamiento lineal en el fondo de la tina, estas dos consideraciones van a permitir ayudar a que las fibras se coloquen de manera paralela una de otra a lo largo del proceso de lavado y también van a permitir que la lana se lave de manera más eficiente; la trayectoria que se propone va a permitir que la lana siempre se encuentre en contacto con la solución acuosa, esta trayectoria se muestra en la figura 34.

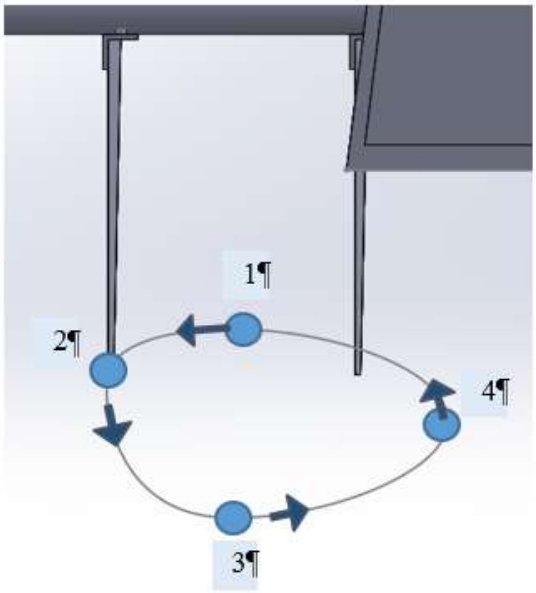


Figura 34: Trayectoria de la grada

Fuente: Elaboración propia

La trayectoria que se aprecia en la figura 34 presenta 4 puntos, estos puntos son representaciones del movimiento de la grada en 4 posiciones a 0°, 90° ,180° y 360°, lo que se pretende es alargar el punto 2 del punto 4 con ayuda de la modificación del mecanismo; la distancia entre el punto 1 y 3 representa la profundidad máxima que va a alcanzar la grada.

Esta trayectoria se realiza gracias al mecanismo de trasmisión que va a permitir obtener las distancias entre el punto 1 y 3; a su vez determina la distancia que se genera entre el punto 2 y 4, todo ello se explicara en el apartado 5.2. de la presente tesis.

- Consideración del espaciamiento entre rastrillos

Basándonos en la trayectoria considerada, proponemos que los rastrillos deben estar distribuidos a una distancia de 228 mm; en la figura 35 se muestra la intersección formada por desplazamiento de la grada con el espaciamiento entre rastrillos.

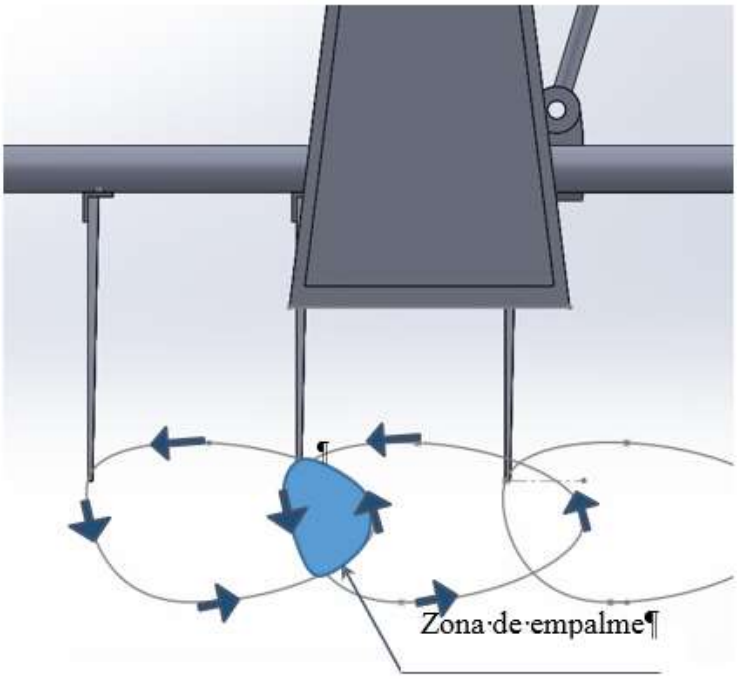


Figura 35: Trayectoria de la grada

Fuente: Elaboración propia

La zona de empalme nos asegura que realmente se va a lograr un desplazamiento de la lana; cabe mencionar que el desplazamiento y la distribución de las rastras a lo largo de la grada es un punto importante, ya que de la diferencia de ambas medidas nos va a resultar una distancia óptima para el transporte.

- Consideración de la cantidad de rastrillos que va a poseer la grada

  Conociendo el largo de la grada, así como también la distancia entre rastrillos podemos estimar la cantidad de rastrillo que va a poseer nuestra grada.

  - Distancia entre rastrillos en la grada: 228 mm
  - Largo de la grada: 7290 mm

  Dividiendo el largo de la grada entre la distancia que hay entre rastrillos obtenemos que podría existir un total de 32 rastrillos, de los cuales a solicitud del cliente se va instalar 8 placas de sumergido, una placa de sumergido inicial (esta

no se considera como rastrillo) y los tres últimos rastrillos van a poseer un tipo especial de uñas que permitan un ligero levantamiento de lana, el esquema general de la grada se aprecia en la figura 36.

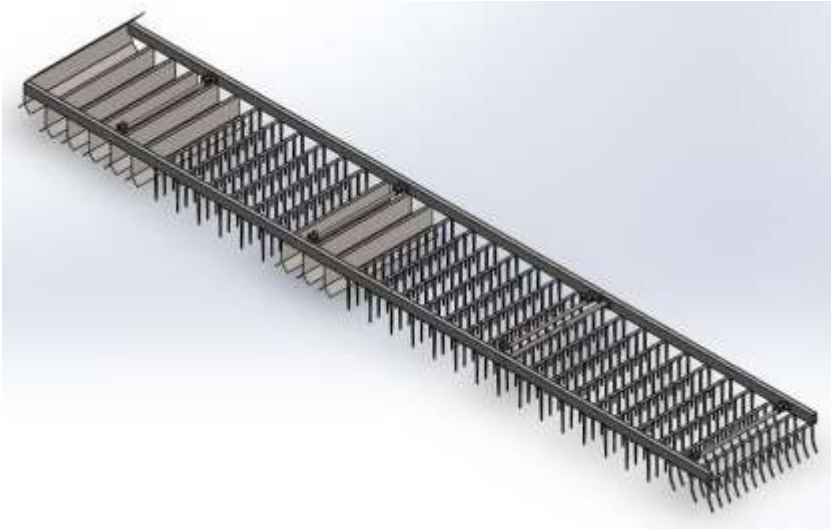


Figura 36: Esquema general de la grada

Fuente: Elaboración propia

La distribución de estos elementos, así como también el detalle de las uñas y las placas de sumergido que componen la grada se aprecia en el plano LV02-02-0023.

- Consideración de la cantidad de uñas de los rastrillos

También se va a tomar en consideración un total de 13 uñas con una separación de 92mm entre uñas, como se muestra en el plano LV02-02-0023.

El criterio de colocar 13 uñas o clavijas en un rastrillo se debe gracias al mecanismo de tipo grada desarrollado por la empresa "H.J. Lüth cc", debido a motivos de privacidad empresarial no se muestra el mecanismo que ha desarrollado la empresa antes mencionada; otra referencia del uso de 13 uñas es lo mencionado en la tesis del doctor Kayumov J.A. en su tesis que lleva por título: "Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fiber entanglement",en el año 2015, (pág.

66), nos hace mención a lo siguiente: “En un rastrillo se considera 13 uñas o clavijas y que puede haber hasta 20 rastrillos en una grada”.

Las uñas que se van a usar en la grada van a ser iguales a las que posee actualmente, con la diferencia que se logra independizar la uña con respecto al rastrillo por medio de un perno y su tuerca, como se mencionó anteriormente se requiere un tipo de uñas especiales que permitan un ligero levantamiento de la lana, todo lo mencionado anteriormente se aprecia en el plano LV02-02-0023.

- Consideraciones de la grada de salida o secundaria

Con respecto a la grada a la salida o grada secundaria, se va a trabajar con la misma grada y el mismo mecanismo que posee actualmente, cabe señalar que esta consideración es una imposición por parte del cliente; esta grada se muestra en el plano LV02-02-0082, lo único que vamos a modificar es la transmisión para que del mismo motor se pueda accionar el mecanismo de la grada principal.

4.1.1. Síntesis

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en la tabla 6 se resume a continuación los diversos requerimientos por parte de la empresa Lanificio Confezioni S.A.C. y algunas mejoras adicionales que se le han agregado al diseño.

(D)eseos ó (E)xigencias	
E	Función principal: Disminuir el enredo de la fibra
E	Mejorar la eficiencia en el proceso de lavado (reducir el porcentaje de lana que es reprocesada)
E	Calidad: Se requiere una distancia de 120mm a 150mm para la colocación de probetas para el área de calidad
D	Producción: Lograr aumentar la producción hasta 650 kg/h
D	Mantenimiento: Facilitar el mantenimiento de cierto elementos
E	Energía: Todo el mecanismo tiene que lograr transmitir el movimiento con un solo motor

Tabla 6: Lista de exigencias y deseos

Fuente: Elaboración propia

4.2 Especificaciones para el diseño

Para el diseño se va a considerar las siguientes especificaciones:

- Para las uñas, el perfil angular del rastrillo, las placas de sumergido y elementos como pernos y tuercas de ensamble de los elementos anteriormente mencionados se va a hacer uso de un Acero AISI-304.
- Para el marco de la grada se hace uso de perfiles que cumplan la norma ASTM AISI-304.
- Para el caso de elementos de hierro fundido se trabajan en base a la norma ASTM A-48 clase 30.
- Para los ejes y topes se usa el acero en base a la norma SAE 1045.
- Para el caso de bujes se usa el bronce en base a la norma SAE-65.

- Para el caso de pernos, tuercas, prisioneros, pasadores, volandas, arandelas se usa un acero grado 10.
- Todas las conexiones empernadas de acero al carbono cumplen la norma ASTM A 325.
- Las uniones soldadas para acero inoxidable se hace uso del electrodo E308L.
- Las uniones soldadas para los demás elementos de acero al carbono se usa el electrodo E6011.
- Para las uniones soldadas de hierro fundido se aplica la norma AWS A5.15/ASME SFA-5.15.
- Para la fabricación y diseño de engranajes se aplica las normas DIN8188 - ISO/R 606- ANSI B 29,1

4.3 Definición del mecanismo propuesto

Para definir el mecanismo que se va a proponer, vamos a tomar en cuenta las consideraciones que se señaló el apartado anterior, en la figura 37 se muestra el mecanismo que se propone.

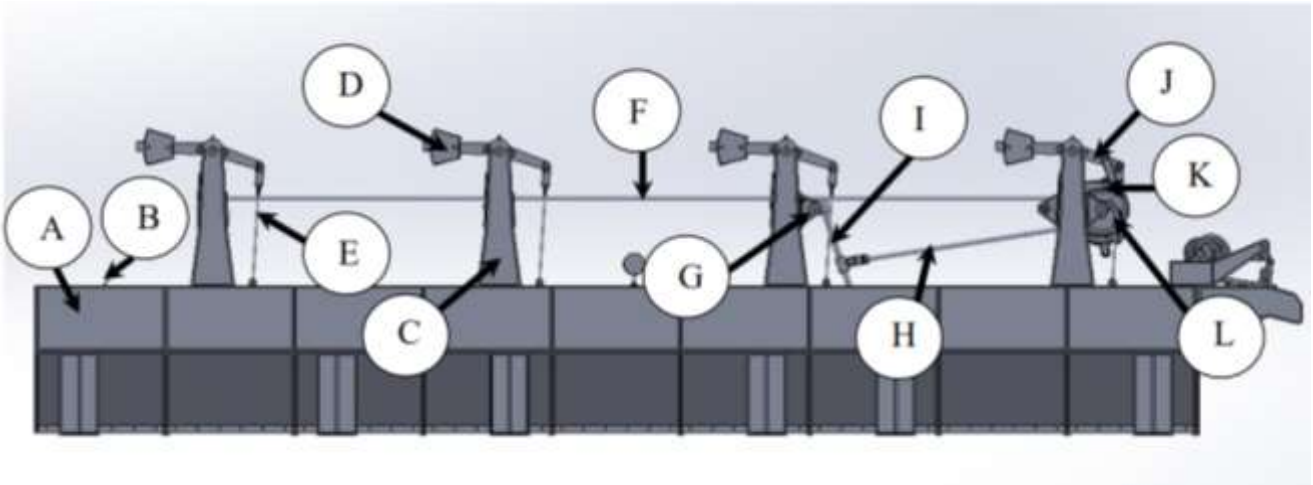


Figura 37: Esquema del mecanismo propuesto

Fuente: Elaboración propia

El mecanismo que se muestra en imagen posee ciertos componentes que se han representado con las letras del abecedario, vamos a dar a conocer cada uno de estos componentes:

A. La tina cuyas medidas ya han sido mostradas en la figura 33.
B. El conjunto de la grada cuyas medidas se encuentran en el plano LV02-02-0023, y su esquema ha sido presentado en la figura 36.
C. El conjunto de columnas, en nuestro caso vamos a hacemos uso de cuatro conjuntos de columnas, su esquema se presenta en la figura 38.

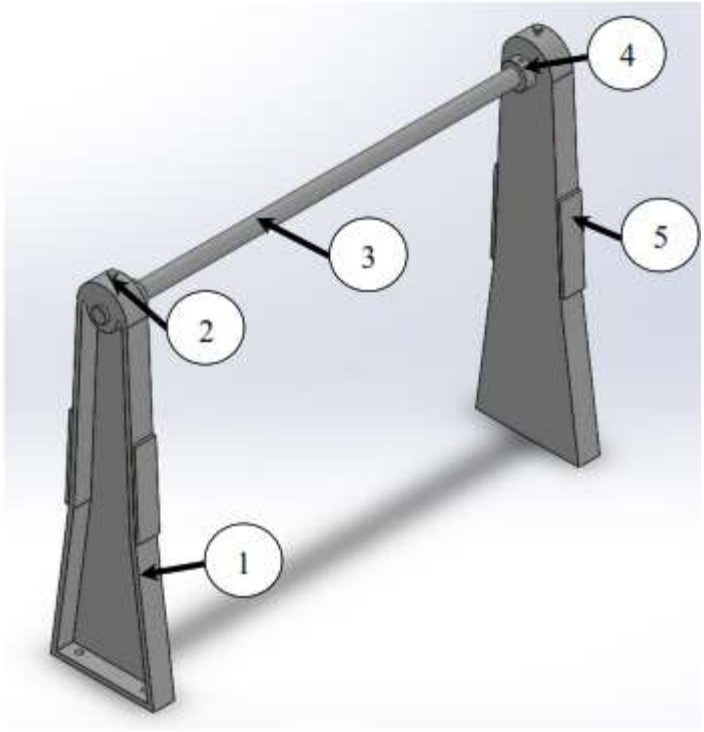


Figura 38: Esquema típico del conjunto de columnas

Fuente: Elaboración propia

En el figura mostrada se dan a conocer los elementos que componen el conjunto de columnas: (1), soporte, encargado de transmitir todo el peso soportado a la estructura de la tina; (2), perno, este se encarga de inmovilizar al eje; (3), eje de brazo, encargado de soportar al brazo móvil; (4), tope fijo, cumple la función de

restringir el desplazamiento axial con respecto al eje del brazo móvil; (5), placas de refuerzo, estos cumplen la función de asiento de las chumaceras.

D. El brazo móvil, la cantidad de brazos móviles que se van a usar son cuatro unidades en toda la tina, la función que cumple es la de permitir un desplazamiento de la grada desde el punto 1 al punto 3 de la figura 34 en otras palabras permite un movimiento de arriba hacia abajo de manera uniforme, esto se debe a que todos los brazos móviles van a estar conectados entres si gracias al tubo tipo brida (2) y a un tubo de movimiento que se mencionara en la sección "F"; con la ayuda del contrapeso (1) ayudamos a que el movimiento sea cíclico; al igual que las columnas las dimensiones y configuración de cada uno de sus componentes se analizaran en el capítulo 5, su esquema se presenta en la figura 39.

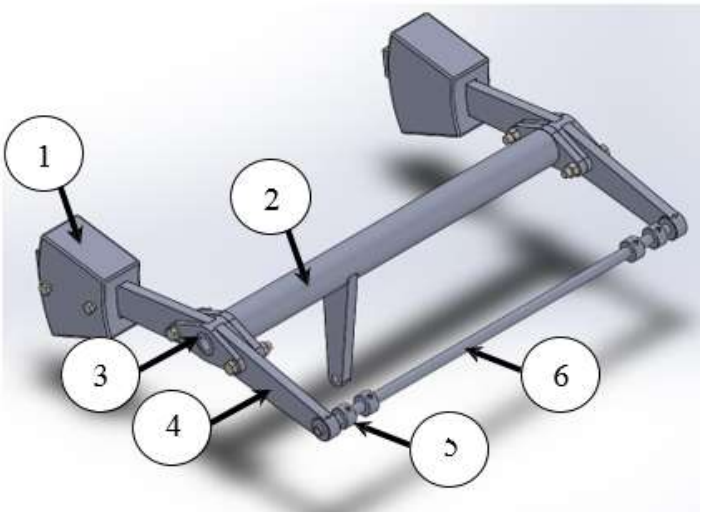


Figura 39: Esquema típico del brazo móvil

Fuente: Elaboración propia

En el esquema mostrado se aprecian los siguientes elementos: (1), contrapeso; (2), tubo tipo brida, permite la unión de ambos brazos; (3), buje, permite un movimiento sin restricción con respecto al eje de brazo del conjunto de columnas; (4), brazo, este elemento es el encargado de transmitir el momento que genera el

contrapeso hacia el eje de colgadores; (5), tope fijo, permite que el colgador no posea un desplazamiento axial con respecto al eje del colgador; (6), eje de colgador, es el encargado de soportar a los colgadores.

E. Colgador, la cantidad de colgadores es de ocho unidades, estos van a permitir conectar al brazo móvil con el conjunto de la grada, el esquema se muestra en la figura 40.

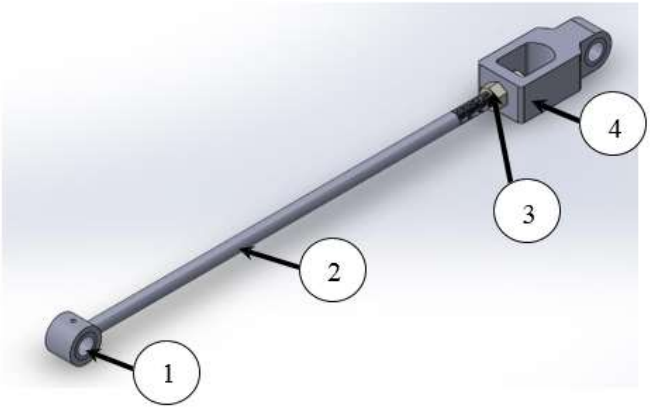


Figura 40: Esquema típico del colgador

Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra el colgador con los siguientes componentes: (1), buje, permite el movimiento giratorio libre del colgador con respecto al pin de acoplamiento que pertenece al conjunto de la grada; (2), eje de colgador, este es el encargado de conectar el sujetador con el conjunto de la grada; (3), tuerca de ajuste, este elemento permite regular la distancia entre el eje de colgador y la grada; (4), sujetador, este elemento es un conector que permite trasladar el movimiento que genera el brazo móvil hacia el eje del colgador y este a su vez mueve al conjunto de la grada.

F. Tubo de movimiento, la cantidad a usar de este componente es de una unidad, se compone de un tubo (2) y cuatro sujetadores (1), como ya se mencionó este permite el desplazamiento de todos los brazos móviles de manera uniforme, el esquema del tubo de movimiento se presenta en la figura 41.

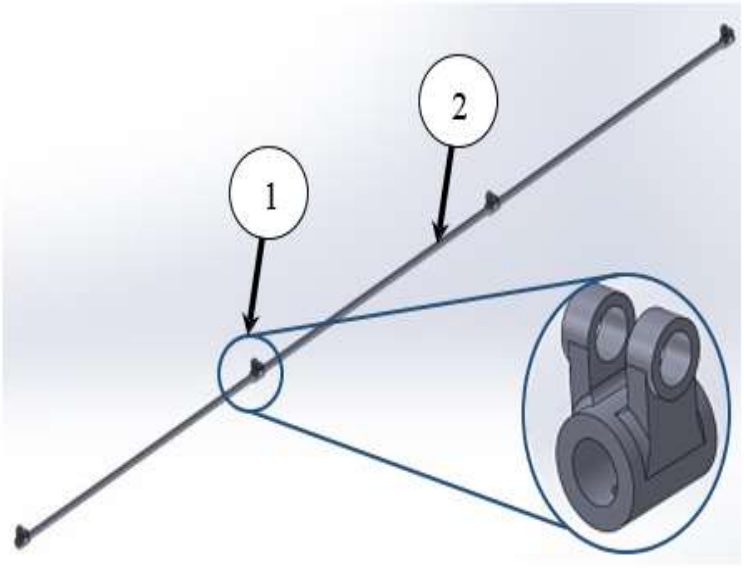


Figura 41: Esquema del tubo de movimiento

Fuente: Elaboración propia

G. Eje fijo de acople, en el mecanismo propuesto se hace uso de una unidad, su función principal es la de soportar al acople deslizante (5) y a su vez permitir que gire libremente limitando el desplazamiento axial con respecto al eje a través de topes (3).

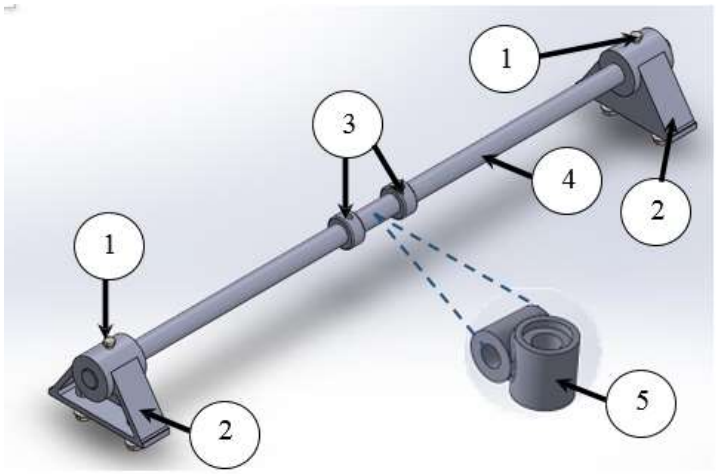


Figura 42: Esquema de eje fijo de acople

Fuente: Elaboración propia

En la figura 42 se logra apreciar los siguientes elementos: (1), perno, este elemento es el encargado de inmovilizar al eje; (2), soporte de eje; (3), tope; (4), eje; (5), acople deslizante.

H. Jalador de retorno, este componente nos va a permitir transmitir el desplazamiento del punto 2 al 4 restringido por el eje de palanca, convirtiendo su desplazamiento en una curva generando una pequeña elevación, el movimiento se realiza gracias al conjunto de abrazaderas (2) y (1), estas están acoplados con el disco excéntrico, este disco esta acoplado al eje de transmisión superior que será mencionado en la sección "L", el movimiento del disco excéntrico se transmite a través del eje de transmisión (3) y este a su vez permite el desplazamiento del eje de palanca por medio de un acople fijo, los componentes mencionados serán descritos en la sección "I" con más detenimiento, el esquema del jalador se aprecia en la figura 43.

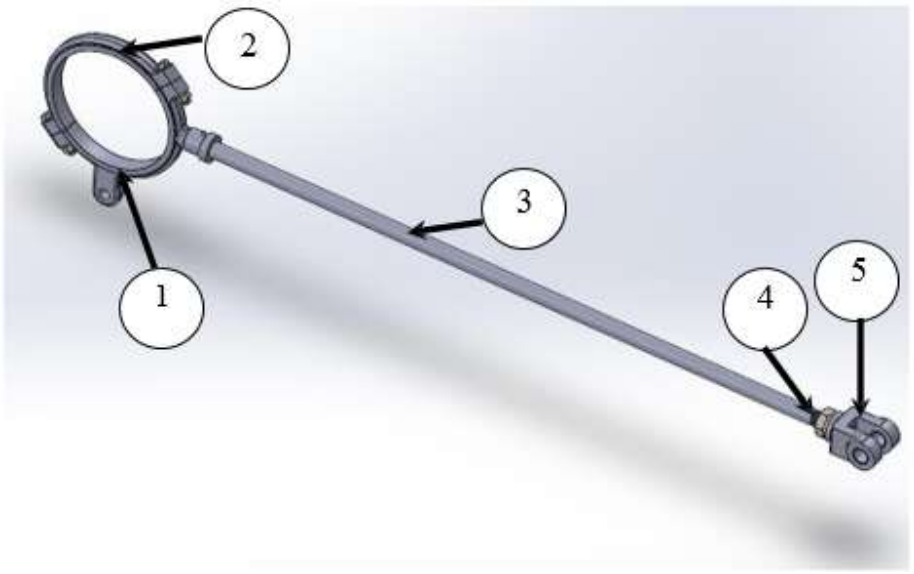


Figura 43: Esquema de jalador de retorno

Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa los principales componentes del jalador de retorno, los cuales serán mencionados a continuación: (1), abrazadera superior; (2); abrazadera inferior; (3), eje de transmisión; (4), tuerca de ajuste; (5), jalador.

I. Eje de palanca, este componente cumple la función de transmitir el movimiento que realiza el jalador de retorno a la grada mediante un acople fijo (2) y un soporte de eje de palanca (1); estos elementos van a restringir el libre movimiento del jalador de retorno, permitiendo de esta manera generar un movimiento en curva, este movimiento será analizado en el apartado 5.2 a mayor plenitud.

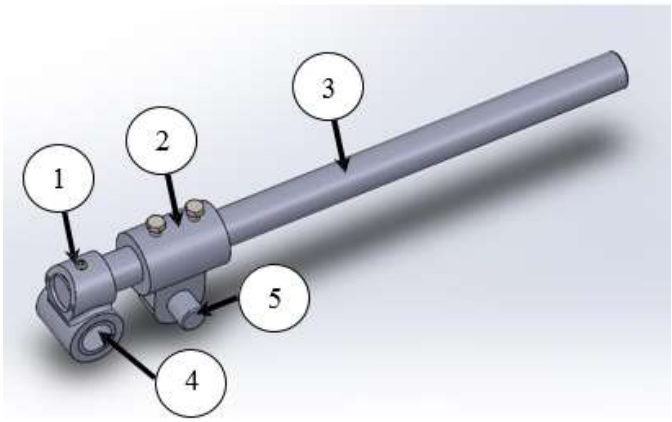


Figura 44: Esquema de eje de palanca

Fuente: Elaboración propia

En la figura se aprecia los componentes del eje de palanca, los cuales serán mencionados a continuación: (1), soporte de eje de palanca; (2); acople fijo; (3), eje de palanca; (4), buje; (5), pin fijo, permite el acople entre el jalador y el acople fijo.

J. Brazo móvil de leva, la cantidad que se va a usar del siguiente elemento es igual a una unidad, este brazo es igual al brazo móvil presentado en la sección D, con la diferencia de que se le aumenta una oreja para el acople del impulsador del brazo de leva, este va a permitir que el conjunto de brazos móviles puedan levantar el contrapeso y así realizar un movimiento cíclico.

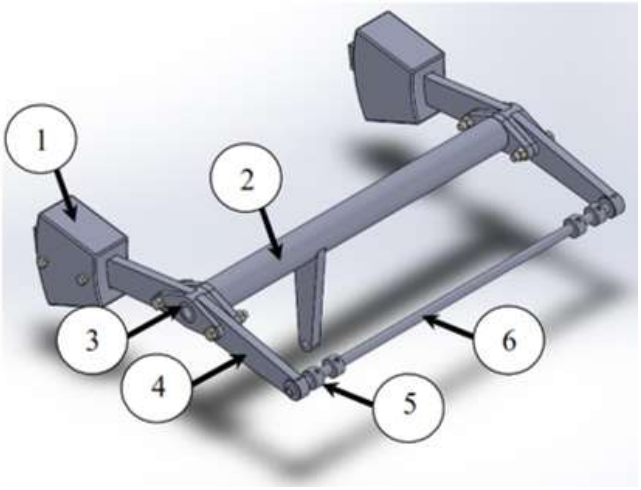


Figura 45: Esquema de brazo móvil de leva

Fuente: Elaboración propia

En el esquema mostrado se aprecian los siguientes elementos: (1), contrapeso; (2), tubo tipo brida; (3), buje; (4), brazo de leva, como se menciono tiene la peculiaridad de poseer una oreja que permite el ensamble del impulsador de brazo de leva; (5), tope fijo; (6), eje de colgador; (7), impulsador de brazo de leva.

K. Brazo de leva, en el mecanismo se propone se necesita una unidad de este componente; este brazo de leva nos va a servir de guía con respecto a la trayectoria de la leva propiamente dicha, gracias al acoplamiento del brazo de leva con el impulsor de brazo mencionado en la sección “J” elemento (7), va permitir generar un momento que va a vencer al contrapeso, esto va a permitir que la cara del rodillo de leva siempre permanezca en contacto con la leva, este elemento pertenece al conjunto de elementos del eje de transmisión superior que se mencionara en la sección “L”, con este brazo de leva logramos garantizar en desplazamiento del punto 1 al punto 3 de la figura 34, el esquema del brazo de leva se presenta en la figura 46.

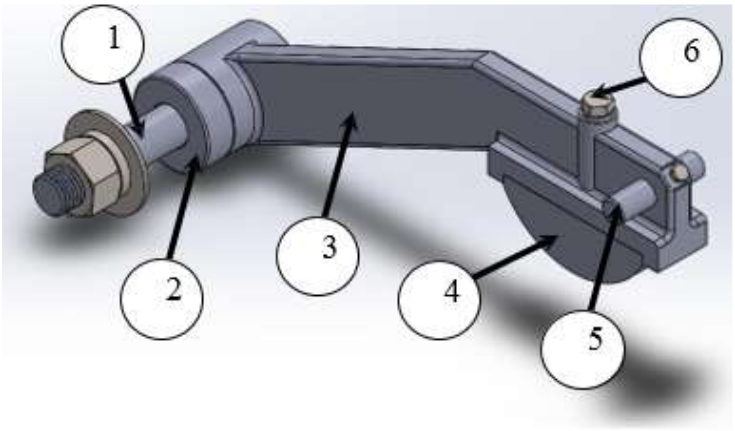


Figura 46: Esquema de brazo de leva

Fuente: Elaboración propia

En el esquema que se presenta se aprecian los principales elementos que componen el brazo de leva: (1), pin fijo de leva, este pin es el encargado del acoplamiento del brazo con su soporte ubicado en la columna respectiva; (2), volanda de separación; (3), brazo; (4), rodillo de leva; (5), pin fijo de leva, esta es la encargada del acoplamiento entre el brazo y el impulsado de leva; (6) perno soporte, este perno es el encargado de soportar al rodillo de leva.

L. Eje de transmisión superior, para el mecanismo propuesto se hace uso de una sola unidad, este componente comprende al disco excéntrico, (3), que va a permitir realizar el movimiento entre los puntos 2 y 4, así como también se encuentra la leva, (1), que permite definir el recorrido que va a poseer la grada y restringe la distancia entre los puntos 1 y 3, de la figura 34, la leva es un elemento esencial en el mecanismo que se propone ya que si se modifica esta leva se pueden obtener diferentes desplazamientos para diferentes tipos de fibras que se usen, en la figura 47 se muestra un esquema del eje de transmisión superior.

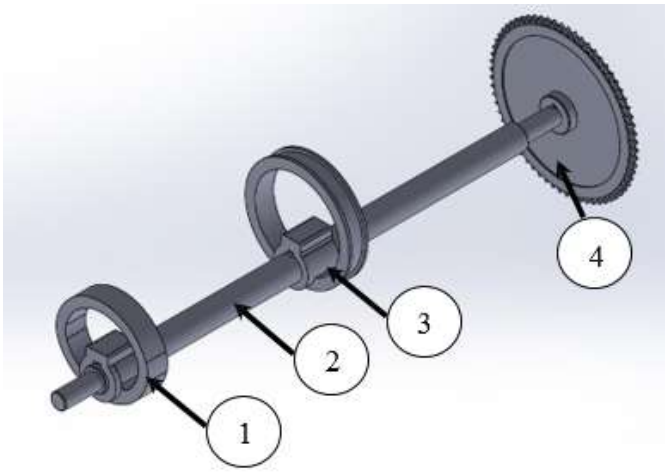


Figura 47: Esquema del eje de transmisión superior

Fuente: Elaboración propia

En la figura se aprecian los principales elementos que componen el eje de transmisión superior: (1), leva; (2), eje; (3), disco excéntrico; (4), Engranaje de cadena, cabe señalar que este engranaje va a moverse conjuntamente con el engranaje que pertenece a la grada de salida o grada secundaria.

Cabe aclarar que el cliente no quiso realizar alguna modificación a la grada de salida por lo tanto se acoplara el mecanismo propuesto a la grada de salida verificando su correcto funcionamiento.

Con todos estos componentes mencionados se logra definir los diferentes elementos que conforman el mecanismo propuesto.

CAPITULO 5

DISEÑO Y ANALISIS DEL MECANISMO PROPUESTO

5.1 Análisis de cargas, dimensionamiento y selección de material de los componentes del mecanismo

Ya habiendo definido los elementos que componen el mecanismo, vamos a proceder a analizar las cargas que deben soportar cada elemento, para ello se va a tomar en cuenta las consideraciones mencionadas en el apartado 4.1 de la presente tesis.

Lo primero es conocer el peso de la grada considerando todos los elementos que posee, tales como:

- Uñas: este elemento va a poseer dos diseños, un diseño para la sección inicial e intermedia de la tina y un segundo diseño para la sección final de la tina que permita elevar la fibra para que entre en contacto con la rastrillara secundaria, en la figura 48 se aprecian los dos tipos de uñas que se va a utilizar; las dimensiones y detalles sobre estos elementos se encuentran en el plano LV02-02-0023.

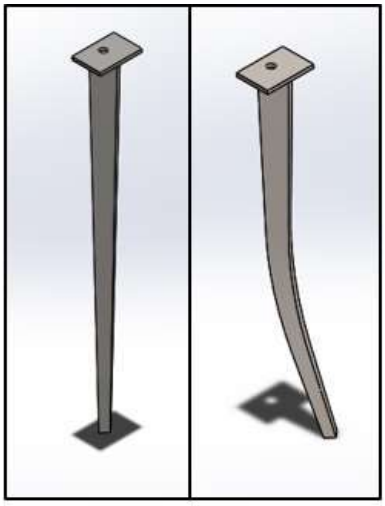


Figura 48: Uña tipo 1 (lado derecho); Uña tipo 2 (lado izquierdo)

Fuente: Elaboración propia

Una característica del diseño presentado es que va a permitir reemplazar las uñas de manera puntual en caso de que alguna sufra alguna deformación o algún tipo de daño,

en el mecanismo que se posee actualmente se tiene que retirar todo el rastrillo para poder reemplazarlos, lo que genera un retraso en la producción y un aumento en los tiempos del mantenimiento, para evitar este inconveniente es que se optó por colocarle un perno de diámetro 1/4", con su respectiva tuerca y arandela de presión, el material de estos elementos corresponde a un acero inoxidable AISI-316.

A continuación, se darán a conocer las características que va a poseer el elemento descrito.

- Cantidad total de uñas: 312 unidades

  Tipo 1 : 273 unidades

  Tipo 2 : 39 unidades

- Material: acero inoxidable AISI-304, cuya densidad es igual a 7980 kg/m3
- Volumen:

  Tipo 1: 1,70999e-5 m3

  Tipo 2: 1.473569e-5 m3

- Peso unitario:

  Tipo 1: 0.1364 kg

  Tipo 2: 0.1175 kg

- Peso total de las uñas: 41.82 kg.

  Tipo 1: 37.24 kg

  Tipo 2: 4.58 kg

  En la figura 49 se aprecia el comportamiento del fluido en contacto con la uña tipo 1 a una velocidad promedio de 1 m/s.

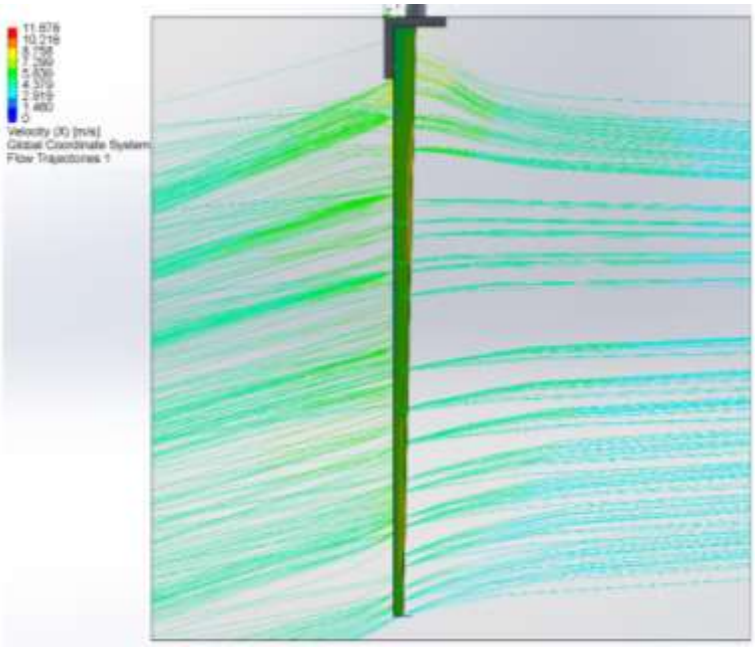


Figura 49: Comportamiento del fluido en contacto con la uña tipo 1

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en lo presentado en la figura podemos afirmar que el fluido va a poseer un movimiento en favor a la gravedad, este comportamiento es favorable ya que gracias a ello la fibra siempre va a permanecer en contacto con la solución generada por el detergente y el agua, con ello logramos aumentar la eficiencia en el proceso de lavado.

- Uña tipo 2:

Al igual que en la uña tipo 1 se va a presentar el comportamiento del fluido en contacto con este tipo de uña, este comportamiento se puede apreciar en la figura 50, tomando en cuenta la misma velocidad de trabajo señalado anteriormente.

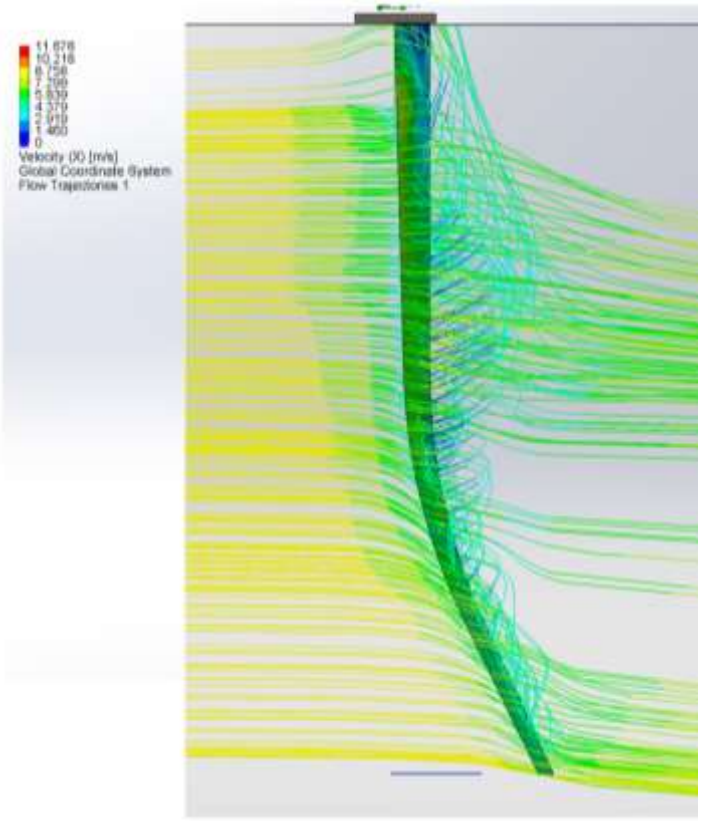


Figura 50: Comportamiento del fluido en contacto con la uña tipo 2

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en la figura podemos afirmar que el fluido se va a elevar ligeramente junto con la fibra permitiendo de esta forma el desplazamiento de la lana hacia la rastrillera secundaria; gracias a este comportamiento se logra a firmar que se va a realizar el transporte adecuado de la lana para procesos posteriores.

- Rastrillos: este elemento va a servir como soporte del conjunto de uñas, se puede apreciar en la figura 51.

Figura 51: Rastrillo soporte de uñas

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la imagen el rastrillo soporta a 13 uñas cada una de ellas debidamente empernadas para evitar la inmovilización de las uñas, así como también va a poseer dos pernos más largos en los extremos permitiendo el acoplamiento del rastrillo con el marco de la grada.

El perfil que se propone es un ángulo de 30x30x3mm con una longitud de 1050mm; teniendo en cuenta lo mencionado se procederá a realizar el cálculo de esfuerzo admisible, para ello nos vamos a apoyar del software SAP2000 v20 basándonos en el método LRFD.

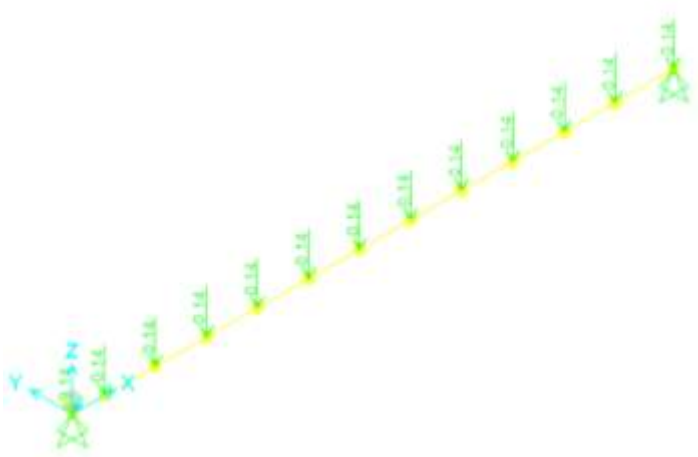


Figura 52: Diagrama de fuerzas actuantes en el rastrillo

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de las cargas actuantes resulta un momento máximo igual a 218.32 kgf-cm, tal y como se presenta en la figura 53.

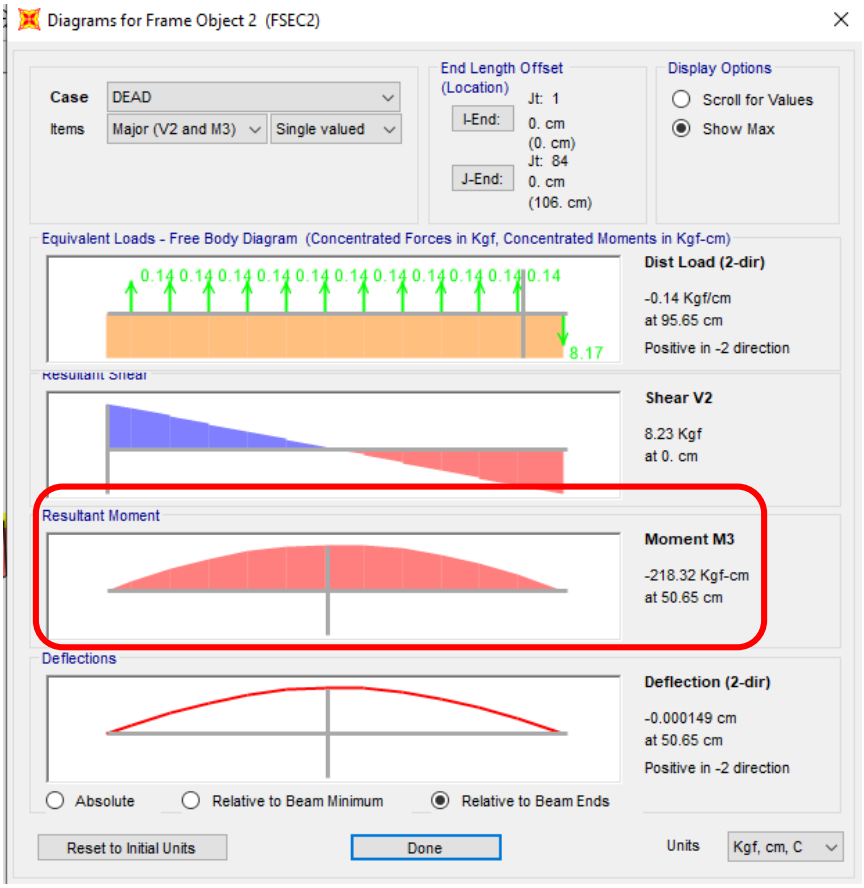


Figura 53: Diagramas resultantes del perfil analizado

Fuente: Elaboración propia

Se va a analizar el perfil mediante el esfuerzo admisible, el cual va a ser calculado mediante la expresión:

$$\sigma_{admisible} = \sigma/(F.S.)$$

Donde:

$\sigma_{admisible}$ = Esfuerzo admisible (kg/cm2)

σ = Limite de fluencia (kg/cm2)

F.S. = Factor de seguridad (F.S.=2)

Grado	Resistencia a la Tracción Mpa. (RT)	RT (kgf/mm2)	RT (ksi)	Límite de Fluencia Mpa. (LF)	LF (kgf/mm2)	LF (ksi)	Alargamiento en 2"	Reducción de Área %	Relación de Maquinabilidad 1212 Ef = 100%
304	510	52	74	206	21	30	40	50	45
304L	481	49	70	176	18	26	40	50	45

Figura 54: Propiedades mecánicas de acero inoxidable AISI 304/304L

Fuente: https://www.tubosybarrashuecas.com/acero-inoxidable-aisi-304304l

El límite de fluencia está determinada gracias a las propiedades mecánicas del material, mostrado en la figura 54.

Reemplazando los valores anteriormente señalados, se obtiene el esfuerzo permisible, obteniendo un valor de 1050 kgf/cm^2.

Conociendo el esfuerzo permisible se procede a calcular el módulo de sección mediante la siguiente expresión:

$$Z = \frac{M}{\sigma}$$

Donde:

Z = Modulo de sección (cm2)

M = Momento máximo (kg.cm)

σ = Limite de fluencia (kg/cm2)

De esta manera se logra calcular el módulo de sección, obteniendo un valor de 0.21 cm3.

Este valor se va a comparar con respecto a las tablas presentadas en la figura 55.

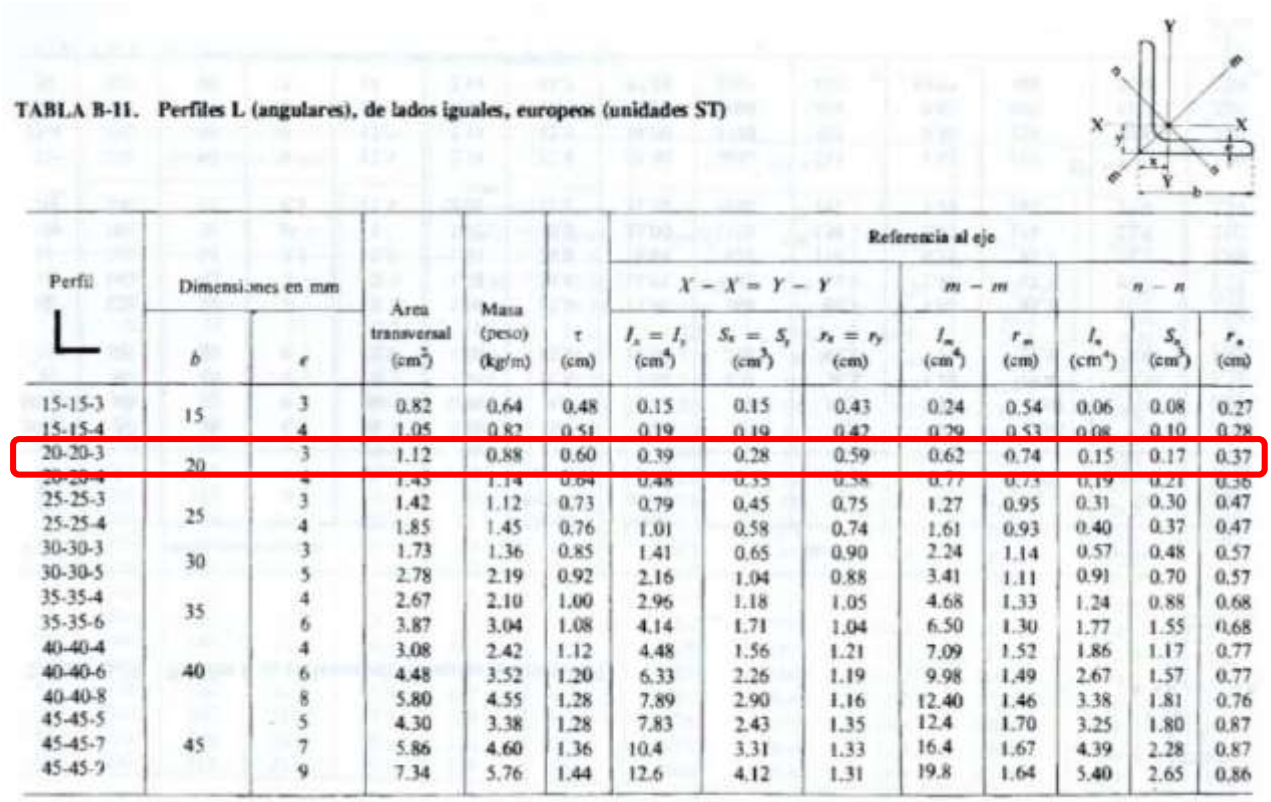


TABLA B-11. Perfiles L (angulares), de lados iguales, europeos (unidades ST)

Perfil L	Dimensiones en mm		Área transversal (cm²)	Masa (peso) (kg/m)	r (cm)	Referencia al eje X − X = Y − Y			m − m		n − n		
	b	e				$I_x = I_y$ (cm⁴)	$S_x = S_y$ (cm³)	$r_x = r_y$ (cm)	I_m (cm⁴)	r_m (cm)	I_n (cm⁴)	S_n (cm³)	r_n (cm)
15-15-3	15	3	0.82	0.64	0.48	0.15	0.15	0.43	0.24	0.54	0.06	0.08	0.27
15-15-4		4	1.05	0.82	0.51	0.19	0.19	0.42	0.29	0.53	0.08	0.10	0.28
20-20-3	20	3	1.12	0.88	0.60	0.39	0.28	0.59	0.62	0.74	0.15	0.17	0.37
20-20-4		4	1.45	1.14	0.64	0.48	0.35	0.58	0.77	0.73	0.19	0.21	0.36
25-25-3	25	3	1.42	1.12	0.73	0.79	0.45	0.75	1.27	0.95	0.31	0.30	0.47
25-25-4		4	1.85	1.45	0.76	1.01	0.58	0.74	1.61	0.93	0.40	0.37	0.47
30-30-3	30	3	1.73	1.36	0.85	1.41	0.65	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.57
30-30-5		5	2.78	2.19	0.92	2.16	1.04	0.88	3.41	1.11	0.91	0.70	0.57
35-35-4	35	4	2.67	2.10	1.00	2.96	1.18	1.05	4.68	1.33	1.24	0.88	0.68
35-35-6		6	3.87	3.04	1.08	4.14	1.71	1.04	6.50	1.30	1.77	1.55	0.68
40-40-4	40	4	3.08	2.42	1.12	4.48	1.56	1.21	7.09	1.52	1.86	1.17	0.77
40-40-6		6	4.48	3.52	1.20	6.33	2.26	1.19	9.98	1.49	2.67	1.57	0.77
40-40-8		8	5.80	4.55	1.28	7.89	2.90	1.16	12.40	1.46	3.38	1.81	0.76
45-45-5	45	5	4.30	3.38	1.28	7.83	2.43	1.35	12.4	1.70	3.25	1.80	0.87
45-45-7		7	5.86	4.60	1.36	10.4	3.31	1.33	16.4	1.67	4.39	2.28	0.87
45-45-9		9	7.34	5.76	1.44	12.6	4.12	1.31	19.8	1.64	5.40	2.65	0.86

Figura 55: Perfiles L de lados iguales europeos

Fuente: Resistencia-de-materiales-Singer

El perfil que se asemeja al módulo de sección obtenido anteriormente calculado es de 20x20x3mm, se llega a la siguiente conclusión mediante la siguiente comparación:

Sx = 0.28 cm3 > 0.21 cm3…… (si cumple)

En el presente diseño vamos a hacer uso de un perfil con el mismo espesor que el señalado anteriormente, pero considerando un ala mayor, esto se debe a que la uña debe poseer una buena área de contacto con el perfil “L”, es por ello que se va a considerar un ángulo de 30x30x3mm.

Este perfil se va a verificar gracias al software SAP2000v20, los resultados obtenidos se presentan en la figura 56.

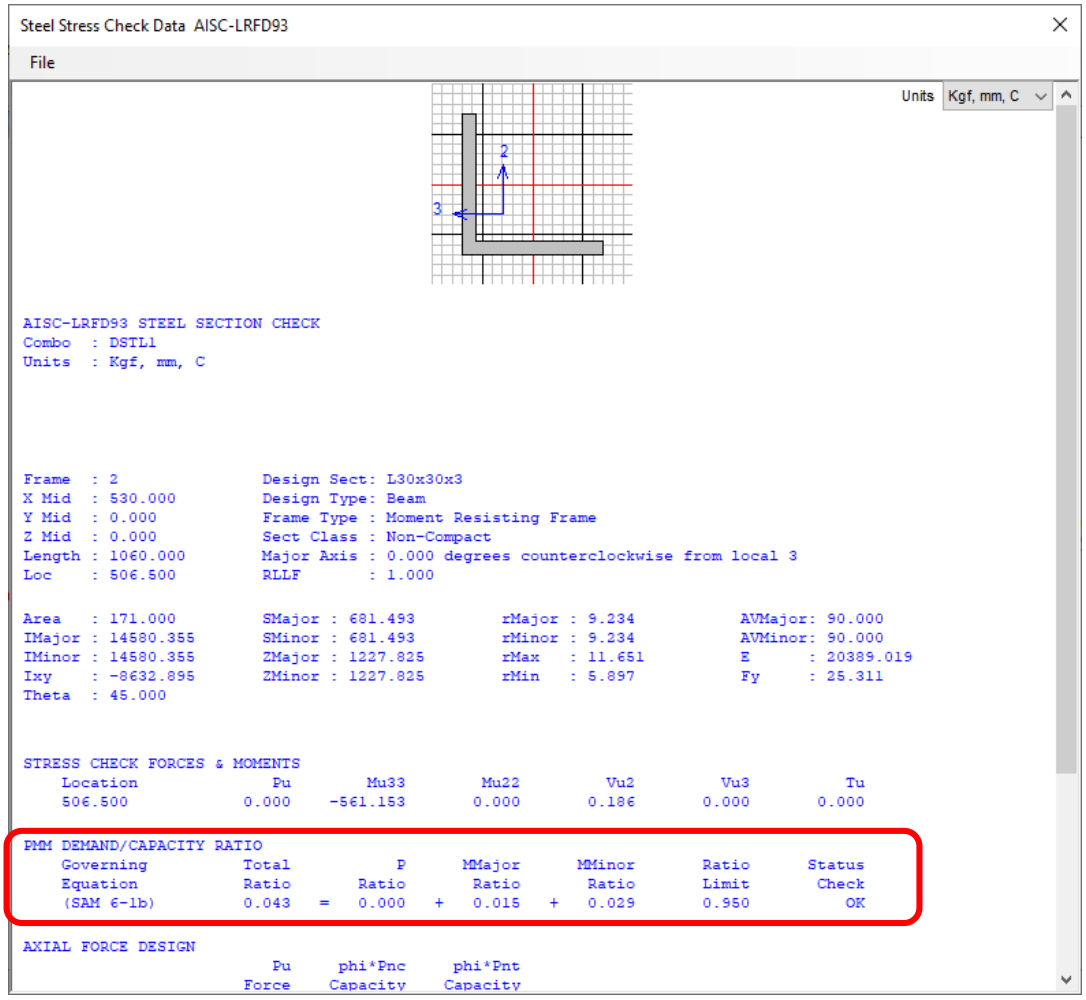


Figura 56: Steel Stress Check – soporte uñas

Fuente: Elaboración propia

De la imagen se puede extraer que el ratio es igual 0.043, con lo cual se afirma que el perfil no va sufrir inconveniente alguno.

- Paletas de sumergido: este elemento va a permitir sumergir la fibra ayudando a que se realice un mejor proceso de lavado, se aprecia en la figura 57.

  Este elemento está formado por plancha de acero inoxidable AISI 304 (ρ=7980 kg/m3), la medida de este elemento se encuentra en el plano LV02-02-0023.

  - Volumen = 0.0012m3

- Peso = 9.58 kg
- Longitud = 1050 mm

Figura 57: Paleta de sumergido

Fuente: Elaboración propia

Conociendo el peso del elemento se propone que este soportado por un perfil "L" al igual que los rastrillos, es por ello que se va a analizar el perfil más adecuado, la carga se encuentra aplicada en 5 puntos distanciados a 200mm, teniendo en cuenta eso la carga aplicada en cada punto resulta ser:

- Carga = 9.58 kg / 5 = 1.92 kg

En la figura 58 se muestra las cargas actuantes el soporte de la paleta de sumergido.

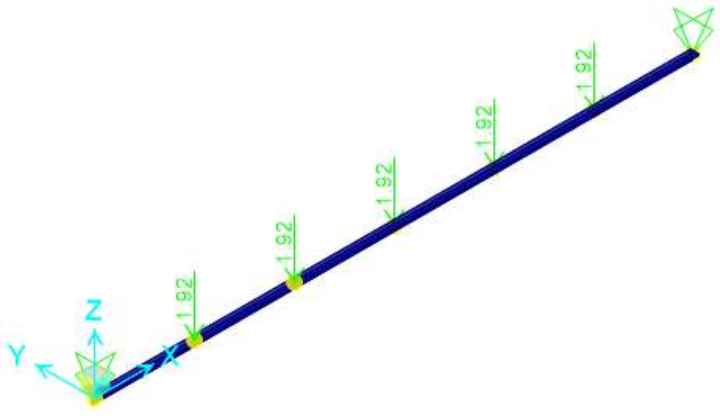


Figura 58: Diagrama de fuerzas actuantes en el soporte de paleta de sumergido

Fuente: Elaboración propia

Consideramos el perfil propuesto anteriormente 30x30x3mm para realizar la verificación mediante el steel stress check del software SAP 2000v20, en la figura 59 se presenta los resultados obtenidos.

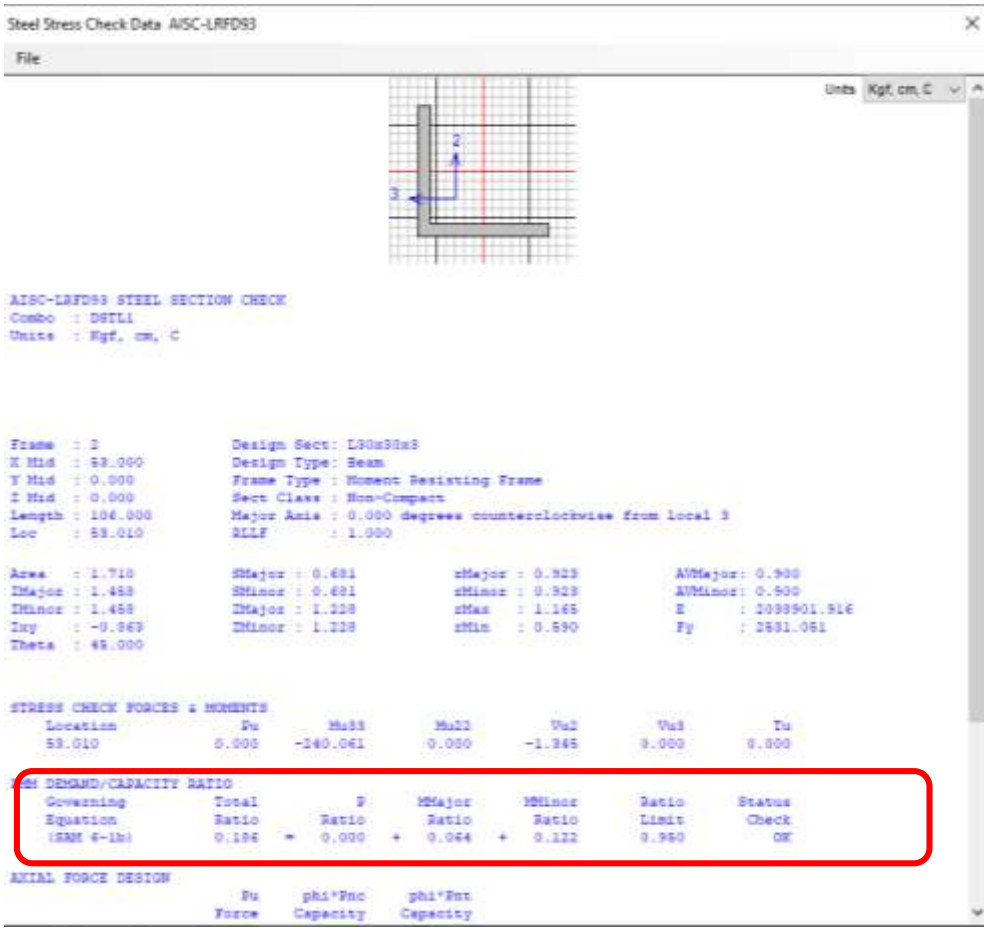


Figura 59: Steel Stress Check – soporte paleta de sumergido

Fuente: Elaboración propia

De la imagen se obtiene el valor del ratio que posee el elemento analizado, obteniendo un valor de 0.186, con lo cual se afirmar que el elemento no va a presentar inconveniente alguno al momento de realizar la actividad asignada.

- Marco de la grada: este elemento va a soportar los elementos anteriormente calculados, en la figura 36 se presenta un modelado del elemento mencionado.

Se va a proceder con el cálculo del perfil más adecuado para este elemento, considerando una longitud total de 7290mm, para ello vamos a mencionar a la carga que debe soportar este elemento.

- Peso de uñas en un rastrillo: 1.77 kg
- Peso del ángulo del rastrillo: 1.37kg/m * 1.05m = 1.44 kg
- Peso de una paleta de sumergido: 9.58 kg* 1 unidades = 9.58 kg
- Pernos, arandelas, tuercas = 0.008 kg

El peso total que debe soportar el perfil del marco es igual a 175.37 kg, cada perfil debe soportar un peso de 87.69 kg, el diagrama de fuerzas actuantes se presenta en la figura 60.

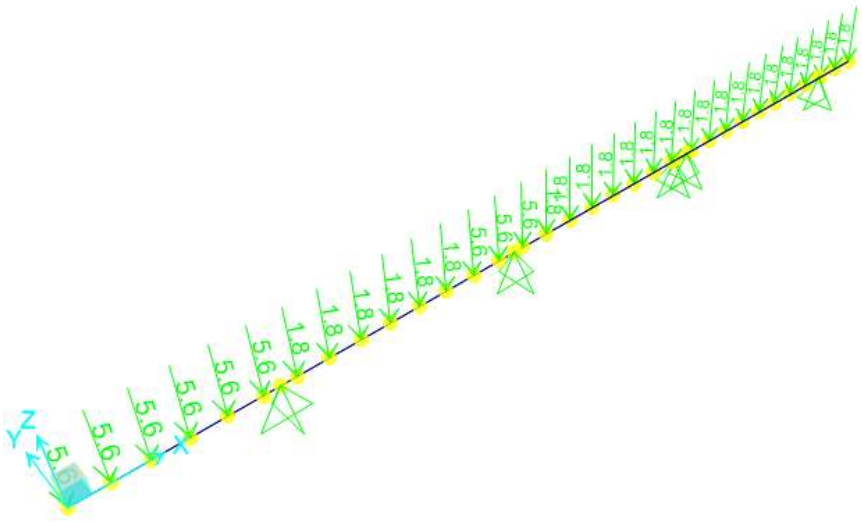


Figura 60: Diagrama de fuerzas actuantes en el marco de la grada

Fuente: Elaboración propia

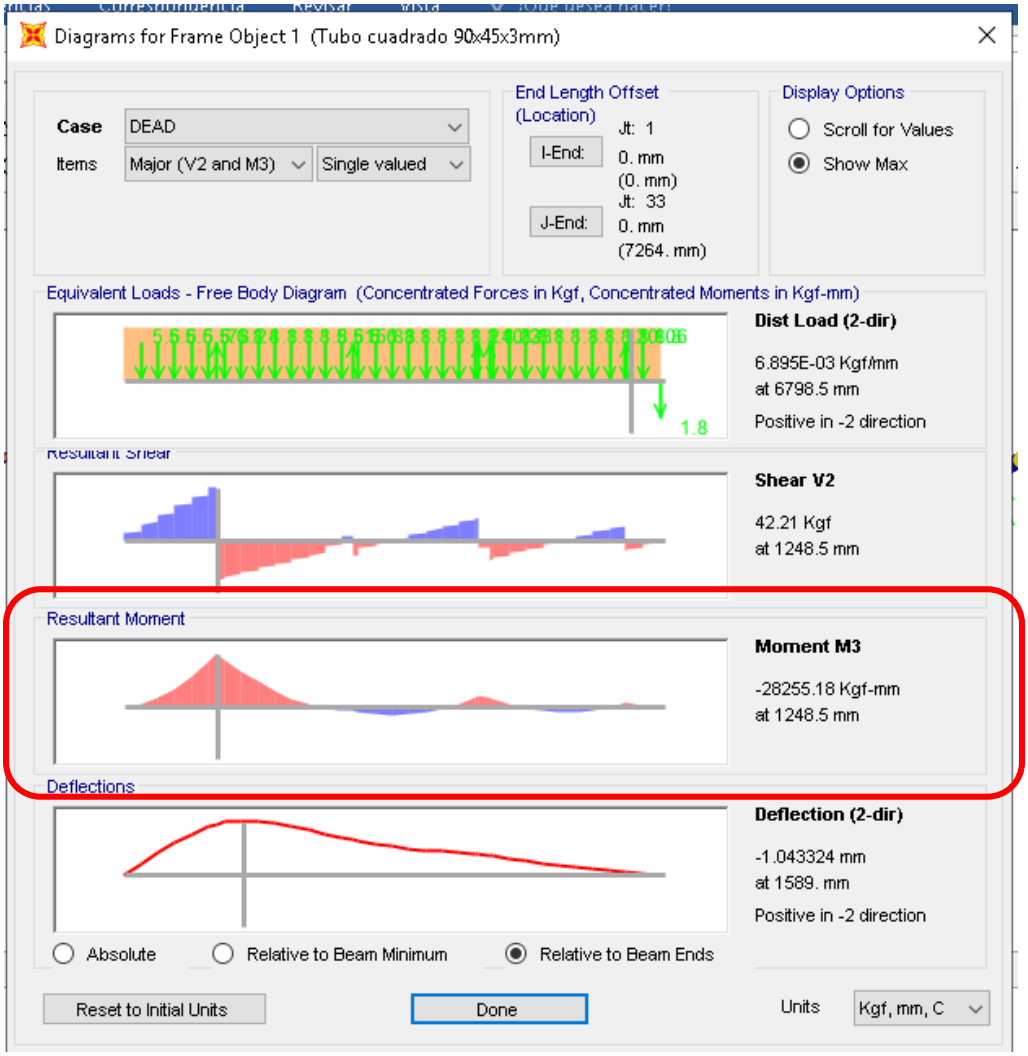


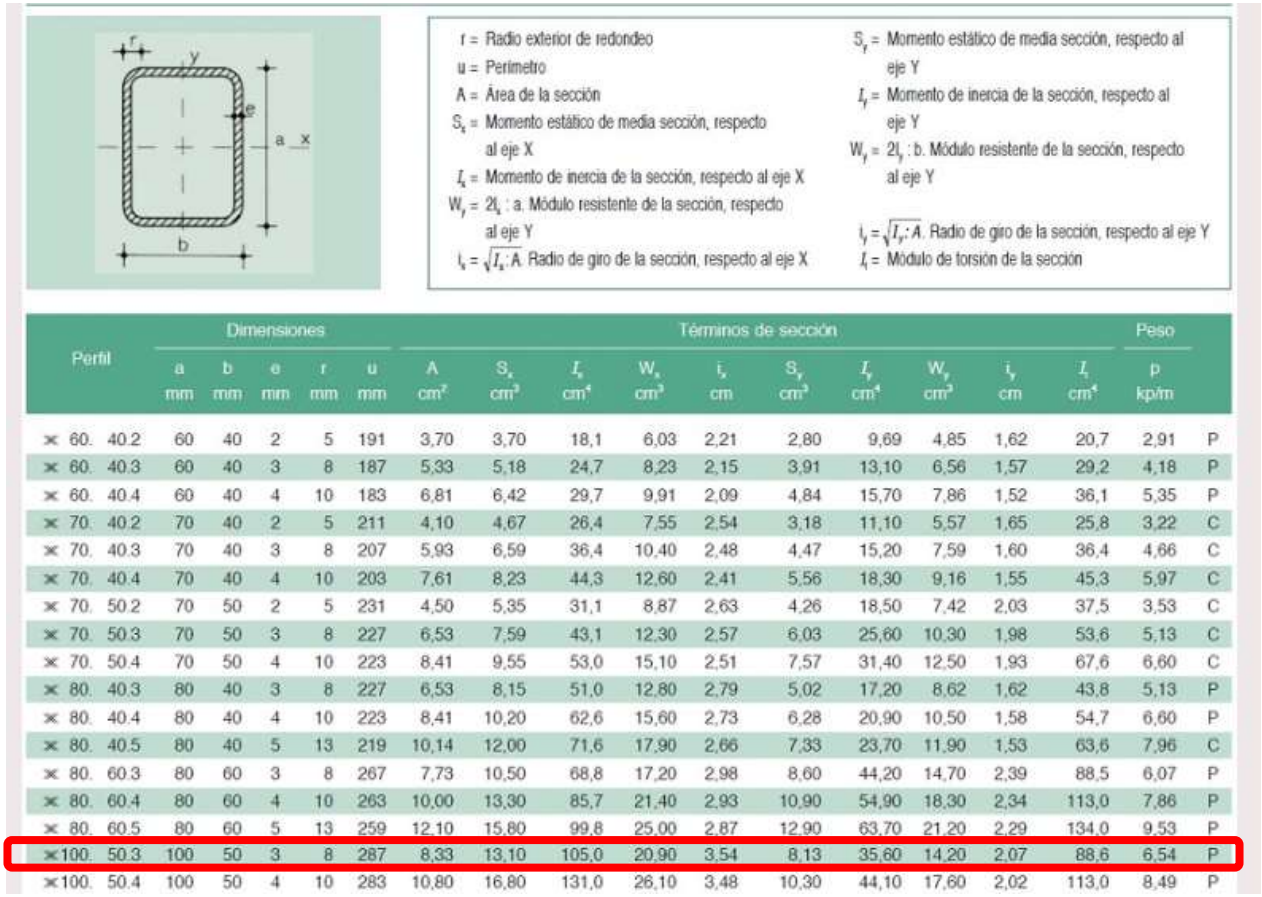
Figura 61: Diagramas del perfil 100x50x3mm

Fuente: Elaboración propia

De la figura 61 se obtiene el momento máximo generado por las cargas actuantes obteniendo un valor de 2825.518 kg.cm.

Se va a analizar el perfil mediante el esfuerzo admisible, para ello se va a considerar un tubo de 100x50x3mm de acero AISI 304, con un F.S.=2, basándonos en estos datos se obtiene un esfuerzo admisible igual a 1050kgf $/cm^2$.

Conociendo el esfuerzo permisible se procede a calcular el módulo de sección, obteniendo un valor de 2.69 cm3; el valor obtenido se va a comparar con respecto a las tablas presentadas en la figura 62.



Perfil	Dimensiones a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	Términos de sección A cm²	S_x cm³	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	S_y cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	I_t cm⁴	Peso p kp/m	
× 60. 40.2	60	40	2	5	191	3,70	3,70	18,1	6,03	2,21	2,80	9,69	4,85	1,62	20,7	2,91	P
× 60. 40.3	60	40	3	8	187	5,33	5,18	24,7	8,23	2,15	3,91	13,10	6,56	1,57	29,2	4,18	P
× 60. 40.4	60	40	4	10	183	6,81	6,42	29,7	9,91	2,09	4,84	15,70	7,86	1,52	36,1	5,35	P
× 70. 40.2	70	40	2	5	211	4,10	4,67	26,4	7,55	2,54	3,18	11,10	5,57	1,65	25,8	3,22	C
× 70. 40.3	70	40	3	8	207	5,93	6,59	36,4	10,40	2,48	4,47	15,20	7,59	1,60	36,4	4,66	C
× 70. 40.4	70	40	4	10	203	7,61	8,23	44,3	12,60	2,41	5,56	18,30	9,16	1,55	45,3	5,97	C
× 70. 50.2	70	50	2	5	231	4,50	5,35	31,1	8,87	2,63	4,26	18,50	7,42	2,03	37,5	3,53	C
× 70. 50.3	70	50	3	8	227	6,53	7,59	43,1	12,30	2,57	6,03	25,60	10,30	1,98	53,6	5,13	C
× 70. 50.4	70	50	4	10	223	8,41	9,55	53,0	15,10	2,51	7,57	31,40	12,50	1,93	67,6	6,60	C
× 80. 40.3	80	40	3	8	227	6,53	8,15	51,0	12,80	2,79	5,02	17,20	8,62	1,62	43,8	5,13	P
× 80. 40.4	80	40	4	10	223	8,41	10,20	62,6	15,60	2,73	6,28	20,90	10,50	1,58	54,7	6,60	P
× 80. 40.5	80	40	5	13	219	10,14	12,00	71,6	17,90	2,66	7,33	23,70	11,90	1,53	63,6	7,96	C
× 80. 60.3	80	60	3	8	267	7,73	10,50	68,8	17,20	2,98	8,60	44,20	14,70	2,39	88,5	6,07	P
× 80. 60.4	80	60	4	10	263	10,00	13,30	85,7	21,40	2,93	10,90	54,90	18,30	2,34	113,0	7,86	P
× 80. 60.5	80	60	5	13	259	12,10	15,80	99,8	25,00	2,87	12,90	63,70	21,20	2,29	134,0	9,53	P
×100. 50.3	100	50	3	8	287	8,33	13,10	105,0	20,90	3,54	8,13	35,60	14,20	2,07	88,6	6,54	P
×100. 50.4	100	50	4	10	283	10,80	16,80	131,0	26,10	3,48	10,30	44,10	17,60	2,02	113,0	8,49	P

Figura 62: Perfil rectangular - europeo

Fuente:https://ingemecanica.com/tutoriales/prontuariodeperfiles.html

El perfil rectangular que se necesita debido a dimensiones es de 100x50x3mm con una sección igual a 13.10 cm3, este dato va a ser comparado con el módulo de sección calculado.

Sx = 13.10 cm3 > 2.69 cm3…… (si cumple)

Como resultado de esta comparación se puede afirmar que, si se puede usar el perfil rectangular de 100x50x3mm, como ya se comentó anteriormente por motivos de dimensionamiento se va a usar este perfil para el marco de la grada.

El peso del marco resulta ser igual a:

Peso total del marco :2*6.95kg/m*7.290m = 101.33 kg

Ya definido todos los elementos de la grada se puede obtener el peso total de este conjunto considerando lo siguiente:

- Peso total de uñas: 41.82 kg
- Peso total de rastrillos: 1.37kg/m * 33.6m = 46.03 kg
- Peso total de las paletas de sumergido: 9.58 kg* 9 unidades = 86.22 kg
- Pernos, arandelas, tuercas = 1.3 kg
- Peso total del marco = 101.33 kg

- Eje de soporte de rastrillos, este elemento va a servir para transmitir el movimiento transversal a la grada, se aprecia en la figura 63, en toda la grada se va a considerar 4 ejes de soporte distribuidos a 2035 mm de distancia entre cada uno.

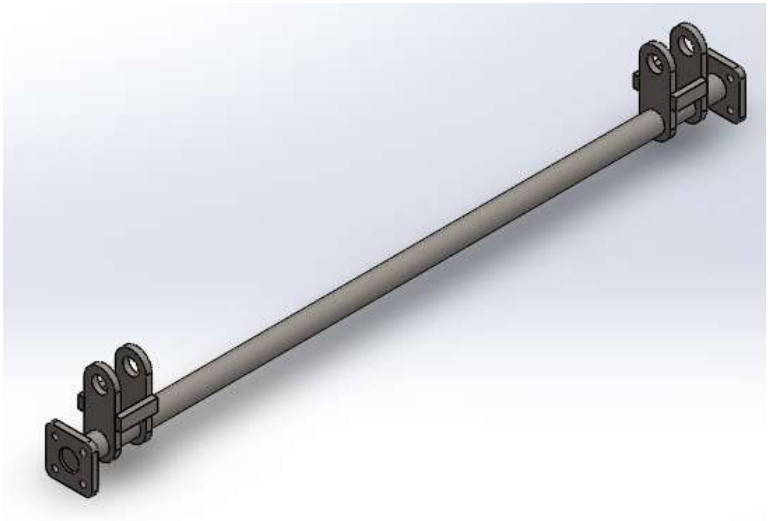


Figura 63: Eje de soporte de rastrillos

Fuente: Elaboración propia

Este eje va a soportar el peso de la grada en los extremos, y a su vez va a estar acoplado con el colgador, tomando en cuenta lo mencionado anteriormente

vamos a proceder con el cálculo de la fuerza que necesita el colgador para poder suspender la grada.

Considerando lo mencionado anteriormente se obtiene que la fuerza a la que está sometida el eje va a ser igual a:

Carga = 276.7kg / 8 puntos de apoyo = 34.59 kg/punto de apoyo

El diagrama de cuerpo libre se muestra en la figura 64, considerando una barra lisa de acero AISI 304 de diámetro 32mm, gracias al análisis todos estos datos obtenidos, se obtiene la fuerza que debe de soportar el colgador, estos resultados son obtenidos de la simulación hecha en SAP 2000v20.

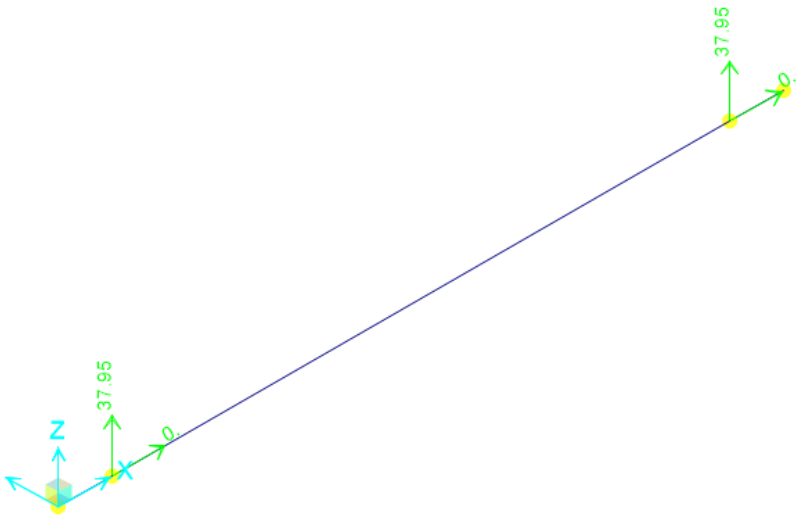


Figura 64: Diagrama de fuerzas resultantes de la aplicación de una fuerza de 34.59 kg

Fuente: Elaboración propia

En la figura se aprecia que el valor que resulta de la aplicación de una fuerza de 34.59 kg en los extremos de la barra es igual a 37.95 kg; a su vez también se presenta el resultado del análisis de la barra mediante el steel stress check en la figura 65.

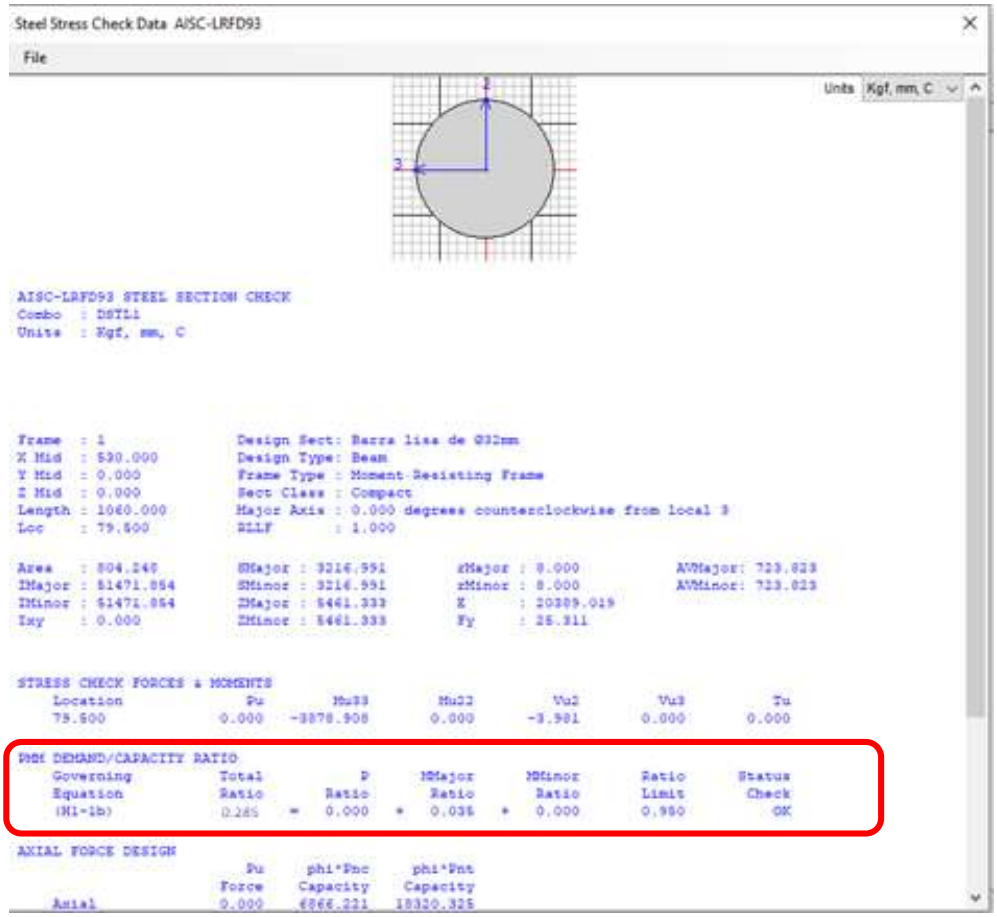


Figura 65: Strees steel check – barra lisa Ø=32mm

Fuente: Elaboración propia

De la figura se obtiene un ratio igual a 0.285, con lo cual se concluye que el elemento es adecuado para poder soportar el peso de la grada.

Considerando el eje de diámetro igual a 32mm juntos con sus elementos que se pueden apreciar más detalladamente en el plano LV02-02-0025, se obtiene un peso 8.87 kg.

- Colgador: este elemento como ya se menciono debe soporta una carga igual a 37.95 kg, se considera una barra lisa de diámetro de 3/4", este elemento va a poseer dos puntos de apoyo uno fijo y el otro móvil, como se muestra en la figura 66.

En la figura se logra apreciar que el elemento es roscado en un extremo, esta rosca sirve para regular el nivel a la cual se desea la grada.

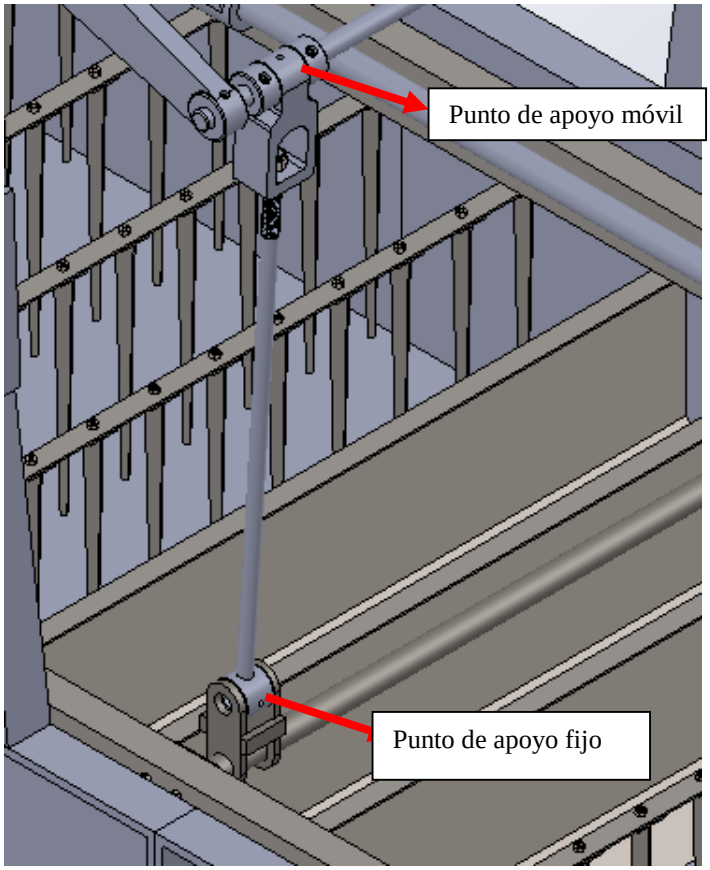


Figura 66: Puntos de apoyo de colgador

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de este elemento se va a tener en cuenta que el elemento va a trabajar a tracción; el material de este elemento puede ser de un acero SAE-1045 con un recubrimiento de pintura epoxica para evitar la corrosión; en la figura 67 se presenta el diagrama de fuerzas actuantes en el elemento.

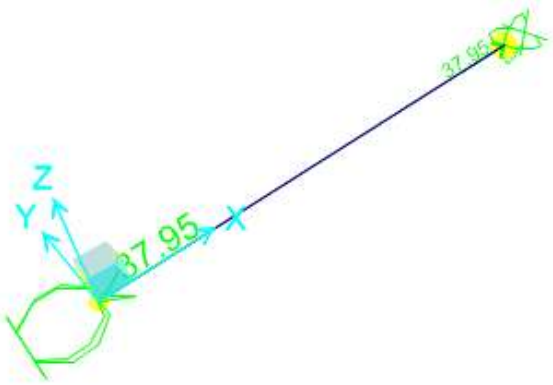


Figura 67: Diagrama de fuerzas actuantes en el colgador

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la simulación se logra obtener un ratio de 0.632, como se muestra en la figura 68.

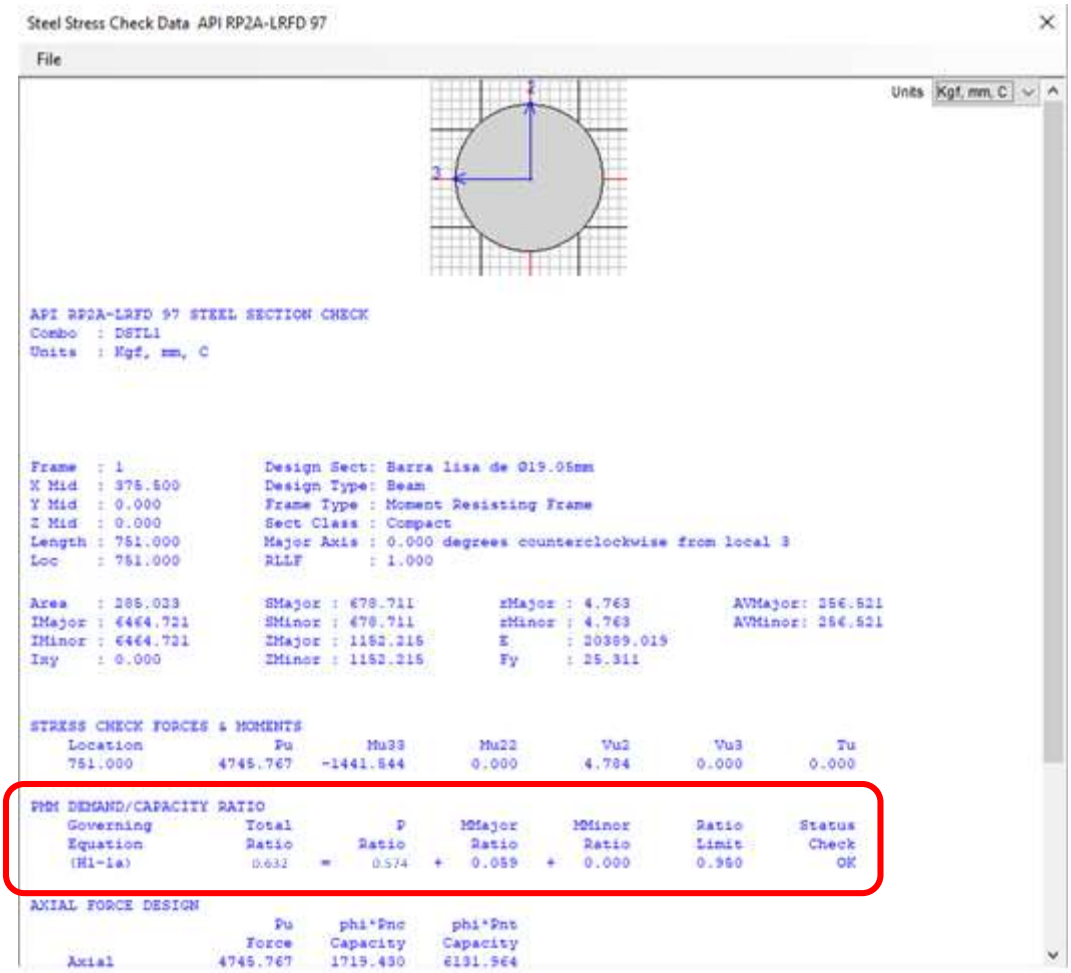


Figura 68: Strees steel check – barra lisa Ø=3/4”

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la figura 55 se concluye que el perfil propuesto cumple con lo requerido, por lo tanto, se considera una barra lisa de diámetro 3/4”, con longitud 750mm de material acero SAE-1045.

- Eje del colgador: este elemento va a permitir transportar el movimiento realizado por el brazo hacia el colgador, se muestra en la figura 69.

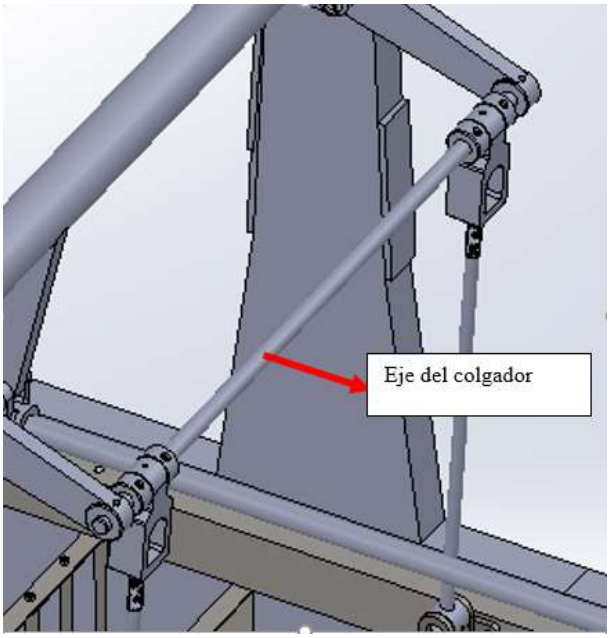


Figura 69: Eje del colgador

Fuente: Elaboración propia

Este elemento va a estar sometido a un esfuerzo cortante torsional generado por el colgador, la conexión del eje con el brazo se va a considerar una unión fija, este detalle se puede apreciar en el plano LV02-02-0040.

El eje del colgador va a ser de diámetro de 25 mm, con longitud de 1137mm con material de acero SAE-1045, se va a considerar dos momentos producidos por el peso de la grada y el peso del colgador dando un valor de 0,31 kN/m, con estas consideraciones se procede al análisis del elemento mediante elementos finitos, en la figura 70 se muestra el diagrama de fuerzas actuantes en el eje.

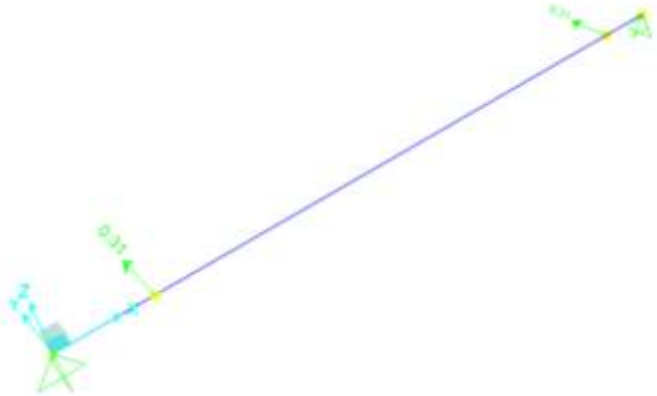


Figura 70: Diagrama de fuerzas actuantes en el eje del colgador

Fuente: Elaboración propia

Analizando el elemento mediante el stress steel check obtenemos que el ratio del elemento es de 0.67, basándonos en este dato se puede concluir que el elementos va a trabajar adecuadamente con las cargas asignadas, en la figura 71 se muestran los resultados obtenidos.

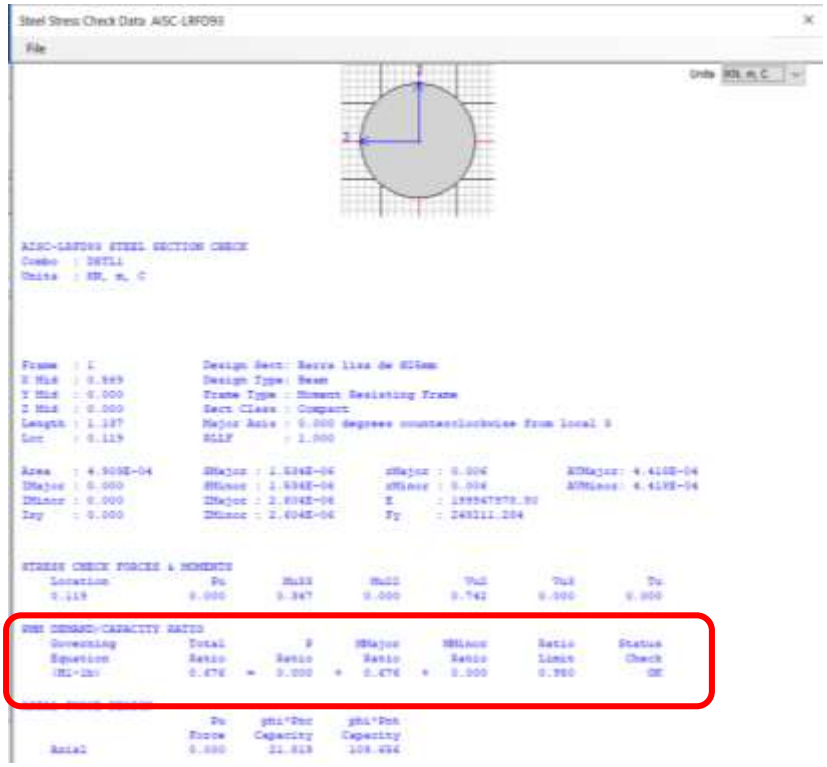


Figura 71: Strees steel check – barra lisa Ø=25mm

Fuente: Elaboración propia

- Brazo y contrapeso: estos dos elementos se van a diseñar juntos ya que el brazo trabaja conjuntamente con el contrapeso para poder obtener un equilibrio y mantener a la grada en estado de reposo, la medida de estos elemento se encuentra en los planos LV02-02-0035 y LV02-02-36 respectivamente, considerando estas medidas se va a analizar las cargas actuantes en el brazo:

  - La carga ejercida por el eje de brazo es de 53.59 kg en cada punto de apoyo, este dato es obtenido de la simulación hecha a este eje.

    Conociendo esta carga se va a realizar el cálculo del contrapeso que debe poseer el mecanismo, para ello se presenta el diagrama de cuerpo libre en la figura 72.

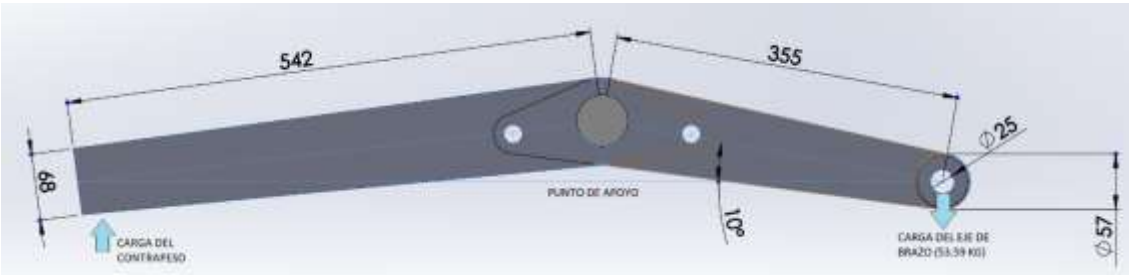


Figura 72: Diagrama de cuerpo libre - brazo

Fuente: Elaboración propia

Del diagrama presentado se obtiene el peso del contrapeso dando un valor de 35 kg, conociendo las cargas a las que va a estar sometida el brazo vamos a conocer el comportamiento del mismo a través de elementos finitos, considerando que el material de este elemento es hierro fundido, en la figura 73 se presentan los resultados obtenidos.

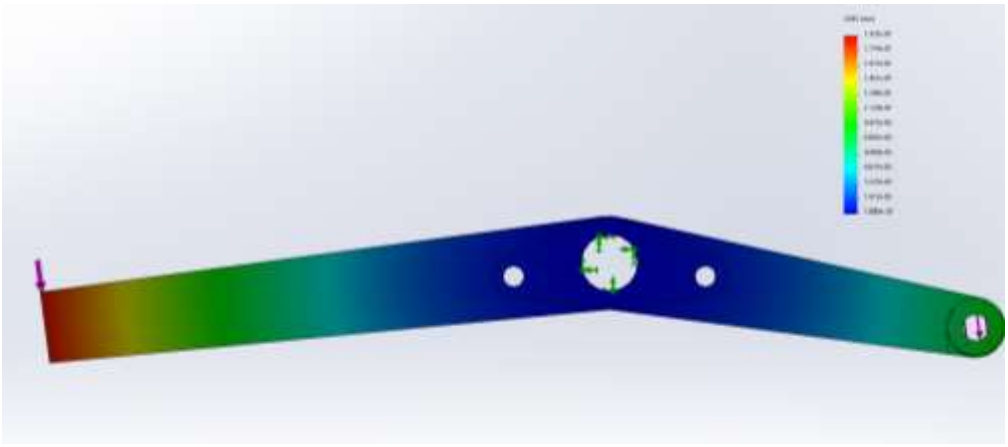


Figura 73: Deformación del brazo

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura el desplazamiento máximo se realiza en la zona del contrapeso dando un valor de 0.19 mm, en base a este valor se puede afirmar que el elemento es adecuado para el trabajo a realizar.

- Brazo móvil de leva y brazo de leva: este brazo va a poseer una oreja que se va a acoplar con el impulsor de brazo de leva, este elemento se aprecia en la figura 74.

  Con el cálculo del contrapeso se logra un equilibrio en el mecanismo, lo que se requiere es que el sistema logre el movimiento presentado en la figura 33, para ello se diseña el brazo de leva, este elemento va a permitir guiar la trayectoria de la grada gracias a la forma de la leva; el desequilibrio del mecanismo se va a lograr gracias a un rodillo de leva, que se aprecia en la figura 46, el material que se considera para este elemento es de hierro fundido, las dimensiones de este elemento se aprecian en el plano LV02-02-0072, en base a este elemento se obtiene un peso de 16.308 kg, lo suficiente para lograr el desequilibrio del mecanismo.

  En la figura 74 se presenta la deformación del brazo al aplicar esta fuerza adicional.

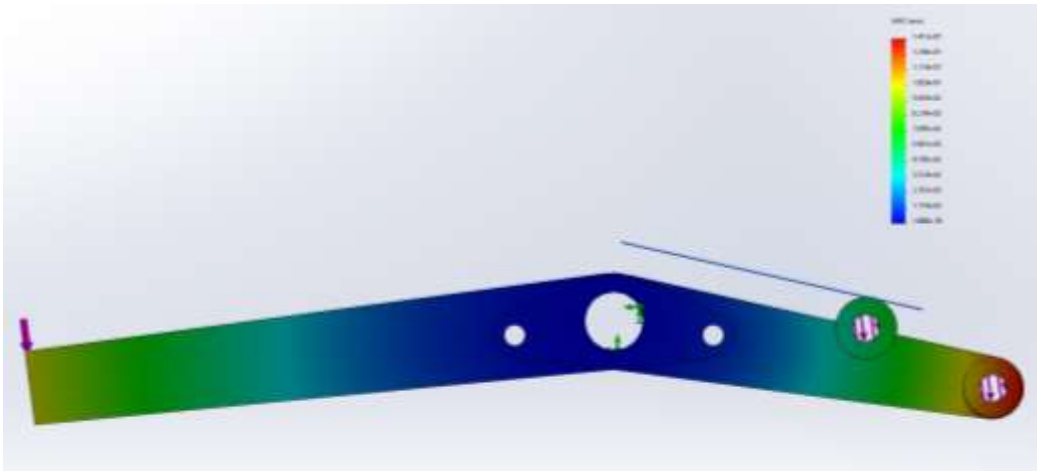


Figura 74: Deformación del brazo móvil de leva

Fuente: Elaboración propia

De la figura se obtiene que la deformación es de 0.14mm, basándonos en este dato se llega a la conclusión que este elemento no va a presentar fallas.

- Eje de brazo: Este elemento va a soportar todo el peso del brazo móvil, todo este conjunto posee un peso total de 75,6 kg, se considera que este peso va a estar distribuido en todo el perfil del eje, en los extremos se va a considerar fijo gracias al soporte de las columnas mientras que el movimiento va a ser transportado mediante bujes instalados en la superficie interior del brazo, en estos puntos se va a considerar un momento producido por el conjunto del brazo móvil con un valor de 186 N aproximadamente.

  En la figura 75 se muestra la deformación que se produce como resultado de la aplicación de cargas al eje considerando las siguientes especificaciones:

  - Diámetro 44mm
  - Acero SAE 1045.

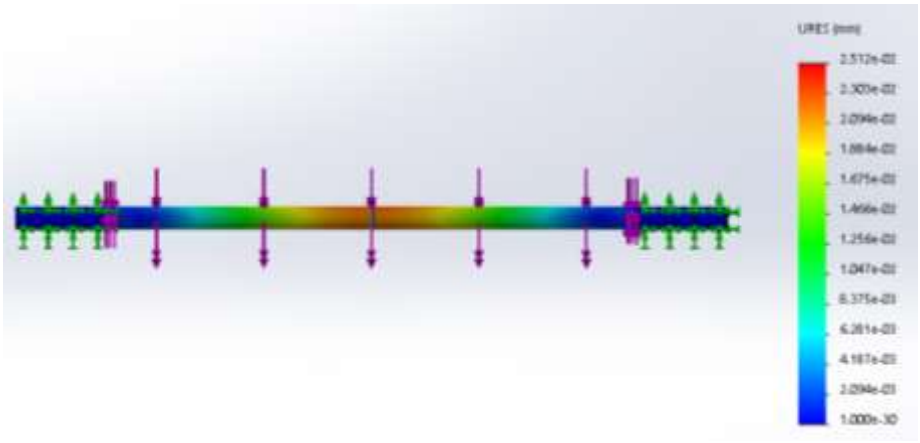


Figura 75: Deformación del eje de brazo

Fuente: Elaboración propia

La deformación que resulta gracias al análisis de elementos finitos resulta ser de 0.025 mm, basándonos en ello se afirma que este eje es adecuado.

- Tubo de movimiento: para este elemento solo vamos a analizar la flexión de la tubería y con ello garantizar el correcto funcionamiento de este elemento; para ello se va a considerar una tubería de Ø1” SCH40, con una longitud igual a 5840mm, con esta longitud se logra acoplar todos los brazos móviles, con la finalidad de que se logre transmitir de manera uniforme el movimiento generado por el eje de trasmisión a todos los brazos.

  En la figura 76 se presenta el análisis de flexión de esta tubería considerando 4 puntos de apoyo.

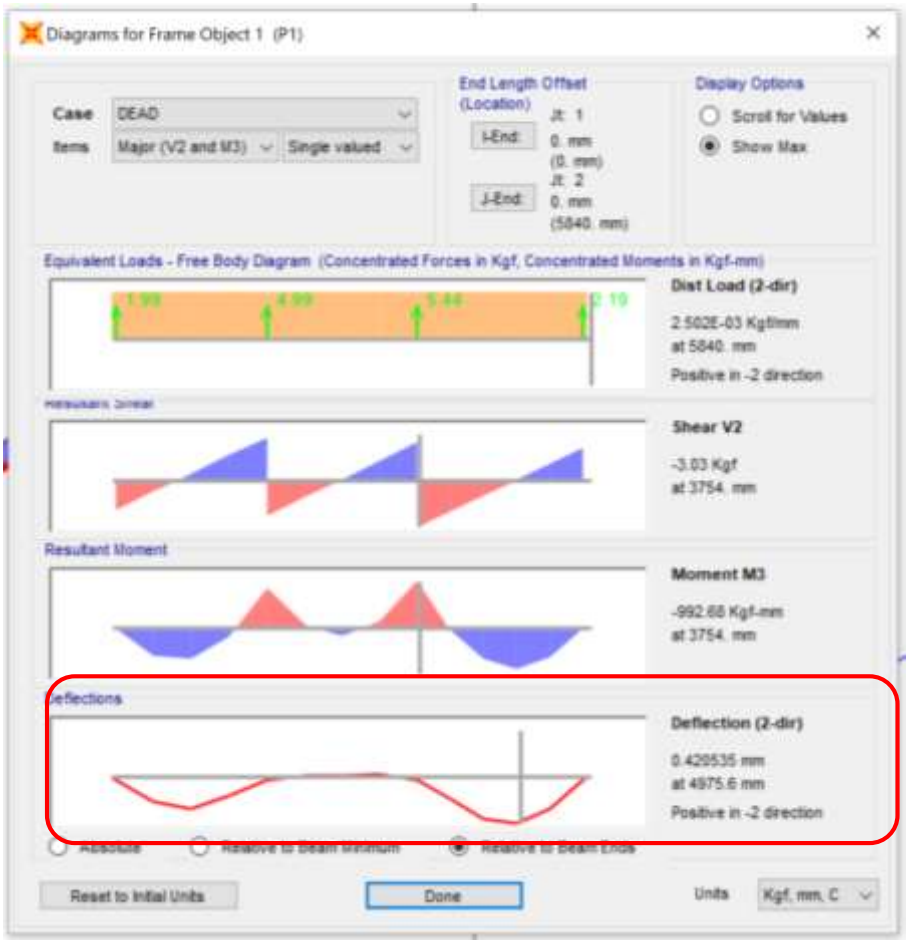


Figura 76: Diagramas del perfil PIPE1” SCH40

Fuente: Elaboración propia

De la figura se obtiene la deflexión máxima obtenida dando un valor de 0.42 mm, basándonos en este dato afirmamos que el perfil que se considero es el adecuado.

- Leva: este elemento va a definir la trayectoria de la grada entre los puntos 1 y 3 de la figura 34, para ello se va a tomar en cuenta una distancia máxima de 255mm, considerando un espaciamiento de 15mm a 20mm desde la base de la tina hasta la superficie inferior de la uña.

  Con la ayuda de las formulas proporcionadas en el capítulo 3, y tomando en cuenta que la leva va a realizar un movimiento cicloidal; para conocer la forma

que debe poseer nuestra leva se va a considerar cuatro segmentos, como se aprecia en la figura 77.

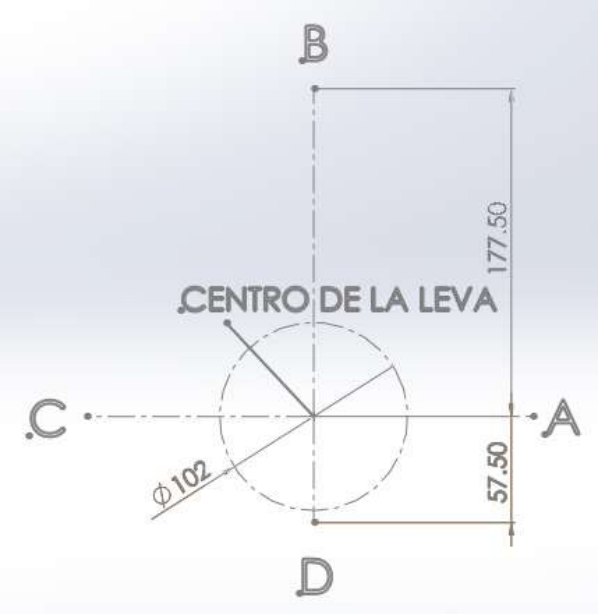


Figura 77: Consideraciones para el diseño de la leva

Fuente: Elaboración propia

De la figura se extrae el desplazamiento máximo que va a poseer la leva, este valor está determinado por el extremo más largo hasta el centro de la leva, dando un valor de 177.5mm, considerando esta distancia nos va a resultar que el desplazamiento desde el punto 1 hasta punto 3 va a ser igual a 235 mm, comparando este desplazamiento con el valor máximo que debe poseer resulta que el desplazamiento considero es el adecuado.

Ya descritos los parámetros se procederá a analizar la leva por segmentos, tal como se muestra en la tabla 7.

Segmentos	Movimiento a realizar	Angulo de recorrido	Longitud máxima (m)
Segmento AB	Movimiento cicloidal de subida	0° - 90°	0.1775
Segmento BC	Movimiento cicloidal de subida	90° - 180°	0.1775
Segmento CD	Movimiento cicloidal de retorno	180° - 270°	0.0575
Segmento DE	Movimiento cicloidal de retorno	270° - 360°	0.0575

Tabla 7: Parámetros en cada segmento de la leva

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en las ecuaciones mencionadas en el apartado 3.5. según corresponda, se va a lograr obtener una base de datos del perfil de la leva para cada segmento de la leva, esta base de datos se traslada hacia una hoja de Excel en donde se va a lograr conocer la forma de la leva, la gráfica de desplazamiento a cada ángulo de la leva; cual se logra apreciar en la figura 78 y 79 respectivamente.

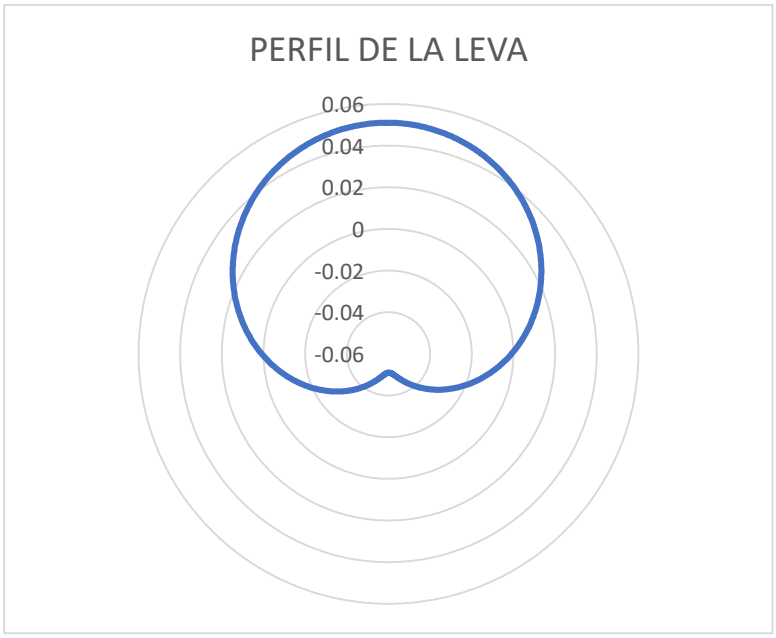


Figura 78: Forma aproximada de la leva

Fuente: Elaboración propia

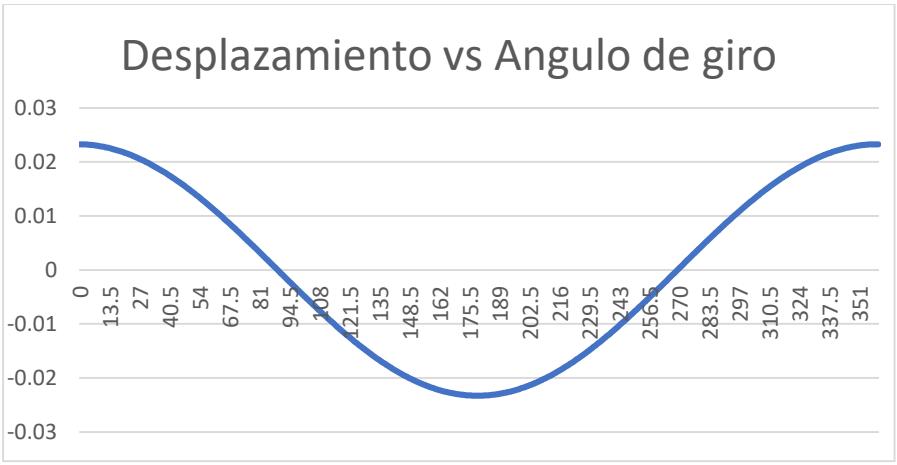


Figura 79: Diagrama de desplazamiento vs ángulo de giro de la leva

Fuente: Elaboración propia

Ya sabiendo la forma que debe poseer nuestra leva procedemos con el dimensionamiento de este elemento el cual se presenta en el plano LV02-02-0081, en la figura 80 se aprecia la leva ya diseñada.

Figura 80: Leva

Fuente: Elaboración propia

El elemento en cuestión va a ser fabricado de hierro fundido y considerando las medidas presentadas en el plano anteriormente señalado, se va a obtener un peso de 12.46 kg; en el apartado 5.2 se analizará a detalle los desplazamientos que se generan en diversos ángulos de giro de la leva.

En la figura 81 se muestra la deformación máxima que posee el elemento al someterlo al peso del rodillo de leva, obteniendo un valor de 0.4064mm como valor máximo.

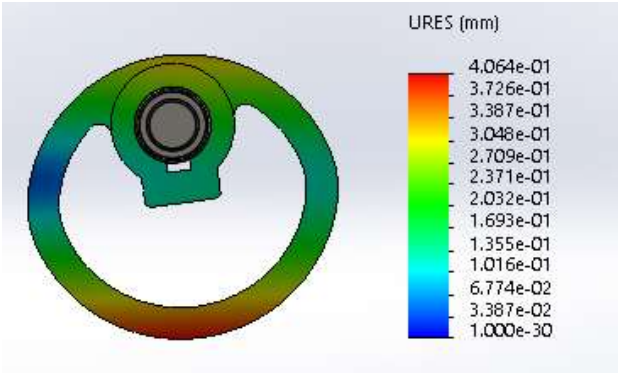


Figura 81: Deformación de la leva

Fuente: Elaboración propia

- Disco excéntrico: este elemento va a generar el desplazamiento longitudinal, en el plano LV02-02-0080 se aprecian las medidas de este elemento, basándonos en estas dimensiones y que el material con el cual se va a fabricar este elemento

va a ser de hierro fundido, obtenido un peso de 10 kg, el desplazamiento total generado por la pista del disco excéntrico es de 470mm, como se comentó en el apartado H del subcapítulo 4.3, el desplazamiento que se genera debido a la pista del elemento se va a convertir en un movimiento elíptico gracias al eje de palanca, generando un movimiento longitudinal y transversal, esto se desarrollara más a detalle en el apartado 5.2.

- Jalador de retorno: este elemento va a permitir unir la grada con el disco excéntrico, y con ello permitir transportar el movimiento realizado por el eje de transmisión a la grada.

  Este elemento se puede visualizar en la figura 43, en la figura se aprecia la abrazadera superior e inferior, estas abrazaderas va a estar siempre en contacto con el disco excéntrico, las abrazaderas van a estar conectadas a la grada mediante un eje el cual va a presentar un extremo roscado, en este extremo se va a acoplar el jalador, la rosca va a permitir regular la posición del jalador.

  Tomando en cuenta lo mencionado se va a mencionar el material y el peso de los elementos que componen el jalador de retorno, los cuales se pueden apreciar en la tabla 8:

Nombre de pieza	Material	Peso
Jalador	Hierro fundido	2.954 kg
Eje de transmisión	Acero SAE 1045	11.832 kg
Abrazadera superior	Hierro fundido	5.081 kg
Abrazadera inferior	Hierro fundido	3.183 kg
	Total	**23.05 kg**

Tabla 8: Materiales y pesos considerados para el jalador de retorno

Fuente: Elaboración propia

- Eje de palanca: este elemento se aprecia en la figura 44, se va a considerar de diámetro de 44mm, el material de fabricación es de acero SAE 1045, con un peso de 14.47 kg; estas consideraciones serán verificadas más adelante.

- Eje fijo de acople: este conjunto de elementos está compuesto por dos chumaceras y un eje con topes, se va a considerar un diámetro de 38mm para el eje, el material con que se va a fabricar es de acero SAE 1045; este conjunto de elementos resulta con un peso de 28.7kg.

  El diseño de los elementos que se van a mencionar a continuación van a depender del análisis cinemático ya que se va a tener que analizar la velocidad de trabajo de la grada para poder obtener la fuerza de arrastre que se produce; los diseños de estos elementos se van a trabajar en el apartado 5.3 de la presente tesis; para realizar el análisis cinemático del mecanismo se tomarán en cuenta algunas consideraciones.
- Engranaje de cadena: este elemento va transmitir el movimiento generado por el motor hacia el eje de transmisión superior mostrado en la figura 47, lo que se busca con este elemento es generar un momento para poder mover a todo el mecanismo, el material de fabricación es de un acero SAE 1045, obteniendo un peso de 14 kg.
- Eje de transmisión superior: este elemento se puede apreciar en la figura 47, su diseño va a depender del análisis cinemático que se realice, conociendo la velocidad de trabajo vamos a poder dimensionar de manera correcta este eje.

5.2 Análisis cinemático del mecanismo propuesto

Para el análisis cinemático del mecanismo se va a tomar en cuenta la velocidad de trabajo del diseño del mecanismo propuestos por la empresa H.J. Lüth cc, la cual nos indica que el mecanismo que ellos proponen trabaja a 5 rev/min.

En la figura 82 se presenta el diagrama del sistema de transmisión del mecanismo.

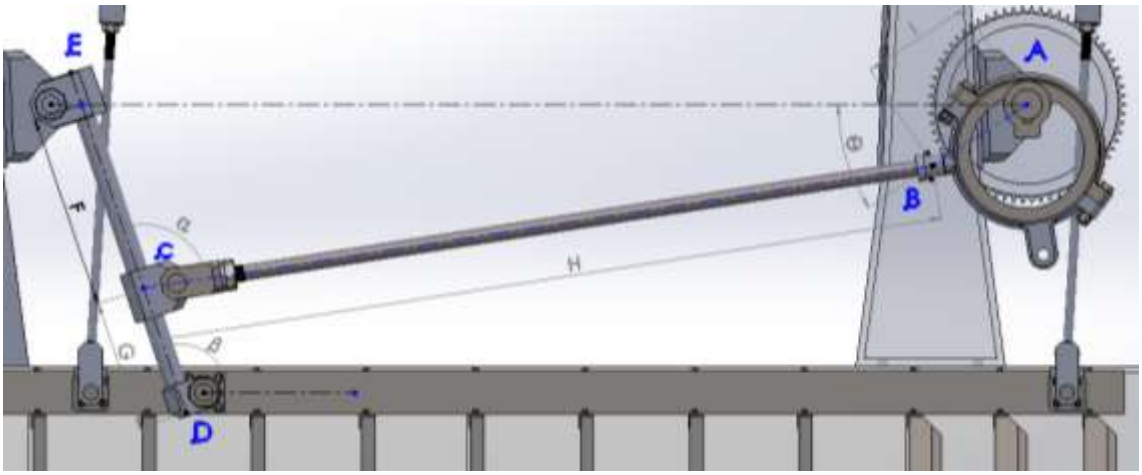


Figura 82: Diagrama del mecanismo de transmisión

Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra el mecanismo que se va a utilizar para transmitir el movimiento desde los puntos 2 al 4 de la figura 34.

Para conocer el desplazamiento lateral que va a poseer la grada nos vamos a apoyar del programa Solidworks, para el análisis se va a considerar un intervalo de 25 segundos, así como también se va a tomar en cuenta la velocidad de trabajo señalado al inicio del presente apartado, de la simulación se logra obtener la siguiente gráfica:

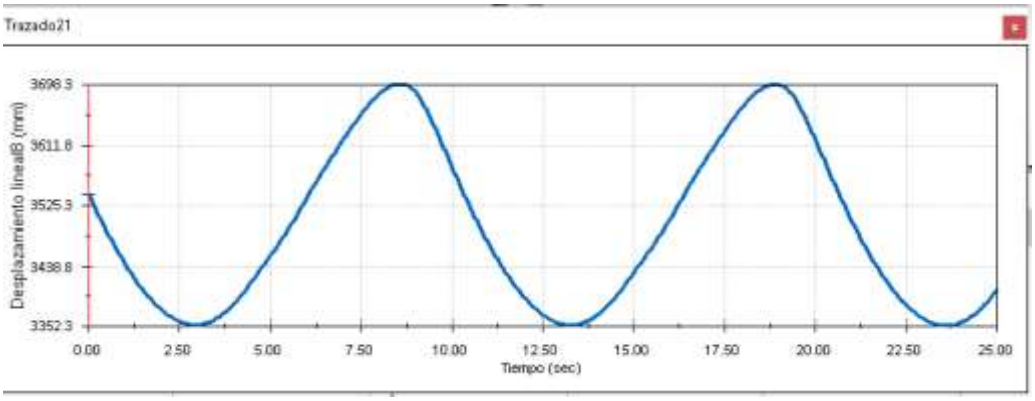


Figura 83: Desplazamiento de la grada vs tiempo

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se logra interpretar dos valores un valor máximo igual a 3698.3mm y un valor mínimo de 3352.3mm, la diferencia de ambos resulta ser el desplazamiento desde los puntos 2 al 4, obteniendo un valor de 346mm.

Con este valor y ya habiéndose definido el desplazamiento de la leva se puede conocer la trayectoria que posee la grada, para ello nos vamos a apoyar del software Solidworks y con ello simular el desplazamiento a diversos ángulos de trabajo hasta completar la revolución.

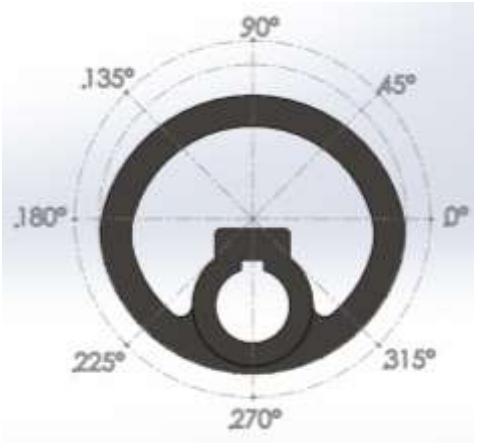


Figura 84: Posiciones de la leva

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se va a mostrar el desplazamiento de la grada basándonos en un punto de partida, este punto se muestra en la figura 85.

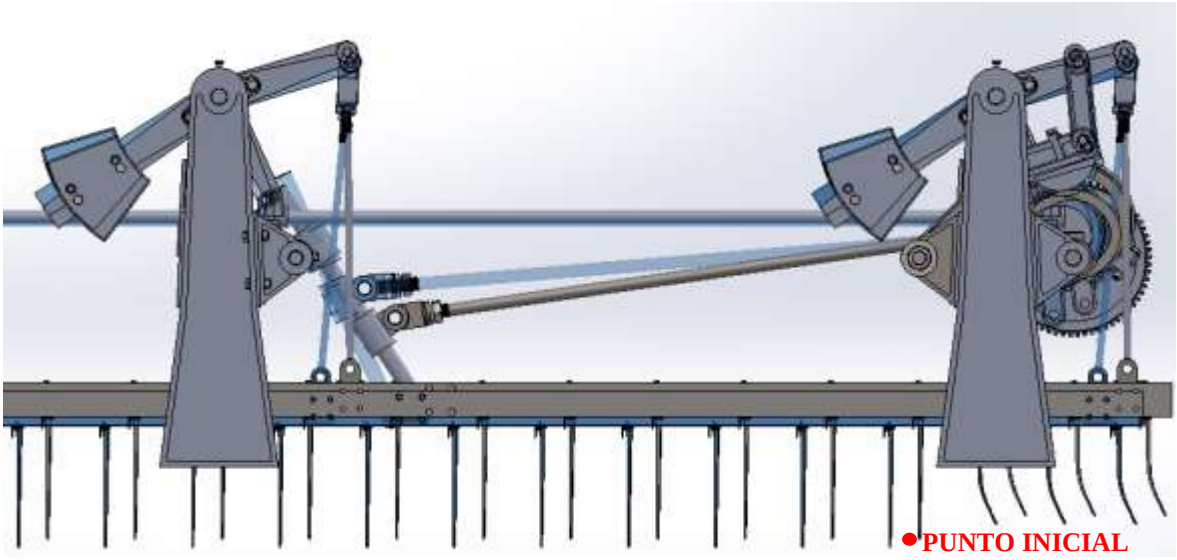


Figura 85: Posición de 0° a 45°

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se presenta el desplazamiento con respecto a los ejes X y Y partiendo desde el punto inicial hasta completar el giro de la leva con respecto.

Giro de la leva		Desplazamiento	
Desde	Hasta	Eje X (mm)	Eje Y (mm)
0°	45°	77.17	22.03
45°	90°	132	35.2
90°	135°	69.69	114.06
135°	180°	95.68	25.73
180°	225°	123.74	46.77
225°	270°	102.53	96.73
270°	315°	49.01	62.79
315°	360°	133.47	20.74

Tabla 9: Desplazamiento de la grada

Fuente: Elaboración propia

Graficando estos puntos y suavizando los contornos se logra obtener el siguiente desplazamiento.

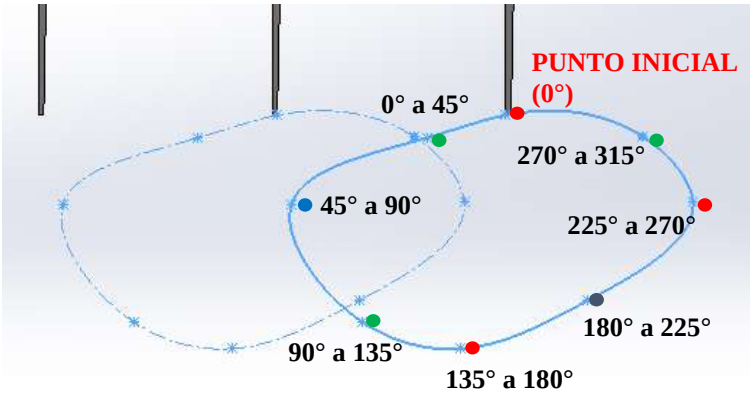


Figura 86: Desplazamiento en diversos ángulos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 86 se muestra las medidas del desplazamiento junto con la zona de empalme.

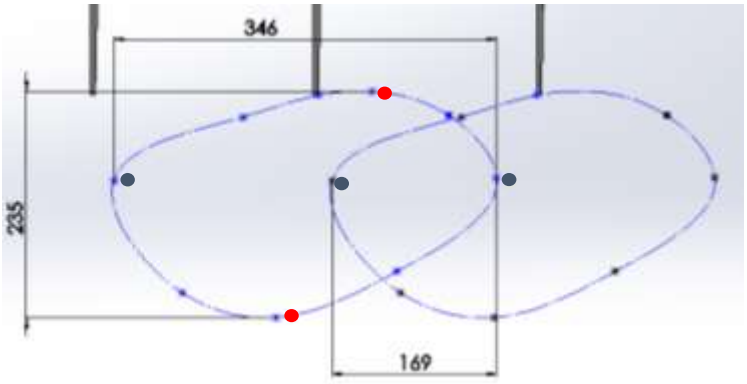


Figura 87: Cotas del desplazamiento de la grada

Fuente: Elaboración propia

De la figura 87 se puede concluir que se logró alargar de manera satisfactoria el desplazamiento longitudinal de la grada con respecto al desplazamiento axial de la misma tomando como referencia el eje del marco de la grada, así como también se logra apreciar que el mecanismo propuesto posee una zona de empalme de 169mm que permitan el correcto desplazamiento de la fibra.

A continuación, se va a analizar el mecanismo en el punto donde se realiza el transporte para conocer su comportamiento, en la tabla 10 se presentan los valores de las variables que se aprecian en la figura 82.

Posición de la grada en el punto más bajo	
Variable	Valor
I - (AB)	188.57 mm
H - (BC)	1640.47 mm
G - (CD)	282.91 mm
F - (CE)	413.18 mm
α	102.59°
Θ	7.30°
β	109.95°

Tabla 10: Valores de las variables del mecanismo

Fuente: Elaboración propia

En el punto A se presentan los valores mostrados en la figura 88, la barra que se encuentra entre los puntos B y C, posee un volumen de $1.95\text{x}10^{-3}\ m^3$ y un peso de 8.605 kg.

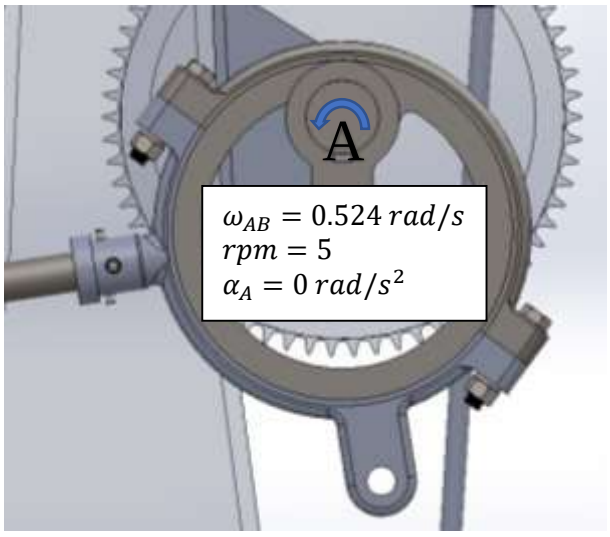


Figura 88: Valores en el punto A

Fuente: Elaboración propia

Con los datos presentados se va a proceder con el cálculo de las velocidades para ello se va a hacer uso de la siguiente formula:

$$v_B = v_A + v_{A/B}$$

En la tabla 11 se presentan los valores obtenidos en los puntos de análisis.

$v_B = v_A + v_{A/B}$	
Punto	Velocidad (m/s)
A	0.136
B	0.234
C	1.073

Tabla 11: Velocidades en puntos de análisis

Fuente: Elaboración propia

Para conocer la velocidad a la cual va a trabajar la grada vamos a calcular la fuerza que se obtiene en el punto D, para ello se va a presentar el siguiente diagrama, figura 89.

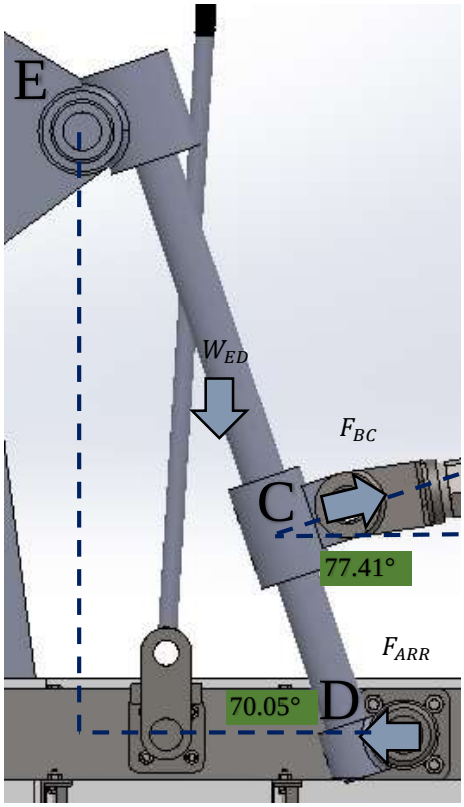


Figura 89: Diagrama de fuerzas del eje de palanca

Fuente: Elaboración propia

Se va a analizar la sumatoria de momentos en el punto E, tomando en cuenta que:

$$\bar{a} = \frac{L}{2} * \alpha$$

$$I = \frac{1}{12} * (m * L^2)$$

$$\sum M_E = (\sum M_E)_{eff}$$

$$-m * g\left(\frac{L}{2}\right) * sen(180 - 70.05) + F_{BC} * 0.41318 - F_{ARR} * 0.69609 = \frac{1}{12} * m * L^2 * \alpha + m * \bar{a} * \frac{L}{2}$$

$$-28.566 + F_{BC} * 0.41318 - F_{ARR} * 0.69609 = 3.4695 * \alpha \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\sum F_X = (\sum F_X)_{eff}$$

$$F_{BC} * \cos(77.41) - F_{ARR} = m * \bar{a} * \cos(70.05)$$

$$F_{ARR} = 0.65 * \alpha + 17.82 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\sum F_y = (\sum F_y)_{eff}$$

$$F_{BC} * \text{sen}(77.41) - m * g = m * \bar{a} * \text{sen}(70.05)$$

$$F_{BC} = 2.9836 * \alpha + 86.496 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene:

$F_{BC} = 75.15\ N$

$F_{ARR} = 15.35\ N$

$\alpha = -3.802\ rad/s^2$

Una vez conocida la fuerza de arrastre, se va analizar el volumen desplazado gracias a la siguiente expresión:

$$F_{ARR} = \rho_{liq} * V_{liq.\ desplazado} * a_D$$

Donde:

F_{ARR} : Fuerza ejercida por el mecanismo o fuerza de arrastre (N)

ρ_{liq} : Densidad de la solución acuosa (1310 kg/m3); este dato se obtiene como referencia de la bibliografía [14]

$V_{liq.\ desplazado}$: Volumen de líquido desplazado (m3)

a_D : Aceleración en el punto D.

Para calcular la aceleración en el punto D se procede con las siguientes operaciones:

$$\omega_{CD} * CD * \cos(180 - \beta) = v_C \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$\omega_{CD}{}^2 * CD * \cos(180 - \beta) = a_D \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

De la expresión (4) se logra obtener que $\omega_{CD} = 2.24\ rad/s$, este valor se reemplaza en la expresión (5) para obtener $a_D = 0.4854\ m/s^2$.

Ya conociendo la aceleración en el punto D se puede obtener el volumen de agua desplazado, obteniendo un valor de $2.414\ x\ 10^{-2}$ m^3; este volumen es lo que se logra desplazar en una sola revolución de la grada, dentro de los desplazado se encuentra un porcentaje de agua y de lana.

Basándonos en datos promedios proporcionados por el área de calidad nos indica que el promedio de llenado de la tina es del 70% de solución acuosa y el 30% de lana de alpaca, tomando esto en cuenta se va conocer el volumen de alpaca desplazado en una hora, para ello se va a realizar las siguientes operaciones:

$$V_{lana.\ desplazado} * 0.3 = 0.007242\ m^3/rev$$

Para conocer la producción que nos va a brindar en una hora se va a tomar en cuenta que el área de operaciones entrega un fardo de lana con un peso aproximado de 405 kg, este posee las siguientes dimensiones: 1.15m x 0.9m x 1.3 m, un dato adicional es que todos los fardos son pesados antes de ser lavado.

De lo mencionado anteriormente se logra obtener la densidad de la lana obteniendo un valor de 301 kg/m3, conociendo este valor se va a proceder con la siguiente operación:

$$\text{Produccion por hora} = 0.007242\,\frac{\text{m}^3}{rev} * \frac{5rev}{min} * \frac{60min}{hora} * \frac{301kg}{\text{m}^3} = 653\ kg/h$$

Ya habiendo definido la velocidad de trabajo del mecanismo, se puede pasar a analizar el comportamiento de la grada secundaria para poder diseñar el engranaje de cadena, para ello se va a plantear que la grada secundaria posea el triple de revoluciones que el engranaje de cadena, esto con la finalidad de asegurar el traslado de la fibra lavada a la siguiente etapa.

Se va a tomar en cuenta la transmisión ya existente desde el motor-reductor hasta la grada secundaria, tal como se muestra en la figura 90.

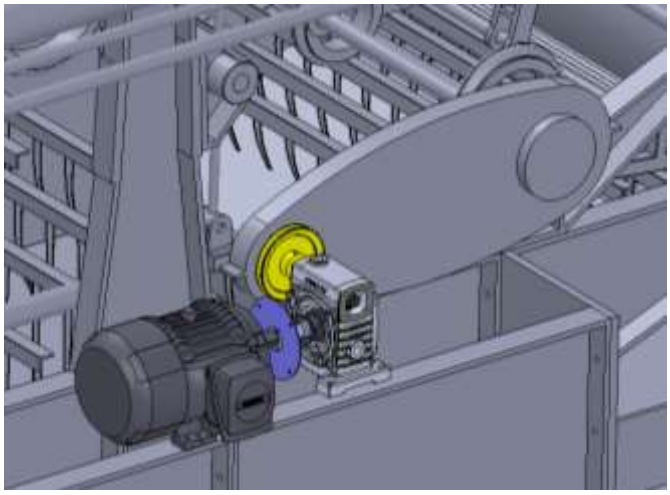


Figura 90: Transmisión de motor-reductor a rastrillera secundaria

Fuente: Elaboración propia

Esta transmisión está compuesta por un motor-reductor, una cadena, un piñón y una catalina; el motor-reductor posee las siguientes características:

- RPM del motor (n_1) : 1380 rpm
- HP : 3.5
- R.I. : 40/1

- RPM de salida : 34.5 rpm

El piñón posee las características mostradas en la tabla 12.

Numero de dientes (Z_1)	20
Paso 3/4	19.05 mm
Diámetro exterior	131.3 mm
Diámetro primitivo	121.4 mm
Diámetro interior	109.4 mm

Tabla 12: Características del piñón

Fuente: Elaboración propia

La catalina posee las características mostradas en la tabla 13.

Numero de dientes (Z_2)	36
Paso 3/4	19.05 mm
Diámetro exterior	229.1 mm
Diámetro primitivo	218.5 mm
Diámetro interior	206.5 mm

Tabla 13: Características del piñón

Fuente: Elaboración propia

Ya habiendo descrito los componentes que componen la transmisión existente se va a calcular la velocidad de la rastrilla secundaria:

$$Z_1 * n_1 = Z_2 * n_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Reemplazando los valores anteriormente presentados en la expresión (6), se obtiene que $n_2 = 19.167$ rpm, este valor supera a las 15 rpm propuestas, por lo tanto se considera correcto ya que a mayor velocidad mayor grado de seguridad en el transporte de la lana.

Continuando con el diseño del engranaje de cadena se va diseñar un sistema parecido al mostrado anteriormente para ello se va a tomar en cuenta tanto la velocidad de la grada secundaria, $n_2 = 19.167$ rpm, así como también la velocidad de trabajo del mecanismo propuesto, 5 rpm.

Para ello se va a suponer que el engranaje de cadena posea un numero de dientes igual a 66, tomando esta suposición como punto de partida se procede a desarrollar el cálculo mediante la expresión (7).

$$Z_3 * n_3 = Z_4 * n_4 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Donde el $n_3 = n_2 = 19.167$ rpm; el $Z_4 = 66$ y el $n_4 = 5$ rpm

Reemplazando estos valores logramos obtener que $Z_3 = 17.22$, debido a que no existe un piñón con esta cantidad de dientes se va a considerar 18 y con este valor se va a proceder a recalcular para conocer la velocidad de trabajo del mecanismo.

Se reemplaza el $Z_3 = 18$, obteniendo un valor de n_4 =5.23 rpm, este valor es muy próximo a la velocidad de trabajo deseada, por lo tanto se considera las siguientes características para el engranaje de cadena (tabla 14) y el piñón 3 (tabla 15).

Numero de dientes (Z_2)	66
Paso 3/4	19.05 mm
Diámetro exterior	411.3 mm
Diámetro primitivo	400.3 mm
Diámetro interior	388.2 mm

Tabla 14: Características del engranaje de cadena

Fuente: Elaboración propia

Numero de dientes (Z_3)	18
Paso 3/4	19.05 mm
Diámetro exterior	119.3 mm
Diámetro primitivo	109.4 mm
Diámetro interior	97.4 mm

Tabla 15: Características del piñón 3

Fuente: Elaboración propia

Ya conociendo las características del engranaje de cadena y la velocidad de trabajo procedemos a diseñar el eje de transmisión, para ello vamos a conocer las propiedades del material con el cual se va a fabricar el eje.

Material de fabricación: Acero SAE 1045

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE SIN ENDURECIMIENTO
Diámetro de la barra: 12 a 38 mm

Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza brinell (3000 kg.)	190	190	180

Figura 91: Propiedades del Acero SAE 1045

Fuente: Elaboración propia

De la figura 91 se extrae los siguientes datos:

- Resistencia a la tracción (Se´) = 655 MPa = 6679.14 kgf/cm^2
- Punto de fluencia (Sy) = 413 MPa = 4211.43 kgf/cm^2

Para poder aplicar la expresión presentada en el apartado 3.6, necesitamos conocer el valor de las siguientes variables:

- Resistencia a la fatiga (Sn), para calcular esta variable se tiene que tomar en cuenta las expresiones presentadas en el apartado 3.6 donde obtenemos lo siguiente:

  $Se = ka * kb * kc * kd * ld * ke * ¨kf * S´e$

  Donde:

  $ka = 0.909$; acabado superficial esmerilado

  $kb = 1$; sometida a carga axial

  $kc = 1$

  $kd = 1.008$; temperatura de 50°C

  $ke = 1.0$; confiabilidad de 50%

  $Se = 6119.91\ kgf/cm^2$

- Torque en el eje de transmisión superior (T), para ello vamos a utilizar la siguiente expresión:

  $Kw = \frac{T*N}{974}$…….(8)

  Como se mencionó en la tabla 7 el motor presenta una potencia de 3.5 HP o 2.61 kW, con una velocidad de 1380 rpm, reemplazando estos datos en la expresión anteriormente presentada se obtiene un valor de 1.842 kgf.m.

  Con este valor vamos a conocer el torque que se produce a la salida del reductor para ello vamos a hacer uso de la siguiente expresión.

  $Power(kW) = Torque\ (N.m) * 2 * \pi * \frac{n(rpm)}{60000}$……(8)

  Igualando la potencia producida entre el motor y el reductor, se logra obtener la siguiente expresión:

  $T_{motor} * n_{motor} = T_{reductor} * n_{reductor}$……..……..(10)

  Donde:

  $T_{motor} = 1.842$ kgf. m; $n_{motor} = 1380\ rpm$; $n_{reductor} = 19.167\ rpm$

Reemplazando los valores se obtiene un torque de 73.88kgf.m.

Con este valor se va a obtener el torque con el que va a trabajar la rastrillera secundaria, conociendo la velocidad de trabajo igual a 19.167 rpm y utilizando la expresión (10); obtenemos que el torque producido en este eje obteniendo un valor igual a 132.9718 kgf.m.

Por último, se va conocer el torque que se genera en el eje de transmisión superior, conociendo que la velocidad de trabajo de este eje es de 5.23 rpm se logra obtener un torque igual a 487.354kgf.m.

- Momento máximo ($Mmax$), para el calculo de esta variable nos vamos a apoyar en el programa SAP2000, donde se va a considerar el torque generado por el eje, junto con los pesos de los elementos que van montados en el eje, estos elementos fueron señalados en el apartado 4.3-L y sus características fueron presentados en el apartado 5.1.

  Realizando el análisis se logra presentar los siguientes datos obtenidos:

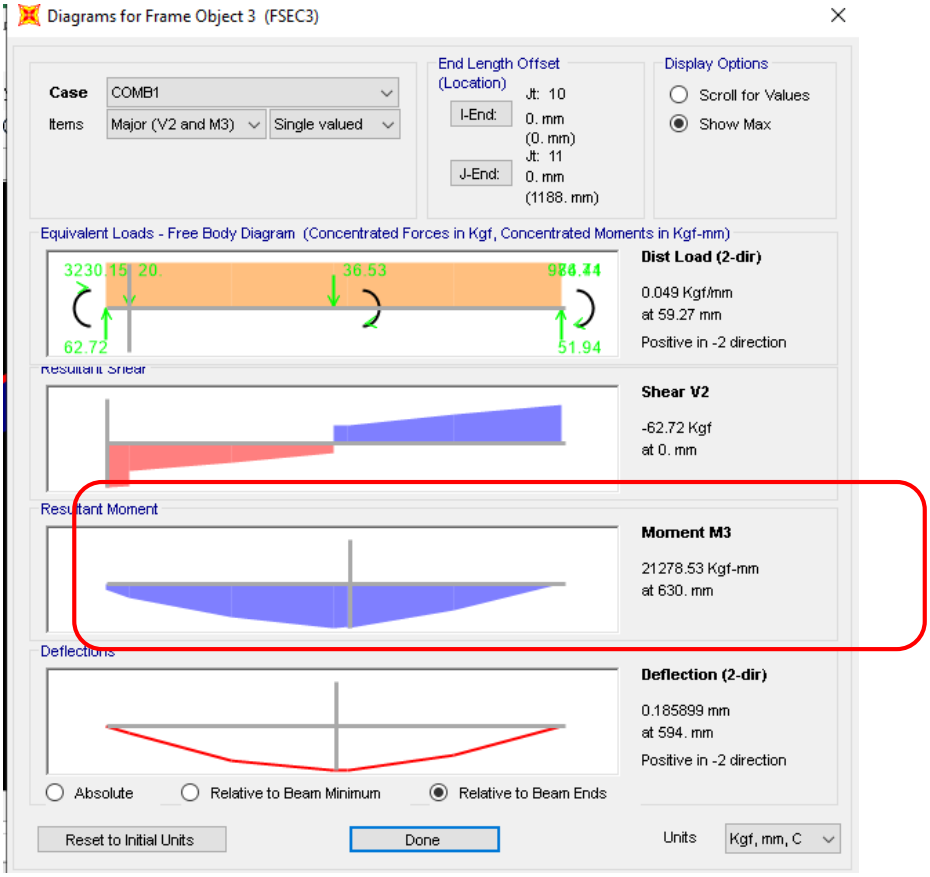


Figura 92: Diagramas del eje de transmisión superior

Fuente: Elaboración propia

De la figura 92 se logra obtener un momento máximo de 21278.53kgf.mm; conociendo este valor se puede lograr obtener el diámetro del eje mediante la siguiente expresión:

$$d = [\frac{16*N}{\pi} + \left[4 * \left(Kf * \frac{Mmax}{Se}\right)^2 + 4 * ((kf * \left(\frac{T}{Sy}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}]^{1/3} \text{.....(11)}$$

Donde:

$Kf = 0.8 * (1.4 - 1) + 1 = 1.32$

N : 4

Reemplazando los valores obtenidos y los considerados se obtiene que el diámetro del eje es igual a 6.06 cm.

Para el cálculo del diámetro del eje en los extremos se va a considerar el lado más crítico, que viene siendo el lado donde se soporta al engranaje de cadena, en la figura 93 se aprecian los datos en este extremo.

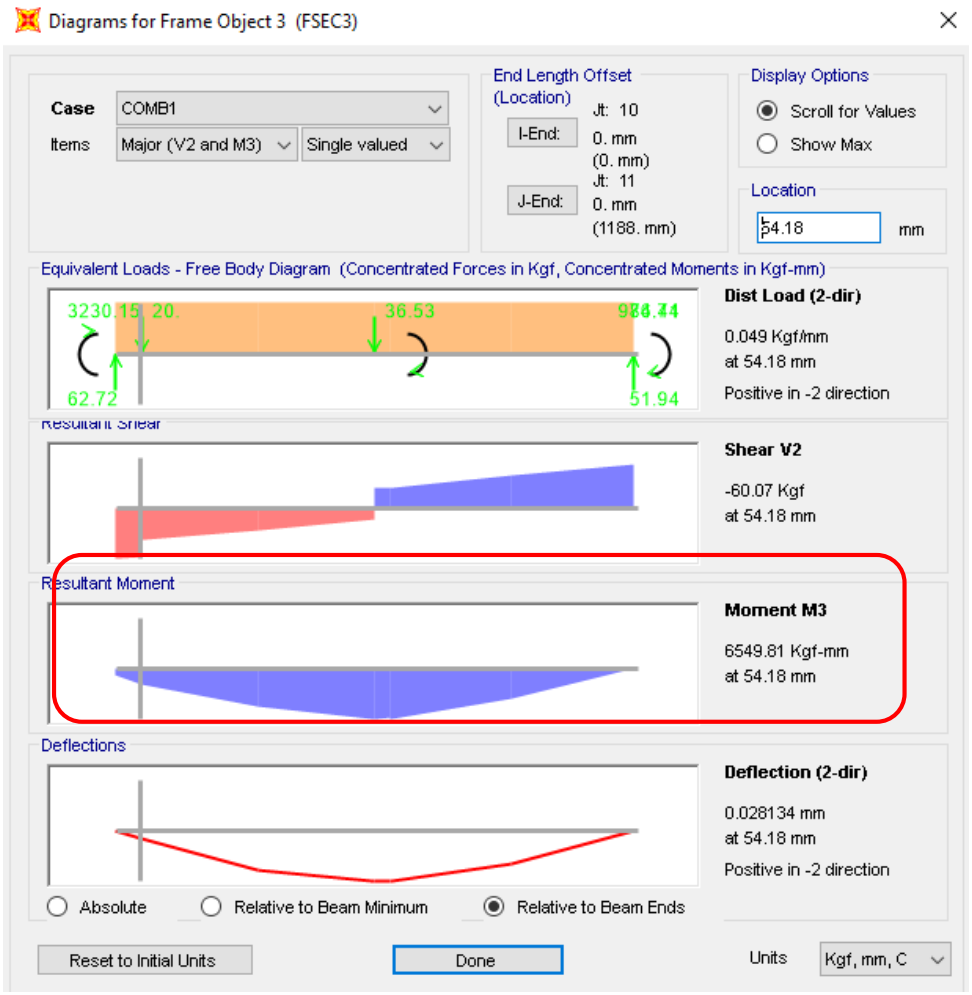


Figura 93: Diagramas del eje de transmisión superior lado del engranaje de cadena

Fuente: Elaboración propia

De la figura se extrae momento que se genera en este lado del eje, dando un valor de 6549.81kgf.mm; reemplazando este valor en la expresión (11), y considerando que $Kf = 1.32$ y N=4; obtenemos que el diámetro resulta ser igual a 4.08 cm.

Ya habiendo definido los diámetros de nuestro eje de transmisión superior se procede a verificar el diseño mediante el programa SAP2000, en la figura 94 se aprecia el modelado del eje, y en la figura 95 se parecía el steel stress check.

Figura 94: Modelado del eje de transmisión superior

Fuente: Elaboración propia

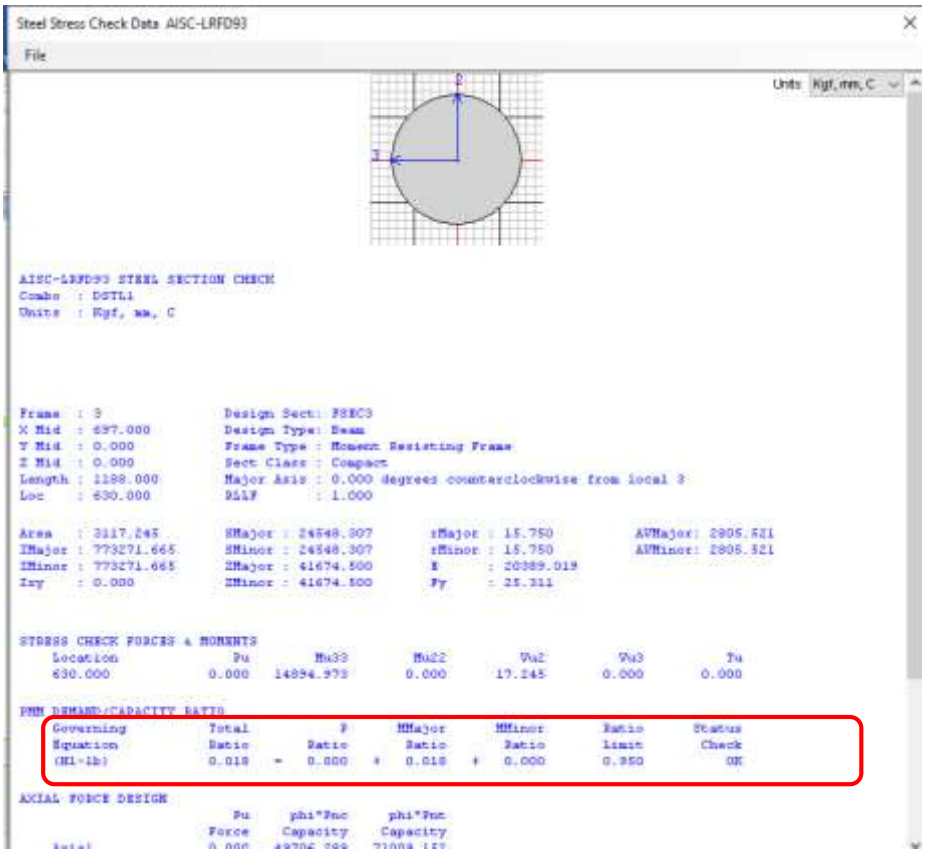


Figura 95: Modelado del eje de transmisión superior

Fuente: Elaboración propia

De la figura se logra obtener un ratio de 0.018, gracias a este valor se puede concluir que el eje diseñado es apropiado para el trabajo.

CONCLUSIONES

1. Mediante este trabajo se ha obtenido optimizar el mecanismo de transporte de lana cumpliendo con:

- Las exigencias por parte del cliente
- Las especificaciones técnicas planteadas.

Acerca del método de trabajo empleado.

2. El uso de una metodología de diseño, de conocimientos de áreas diversas, como de mecanismos de transporte nos ha permitido optimizar una maquina con un cierto grado de antigüedad permitiendo una mejora en la línea de lavado de lana de la empresa Lanificio Confezioni S.A.C.
3. Al realizar la matriz de decisión y analizar los diferentes mecanismos que sea más favorable para mejorar el proceso de lavado, se logró comprobar que realmente el mecanismo que exigía el cliente era el que más se adecuaba a sus necesidades, tomando en cuenta los criterios que consideran potenciales en la producción.

   Acerca de las exigencias deseos por parte del cliente
4. El mecanismo que se propone es similar al que está en operación en la empresa INCATOPS, en donde se logra relavar entre un 8% y 10% de la producción total (este dato fue obtenido gracias al área de operaciones de la empresa en mención), tomando como referencia este dato se logra afirmar que la lana que se va a relavar posea un porcentaje similar al mencionado, en tal caso se va a logra disminuir el 30% de la lana que es relavada actualmente.
5. El enredo de la fibra se ve reducido gracias al trayectoria que realiza el mecanismo permite que la fibra se coloque de manera paralela una de otra a lo largo de todo el proceso de lavado.

6. Se logró que el mecanismo trabaje con una sola fuente de energía que viene a ser el motor de 3.5 HP que posee la empresa, cumpliendo una de las exigencias por parte del cliente.
7. Se logra aumentar la producción en 33kg/h con respecto a la producción obtenida con el mecanismo tipo rastrillo que posee la planta.

   Acerca de la aplicación práctica de la tesis
8. Esta tesis está orientada a seguir una metodología adecuada que pueda cumplir con las necesidades y exigencias que se nos presenten por parte de los clientes a los que estemos brindando algún servicio, así como también a plantear mejoras basándonos de una tecnología más eficiente.

BIBLIOGRAFIA

1. ACEROS AREQUIPA, catalogo en línea, http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/hoja-tecnica-tubo-lac-astm-a500.pdf, visitado en Octubre del 2019.
2. CIA. GENERAL DE ACEROS S.A., catalogo en línea, https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2, visitado en Octubre de 2019
3. COPPERMETAL, catalogo en línea, https://www.coppermetal.com.br/es/produtos_bronze_sae65.html, visitado en Octubre del 2019.
4. https://www.disensa.com.ec/soldadura-indura-e-6011-230-s-1-8-libra-electrodos/p, visitado en Setiembre del 2019
5. ESSICO SR.L., catalogo en línea, https://www.essico.it/es/secadores-de-tambores-perforados/, visitado en Agosto del 2019.
6. GEROGE H. MARTIN, «Mechanics of machines», McGraw Hill/Interamericana de México S.A. de C.V., 1982.
7. GOODFELLOW, catalogo en línea, http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html, visitado en Octubre del 2019
8. http://www.indura.com.ar/content/storage/ar/producto/ID4365_file_1127_308l.pdf, visitado en Setiembre del 2019
9. http://www.imporpernos.com/blog/norma-astm-a325, visitado en Setiembre del 2019
10. ING. OSCAR G. ADOT, «Introduccion a la industrializacion de la lana y las fibras especiales», Córdoba, 2010.
11. JAIME RUIZ CANO, «Análisis de elementos mecánicos con concentración de esfuerzos mediante extensómetria eléctrica derivado del proyecto de investigación SIP20071675», México, 2009

12. JOHN ALEJANDRO GRACÍA, LUIS CARLOS FLOREZ, OSCAR FABIÁN HIGUERA, «Generación de perfiles de levas de disco y levas cilíndricas 3D en solidworks mediante una aplicación de Visual Basic», Pereira, 2007
13. JOSEPH EDWARD SHIGLEY, JHON JOSEPH UICKER, JR., «Teoría de máquinas y mecanismos», McGraw Hill/Interamericana de México S.A. de C.V.,2001.
14. JURAMIRZA ABDIRAMA TOVICH KAYUMOV, «Design of a new harrow type wool transport mechanism to reduce fibre entanglement», Bologna, 2015.
15. KAYUMOV ZHURAMIRZA ABDIRAMATOVICH, CASTELLI VINCENZO PARENTI, KHOZHIMATOV RASUL SOLIEVICH, KZOKBOYEV DONIYOR HABIBULLO UGLI, NORINOVA RAHNOMA ODILJON KIZI, «A study on wool scouring machines», 2017
16. https://www.lincolnelectric.com/es-co/consumables/nickel-alloys/Pages/gricast.aspx, visitado en Setiembre del 2019
17. LORENA NAATALI SALDAÑA PERALES, «Categorización, clasificación y procesamiento industrial de la fibra de alpaca», Lima, 2017.
18. RICHARD G. BUDYNAS, J. KEITH NISBETT, «Diseño en ingeniera mecánica de Shigley-Novena Edición», McGraw Hill/Interamericana de México S.A. de C.V.,2012.
19. ROBERT L. MOTT, P.E., «Diseño de elementos de máquinas», Pearson Education, México, 2006
20. http://www.techhistory.co.nz/OntheLand/Woolscouring3.htm, visitado en Julio del 2019
21. TECNOMECCANICA BIELLESE SRL, catalogo en línea, http://tbsrl.it/es/, visitada en Agosto del 2019

22. THE AUSTRALIAN WOOL EDUCATION TRUST LICENSEE FOR EDUCATIONAL ACTIVITES UNIVERSITY OF NEW EGLAND, «Wool482/582 wool processing», 2009

23. http://transmision57.com/wp-content/uploads/2017/05/catalogoTecnicoTransmision57RED.pdf, visitado en Noviembre del 2019

TUPY, catalogo en línea, http://www.tupy.com.br/imagens/perfil_catalogos/versabar.pdf, visitado en Octubre del 2019.

ANEXOS

ANEXO1: «Método de lavado acuoso»

ANEXO 2: «Método de lavado por solvente»

ANEXO 3: Patente «Machinery for scoring and washing wool of the J.McNaught & W.Naugth 1888 »

ANEXO 4: Patente «Wool washing machine of the W. McNaugth 1900»

ANEXO 5: Patente «Wool washing machine W. McNaugth & T.W. Hawkins 1900»

ANEXO 6: Patente «Wool washing machine of the F.G.Sargent 1901»

ANEXO 7: Patente «Wool washing machine of the L.A.Peckham 1896»

ANEXO 8: Patente «Wool washing machine of the W.Lund 1889»

ANEXO 9: Patente «Apparatus for liquid treatment of loose fibrous materials of the G. Fleissner 1958»

ANEXO 10: Patente «Wool washing machine of the F.G.Sargent 1890»

ANEXO 1.

METODO DE LAVADO ACUOSO

TRATAMIENTOS DE LA LANA EN MEDIO ACUOSO: PROBLEMAS GENERALES Y PARÁMETROS A CONTROLAR

A. Riva *

0.1. Resumen

En este trabajo se hace una breve descripción de los pincipales tratamientos industriales de la lana en medio acuoso. Haciendo hincapié en los problemas generales que pueden presentarse en cada uno de ellos y en los parámetros que deben ser controlados.

Palabras clave: *Lana, tratamientos húmedos, control parámetros.*

0.2. Summary. *WOOL TREATMENTS IN AQUEOUS MEDIA: GENERAL PROBLEMS AND PARAMETERS TO CONTROL.*

This paper describes briefly the main industrial treatments of wool in an aqueous medium paying special attention to the general problems that may present each of them, and to the parameters that must be controlled.

Key words: *Wool, aqueous traitements, control parameters.*

0.3. Résumé. *TRAITEMENTS DE LA LAINE EN MILIEU AQUEUX: PROBLÈMES GÈNÈRAUX ET PARAMÈTRES À CONTROLER.*

Dans cet article on fait une brève description des principaux traitements industriels de la laine en milieu aqueux, en insistant sur les problèmes généraux pouvant se présenter dans chaque tritement, ainsi que sur les paramètres qui doivent être contrôlés.

Mots-clés: *Laine, traitements aqueux, contrôl paramètres.*

* Dra. Ing. Ascensión Riva Juan. Profesora Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (UPC). Sub-directora del INTEXTER y Jefe de su Laboratorio de Fisico-Química de la Tintura.

1. INTRODUCCIÓN

La lana es una fibra que posee unas excelentes cualidades naturales que la hacen apropiada para la obtención de artículos de alta calidad. No obstante, el proceso industrial a que debe someterse la lana es específico y complejo; en particular las operaciones industriales en mojado constituyen un importante campo de su tecnología y requieren un conocimiento preciso para poder obtener un producto final de alta calidad y especificación.

2. TRATAMIENTOS DE LA LANA EN MEDIO ACUOSO

- Lavado - Desgrasado
- Blanqueo
- Fijado
- Carbonizado
- Fieltrado - Batanado
- Tintura
- Tratamientos ininfieltrables

2.1. Lavado - Desgrasado

2.1.1. Lavado de la lana en floca.

Esta operación tiene por objeto eliminar las impurezas naturales que tiene la fibra de lana (grasa, suintina) así como las adicionales (polvo, suciedad). Los procedimientos de lavado se basan en la emulsificación y saponificación o en la disolución en disolventes.

El lavado con soluciones detergentes se efectúa con solución de jabón o detergentes sintéticos y carbonato sódico en agua rectificada.

El jabón debe ser **blando** ya que el jabón duro se puede fijar en parte a la lana dando un **tacto áspero**. El jabón más idóneo es del oleato de potasio (el ácido oléico da jabones muy solubles y el ión potasio da jabones más blandos o suaves).

El jabón, en solución acuosa, se hidroliza con lo que pierde poder detergente. El carbonato sódico evita la hidrólisis (por efecto de ión común) a la vez que estabiliza la emulsión. Se utiliza carbonato en lugar de hidróxido sódico ya que este último presenta mayor peligro de **ataque** a la fibra.

El agua utilizada debe ser rectificada para evitar que se formen jabones cálcicos o magnésicos que **precipitan**. El lavado con detergentes sintéticos aniónicos o no iónicos es utilizado dado su mayor poder detergente respecto a los jabones. El lavado con detergentes no iónicos constituye uno de los métodos de mayor interés y puede realizarse en medio alcalino y en medio neutro. Este último, si bien significa un mayor consumo de detergente, confiere a

la lana un color más blanco, menos alteración y menor posibilidad de ser perjudicada en tratamientos posteriores.

Una vez lavada, la lana tiene siempre un tacto más áspero por lo que antes de la hilatura debe lubricarse: ensimaje.

Este ensimaje debería ser eliminado posteriormente.

Durante o después de la hilatura, la lana sufre otros lavados:

- Lavado de cintas de lana peinada (alisado)
- Lavado de hilados
- Lavado de tejidos

En el lavado de cintas de lana peinada o "alisado" debe dejarse sobre la lana una cierta cantidad de aceite de ensimaje (~3%) imprescindible para la hilatura.

En el lavado de hilados, si éstos tienen gran tendencia a rizarse tenderán a enfieltrarse en el lavado por lo que es necesario fijarlos previamente. Esta operación se hace sumergiendo las madejas en tensión en agua caliente (30-60 min.) y seguidamente en agua fría.

El lavado de tejidos puede hacerse en diversos momentos del proceso (saliendo de telar, de batán, de tintura, etc.). Este lavado deberá eliminar (dependiendo del momento en que se efectúe) ensimajes de hilatura, encolado de urdimbre, manchas, etc., o podría constituir una operación de acabado. Los productos utilizados en el lavado dependerán de la finalidad perseguida en el mismo.

En general las condiciones necesarias para eliminar las impurezas son:

- Utilizar soluciones lo más alcalinas posibles.
- Tensión superficial de la solución detergente adecuada a la de la grasa.
- Utilizar agua blanda.
- Utilizar productos capaces de conferir carga negativa al tejido e impureza para que se repelan.
- Aplicar técnicas especiales de lavado, por ejemplo lavados múltiples, para aquellos artículos que no pueden ser lavados por procedimientos normales (como artículos teñidos con colorantes no resistentes a agentes alcalinos).

Problemas que pueden presentarse en el lavado de lana:

Los defectos que pueden producirse son de los tipos:

a) De origen mecánico
b) De origen químico.

a) Defecto de origen mecánio:

- Poducción de agujeros, zonas claras, etc., en tejidos, debidos al mal estado de cilindros de máquinas o a presión excesiva.
- Formación de arrugas y rayas que suelen ser debidas a presiones excesivas y a defecto de jabón en los baños.

b) Defectos de origen químico:

- Residuos de grasa por utilizar poco detergente.
- Depósitos de jabones calcáreos sobre el tejido por utilización de aguas duras.
- Defectos de aclarado. En el último aclarado debe eliminarse totalmente el jabón. Este último aclarado se suele hacer con agua dura.
- Manchas de hierro, de color amarillo-pardo, debidas al contacto con partes metálicas de la máquina que puedan estar oxidadas.
- Alteración de la fibra, por trabajar con baños excesivamente alcalinos a temperatura elevada.

2.2. Blanqueo

Después del lavado la lana tiene un color amarillento que debe eliminarse en la operación de blanqueo.

El blanqueo se puede efectuar con reductores y con oxidantes.

En el blanqueo con reductores (ácido sulfuroso, hidrosulfito) el blanco obtenido con ácido sulfuroso es menos persistente pero más bello que el obtenido con hidrosulfitos que puede ser grisáceo. Hay que tener precauciones para que no se produzca acumulación de ácido sulfúrico en alguna zona del tejido lo cual podría llevar a tinturas defectuosas.

En el blanqueo con oxidantes (agua oxigenada, peróxidos, persales y permanganato potásico), hay que cuidar que la lana esté bien desgrasada y limpia, pues de lo contrario se producirían zonas de blanco desigual. Los reactivos y la lana no deben contener substancias capaces de acelerar el proceso oxidativo. El blanqueo debe efectuarse con disoluciones diluidas aunque el tiempo de blanqueo deba prolongarse. Conviene añadir el álcali dosificándolo paulatinamente.

Puede suceder que el blanco obtenido no sea el deseado, en este caso no se debe insistir añadiendo nuevo reactivo sino que es preferible someter la lana a un blanqueo reductor. En el blanqueo con permanganato potásico, si bien el blanco obtenido es el mejor, se pueden producir manchas pardas si no se efectúa un buen lavado final con hidrosulfito sódico para eliminar las sales de manganeso que pudieran quedar sobre la lana.

El blanco obtenido con oxidantes es más duradero que el que se obtiene con reductores, pero la lana queda con un tacto más rígido y áspero. Los reductores dejan a la lana más suave y voluminosa.

Por ello a veces se efectúa un blanqueo con oxidantes seguido de otro con reductores.

Si la materia va destinada a blanco o colores pastel es habitual proceder, después de un blanqueo químico, a un blanqueo óptico. Los blanqueadores ópticos producen una fluorescencia que mejora sensiblemente la sensación de blancura, pero hay que resaltar que los blanqueadores ópticos tienen, en general, poca solidez a la luz por lo que el blanco obtenido puede ir disminuyendo con el tiempo.

2.3. Fijado

El fijado tiene por objeto conferir a los manufac-

ANEXO 2.

METODO DE LAVADO POR SOLVENTE

Empleo de disolventes en la industria textil de tintura y acabados

por el Prof. **J. Cegarra**

1. INTRODUCCION

El empleo de los disolventes orgánicos en los tratamientos de ennoblecimiento de las materias textiles, no puede considerarse como una novedad de primera línea puesto que en 1896 ya se mencionaba el uso de estos productos en el acabado textil (1) y posteriormente, entre 1926 y 1936 Celanese (2) solicitó una serie de patentes para la tintura del diacetato y triacetato de celulosa y sus mezclas con algodón mediante el empleo de disolventes de varios tipos, habiéndose utilizado una mezcla de alcohol etílico, agua y sulfocianuro sódico en proporciones 70/27/3, para la aplicación de los colorantes ácidos, el cual fue adoptado por tres firmas industriales con notable éxito. Durante la segunda guerra mundial se tiñeron en los EE.UU. unos 10 millones de metros de forro de diacetato, empleando alcohol como disolvente, aplicando el colorante por fulardado y fijándolo por medio de vapor (3). Después de esta época, viene un período de unos veinte años en donde la aplicación de los disolventes en la industria textil no merece apenas atención y es a partir del año 1962 cuando nuevamente empieza a suscitarse interés por su inclusión en el área textil, bien como productos para el desengrasado, la tintura o el apresto.

Si intentamos buscar una explicación al interés que nuevamente han suscitado los disolventes, tal vez encontremos varias razones para apoyar nuestros argumentos pero no debemos olvidar que este tipo de proceso está ahora en sus etapas iniciales, sobre todo en el campo de la tintura, y que por lo tanto es necesario dejar pasar un determinado tiempo antes de poder ver con claridad cuál será su verdadera aplicación en el futuro.

Las causas que de una manera más determinante pueden considerarse como favorecedoras del desarrollo de la implantación de los disolventes, son las siguientes:

1. El gran desarrollo de la industria del lavado en seco de prendas usadas, ha producido una notable mejora en el diseño de la maquinaria, con el consiguiente perfeccionamiento de los sistemas de recuperación del disolvente, que permiten una notable reducción en los costes del tratamiento, facilitando su aplicación a una escala de mayor volumen de producción. Además, una buena instalación de recuperación de disolventes permite su utilización sin tenerlos que verter en los cauces de las aguas, lo cual había sido, en su tiempo, un argumento en contra del empleo de los disolventes.

2. Es de todos conocido el problema de la contaminación de las aguas a consecuencia de los vertidos industriales en cauces de los ríos o en pozos de filtración. Por otra parte, el consumo de agua se incrementa, tanto por razones demográficas como por el mayor consumo de agua por persona. Estos dos fac-

tores de tipo antagónico hace que los gobiernos se preocupen por obtener la mayor y más pura cantidad de agua posible, lo que les obliga a legislar de tal manera que un m.^{3} de agua consumido en la industria, cada día será más caro. Si se tiene en cuenta este factor, es evidente que en el futuro se tenderá a desarrollar sistemas en donde el consumo de agua sea mínimo o en donde ésta sea excluida, lo cual nos lleva, al menos por el momento, al empleo de los disolventes como agentes para transportar los productos químicos a las fibras o para efectuar su limpieza.

3. Por otra parte, el consumo cada vez mayor de fibras sintéticas de naturaleza hidrorrepelente y el empleo de compuestos químicos de esta naturaleza, originan dificultades de tipo técnico al efectuar los tratamientos en medio acuoso, tales como falta de penetración de los colorantes, solideces al frote y a la sublimación deficientes, necesidad de emplear una gran cantidad de productos humectantes y dispersantes, tiempos de proceso demasiado largos, etc. El empleo de disolventes permite, en el caso de estas fibras, un mejoramiento de las técnicas de aplicación hoy empleadas y crea nuevas posibilidades para un futuro.

4. Además, al operar con disolventes se reduce considerablemente la energía térmica implicada en los procesos ya que, por ejemplo, el calor específico del percloretileno es cinco veces inferior al del agua y su calor de vaporización diez veces inferior. Si a ello unimos una mayor rapidez en la humectación y en el secado de las fibras sintéticas, es fácil deducir que se debe producir una economía en los costos de fabricación, cuyo valor dependerá de cada caso en particular.

Frente a estas ventajas de índole técnica y sociosanitaria, el empleo de los disolventes también plantea problemas de importancia, entre los cuales debemos destacar los siguientes:

1. Es necesaria la creación de nuevos tipos de máquinas e instalaciones que permitan los tratamientos sin pérdida de disolvente y aseguren su perfecta recuperación. Ello implica el que los constructores de maquinaria estudien nuevos prototipos, a lo que de momento no parecen estar muy propicios, y el que por parte de los industriales se efectúen unas fuertes inversiones, lo cual veo de difícil propuesta en una industria de baja rentabilidad, si no viene amparado por sólidas razones de tipo económico, fundamentalmente una disminución del coste de fabricación.

2. Aunque en los surtidos actuales de colorantes y productos químicos algunos puedan ser empleados con los disolventes, no debemos de olvidar que estos productos han sido creados pensando en su aplicación en medio acuoso y por consiguiente será necesario el estudio de nuevos productos para operar con disolventes. La pregunta que inmediatamente surge es si los estudios a efectuar estarán justificados desde un punto de vista económico y técnico; es evidente que no se puede generalizar y que será necesario el estudiar detenidamente cada sector de aplicación.

3. Parece, en principio, evidente que la tintura de las fibras naturales o manufacturadas de naturaleza hidrofílica no se efectuará totalmente en baño de disolvente, por las mismas razones que se eligen éstos para las fibras hidrofóbicas. En el caso de las mezclas se requerirá la mezcla de solventes, agua/disolvente orgánico, lo cual ha sido demostrado que es factible de efectuar (4). Esta pluralidad en el empleo de solventes, según el tipo de fibra a teñir, puede representar un inconveniente para su adopción, a menos de restringir su área de aplicación a industrias muy especializadas.

Analizando en sus líneas generales la problemática del empleo de los disolventes, pasemos a indicar cuáles son los tipos más empleados y el estado actual de los estudios y de su aplicación.

2. DISOLVENTES ORGANICOS

Para que un disolvente orgánico pueda tener aceptación en la industria textil, sería necesario que fuese barato, fácilmente obtenible, no tóxico, ininflamable, estable a la recuperación repetida, inerte hacia las fibras y no corrosivo. De los disolventes orgánicos actualmente disponibles, los hidrocarburos clorados, tales como el percloretileno, el tricloroetileno y el 1.1.1. tricloretano son los más aconsejables, si bien para algunos casos específicos se emplean también alcohol isopropílico, hexano, isobutilcetona y algunos otros. Telegdy y Bentel (5) han comparado las propiedades físicas del percloretileno y el 1.1.1. tricloroetano y concluyen que este último aventaja en ciertos aspectos al primero; otros investigadores (6) prefieren el percloroetileno, debido a su elevada estabilidad a la descomposición durante la recuperación cíclica del disolvente, bien sea por destilación, destilación con vapor o por absorción. Se logra un mejoramiento de la estabilización, del tricloroetileno o el percloroetileno por la adición de 0,1 % de diaminas sustituidas (7) mientras que se mejora la del 1.1.1. triclorocetano por la adición de nitrouretano (8) ó 1.4 dioxano (9).

En el empleo de disolventes orgánicos se presenta, a veces, la necesidad de añadir determinados productos para aumentar la solubilidad de los colorantes; en el caso del percloroetileno generalmente son disolventes dipolares apróticos (10) con elevado poder disolvente de los colorantes en otros disolventes. Como solubilizante se puede utilizar el dimetilsulfóxido o la dimetilacetamida, los cuales son inflamables y presentan el peligro de ácido fosfórico (11), entre los cuales la hexametilfosforotriamida, ininflamable, se considera como muy apropiada para los procedimientos de tintura por impregnación. El agua también ha sido estudiada como un aditivo del percloroetileno empleado en los procesos textiles, habiéndose podido comprobar que mediante el empleo de ciertos compuestos cinergéticos tales como alquil-aril-sulfonatos, esteres de ácidos grasos, alcanolamidas, se puede graduar tanto la cantidad de agua a emulsionar en el percloroetileno como la absorbida por la materia textil (12).

A continuación insertamos una tabla de características de los disolventes:

Tabla I

Disolvente	*Densidad g/cm.³ a 20°C*	*Punto ebullición en C° a 760 mm/Hg.*	*Calor de vaporización Cal/g. a 20°C*	*Punto de inflamación °C a 760 mm/Hg.*
Agua	0,998	100	586	ininf.
White spirit	0,775	140-190	50-60	30
Tetracloroetileno (PER)	1,74	121,2	56	ininf.
Tricloroetileno (TRI)	1,42	87	62	ap. ininf.
Diclorometano	1,34	40	82	ap. ininf.
1.1.1. Tricloroetano	1,32	74	56,7	ininf.

3. APLICACIONES TECNICAS DE LOS TRATAMIENTOS CON DISOLVENTES EN LA INDUSTRIA TEXTIL

En este apartado vamos a intentar expresar cuáles son los principales desarrollos existentes en el campo de la aplicación.

3.1. Lavado de la lana

El lavado de la lana sucia por medio de disolventes ha sido uno de los sistemas desarrollados por la Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (C.S.I.R.O.) (13). En este proceso, la lana se somete a una ligera apertura y posteriormente es tratada con disolventes para finalizar el proceso con un tratamiento acuoso; tanto el tratamiento con disolventes como el acuoso, se efectúa disponiendo la lana sobre unos cilindros acompañadores y sometiéndola a la acción del disolvente que es inyectado a través de unos rociadores. Entre cada unidad de tratamiento existe un fulard para el escurrido y la máquina consta de dos unidades para el tratamiento con disolventes y dos para el tratamiento con agua. La figura 1 muestra el esquema de una unidad de tratamiento y la figura 2 el esquema general del procedimiento C.S.I.R.O.

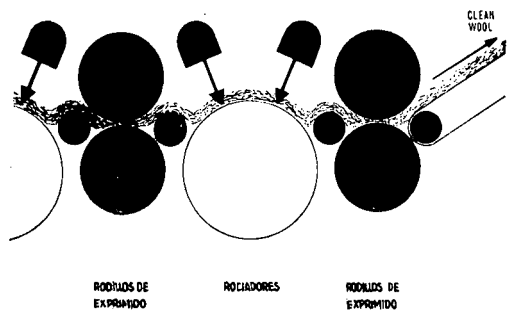


Fig. 1. Esquema de una unidad del sistema C.S.I.R.O.

El disolvente empleado es un derivado del petróleo de elevado punto de ebullición, para evitar riesgos de incendios, pero sin que sea muy difícil de destilar y no tóxico; el empleo de disolventes clorados no es posible debido a su elevada densidad que no permitiría la deposición adecuada del polvo contenido en la lana y crearía dificultades en la destilación. La figura 2 muestra las diferentes etapas del proceso de recuperación del disolvente y la separación de la grasa de la lana y la suintina. Las aguas residuales sólo contienen una pequeña parte de suintina y disolvente, pudiendo ser evacuadas sin necesidad de ulterior depuración, lo cual significa una gran ventaja con relación a los procedimientos de lavado convencionales.

La lana tratada con este sistema presenta un contenido de grasa similar a la lavada en soluciones de detergentes, pero contiene una mayor cantidad de polvo, el cual se elimina durante el cardado, sin crear inconvenientes. El grado de blanco obtenido es frecuentemente superior al de la lana lavada en medio acuoso, así como también es menor el grado de enfieltrado. La principal ventaja del sistema C.S.I.R.O. es la mejor recuperación de los subproductos, grasa de la lana y suintina.

Recientemente ha sido desarrollado en Bélgica el sistema «Sover» para el lavado de la lana sucia con una mezcla de alcohol isopropílico, hexano y agua (14). El agua y el alcohol isopropílico eliminan la suintina y el hexano la grasa. Aun-

ANEXO 3.

MACHINERY FOR SCORING AND WASHING WOOL OF THE J.MCNAUGHT & W.NAUGTH 1888

(No Model.) 8 Sheets—Sheet 1.

J. McNAUGHT & W. McNAUGHT, Jr.

MACHINERY FOR SCOURING AND WASHING WOOL.

No. 385,761. Patented July 10, 1888.

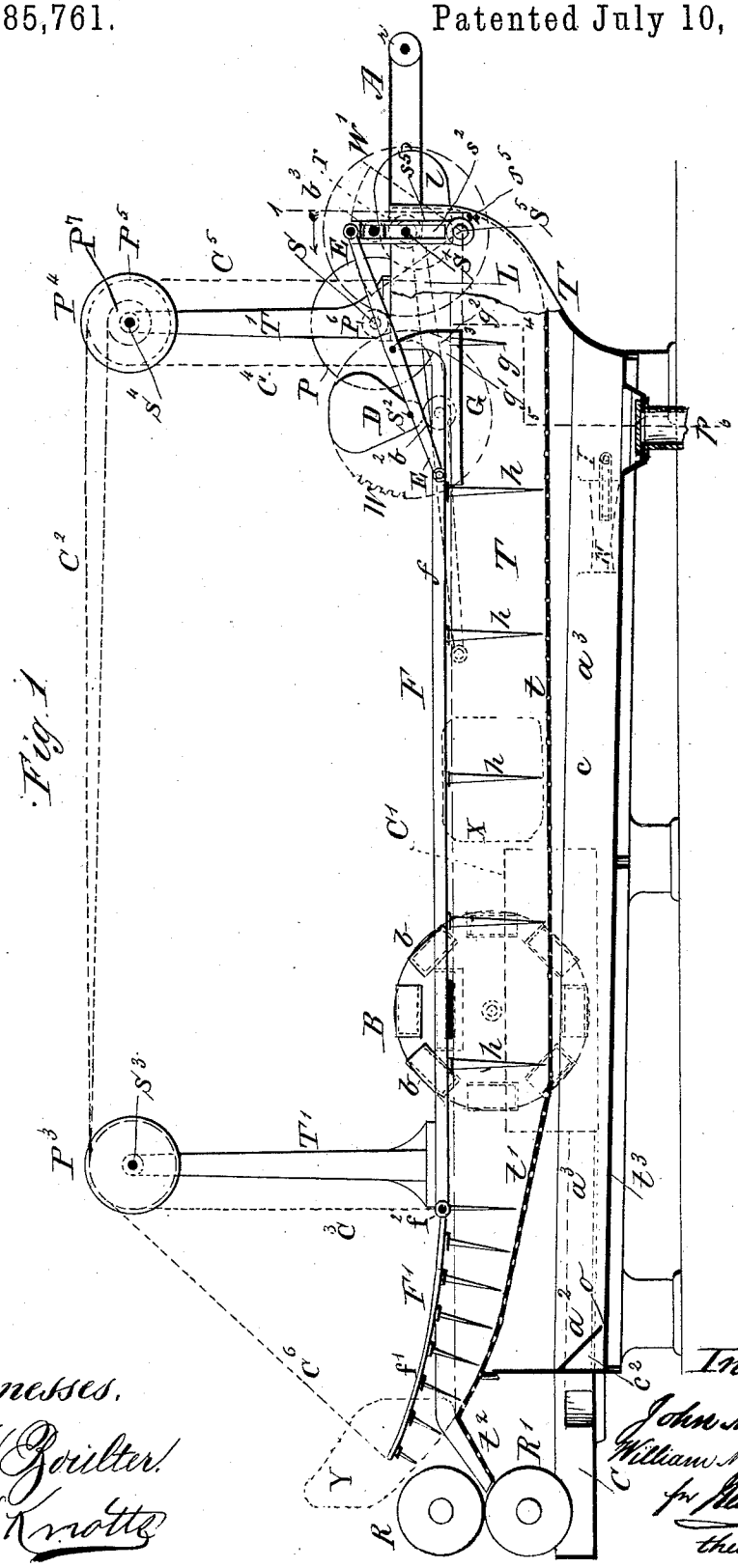


Fig. 1.

Witnesses.
W. E. Boulter.
G. W. Knotts

Inventors.
John McNaught
William McNaught jr.
per Henry Orth
their att'y.

N. PETERS. Photo-Lithographer, Washington, D. C.

ANEXO 4.

WOOL WASHING MACHINE OF THE W. MCNAUGTH 1900

No. 650,727.

Patented May 29, 1900.

W. McNAUGHT.

WOOL WASHING MACHINE.

(Application filed Aug. 9, 1897.)

(No Model.)

5 Sheets—Sheet 1.

Fig. 1.

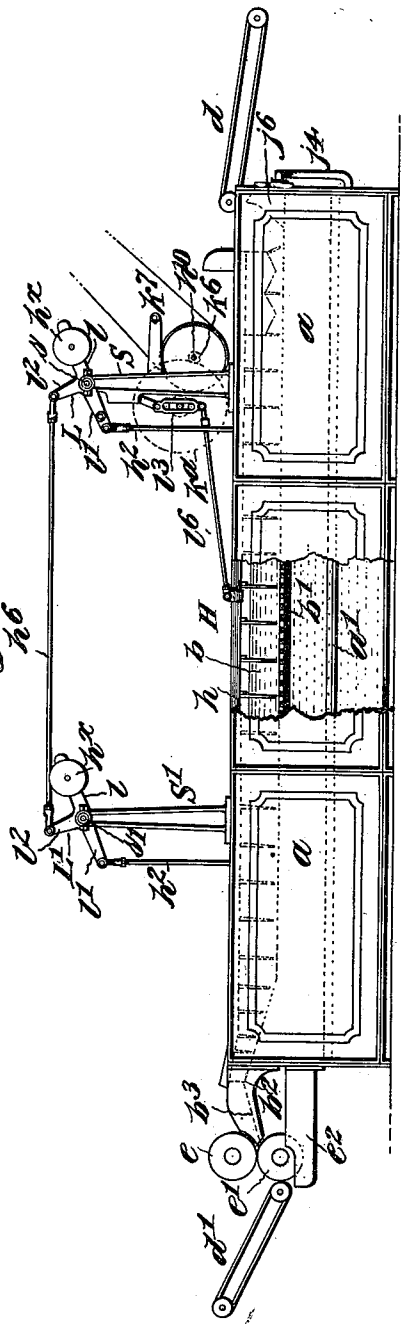
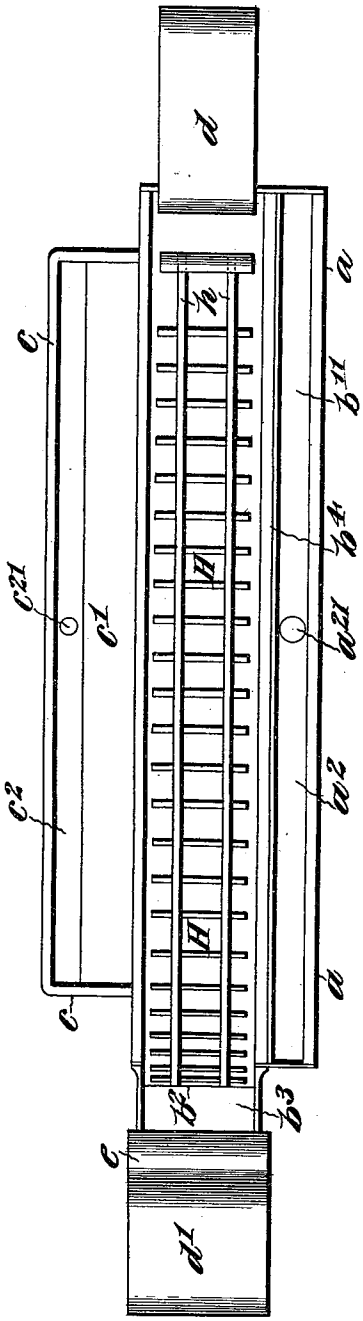


Fig. 2.



Witnesses
C. L. Ober.
B. Sommers

Inventor.
William McNaught
By Munn & Co
Atty

THE NORRIS PETERS CO., PHOTO-LITHO., WASHINGTON, D. C.

ANEXO 5.

WOOL WASHING MACHINE W. MCNAUGTH & T.W. HAWKINS 1900

No. 650,728. Patented May 29, 1900.

W. McNAUGHT & T. W. HAWKINS.

WOOL WASHING MACHINE.

(No Model.) (Application filed Nov. 2, 1897.) 8 Sheets—Sheet 1.

Fig. 1.

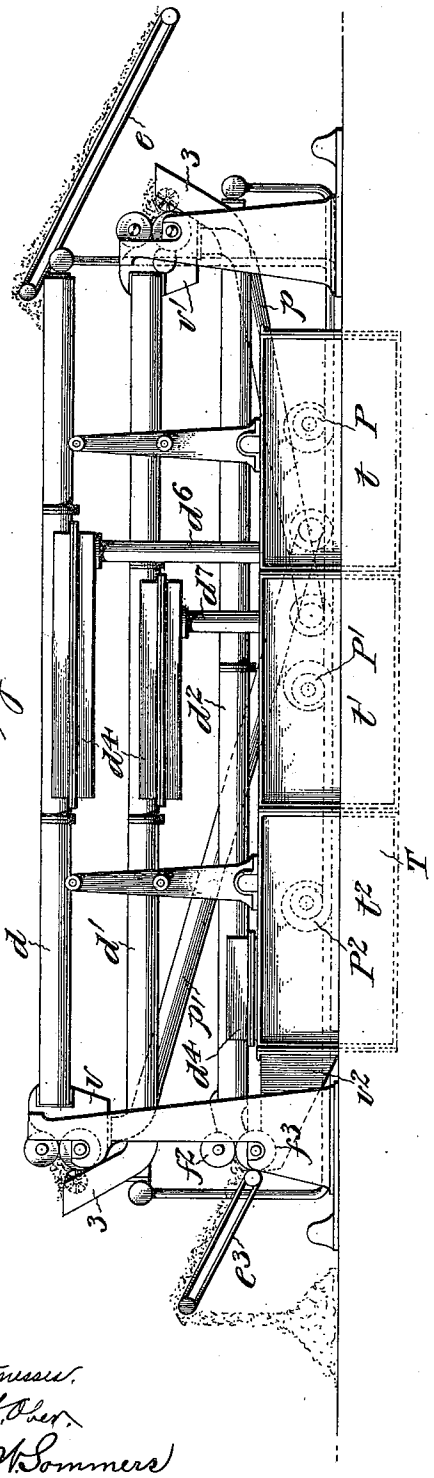
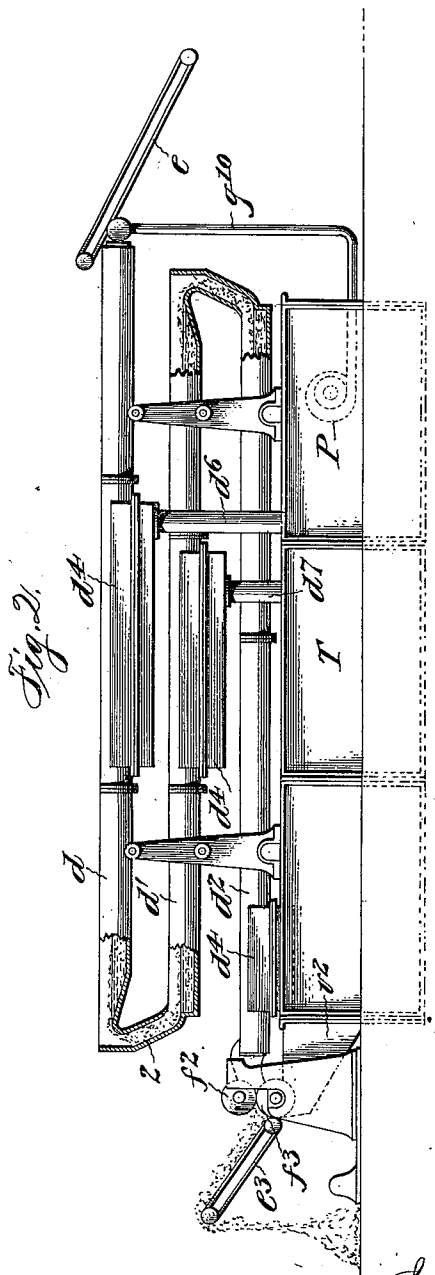


Fig. 2.



Witnesses:
B. F. Oberlin
B. W. Sommers

Inventors:
William McNaught.
Thomas Whitehead Hawkins
by Emery Mfg Co
Atty

THE NORRIS PETERS CO., PHOTO-LITHO., WASHINGTON, D. C.

ANEXO 6.

WOOL WASHING MACHINE OF THE F.G.SARGENT 1901

No. 675,069. Patented May 28, 1901.

F. G. SARGENT.

WOOL WASHING MACHINE.

(Application filed May 3, 1899.)

(No Model.) 3 Sheets—Sheet 1.

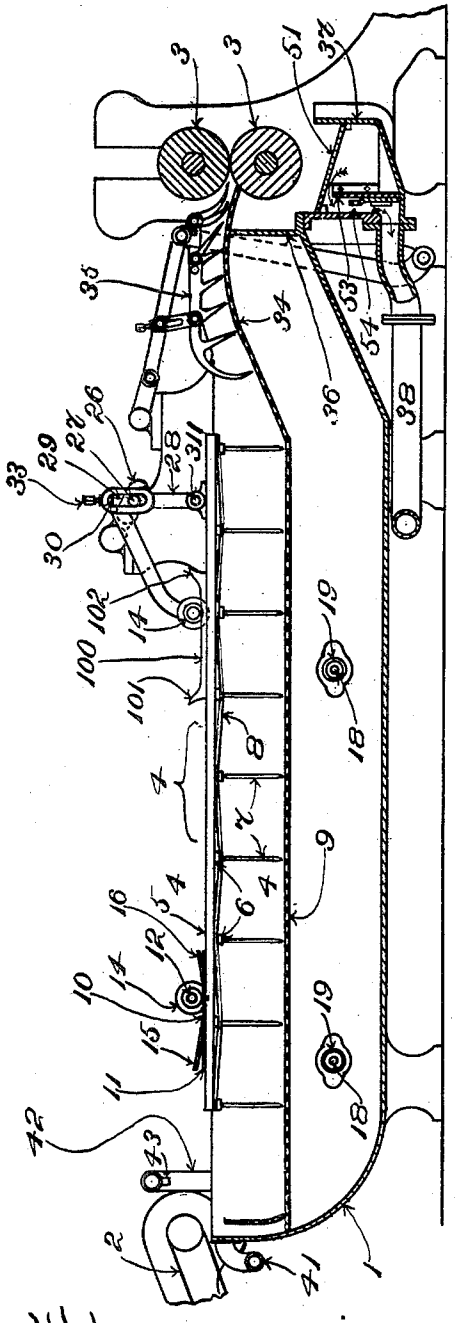


Fig. 2.

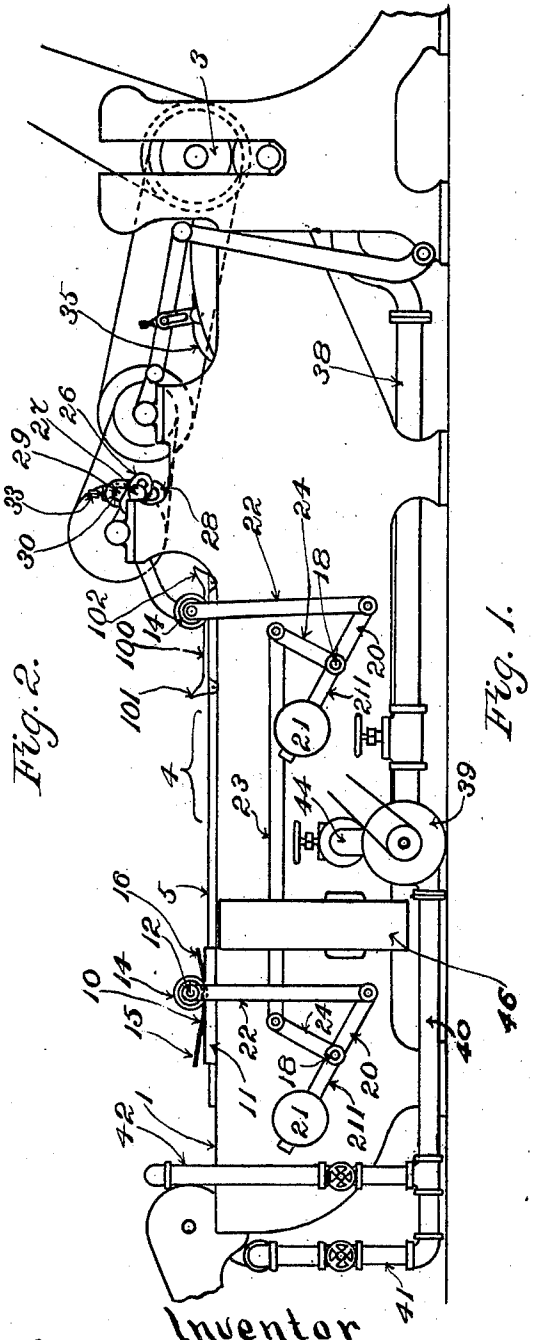


Fig. 1.

Witnesses
Oscar F. Hill
L. Spinel Hall Rice

Inventor
Frederick G. Sargent
by Macleod Calver Rumsey
his Attorneys

THE NORRIS PETERS CO., PHOTO-LITHO., WASHINGTON, D. C.

ANEXO 7.

WOOL WASHING MACHINE OF THE L.A.PECKHAM 1896

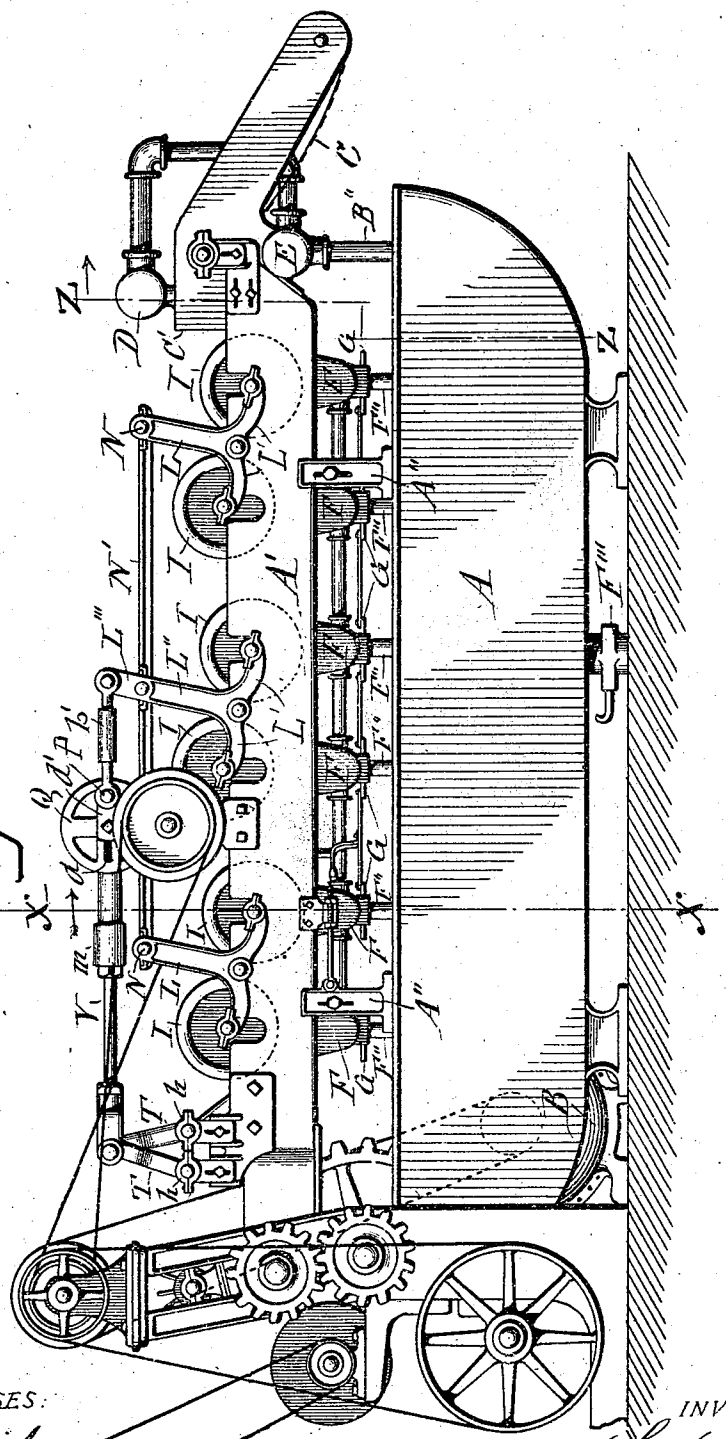
(No Model.) 15 Sheets—Sheet 1.

L. A. PECKHAM.

WOOL WASHING MACHINE.

No. 558,305. Patented Apr. 14, 1896.

Fig. 1



WITNESSES:

C. E. Gouldinson

C. L. Bendixen

INVENTOR.

Luther A. Peckham

BY

E. Laass

his ATTORNEY.

ANEXO 8.

WOOL WASHING MACHINE OF THE W.LUND 1889

(No Model.) 2 Sheets—Sheet 1.

W. LUND.

WOOL WASHING MACHINE.

No. 395,498. Patented Jan. 1, 1889.

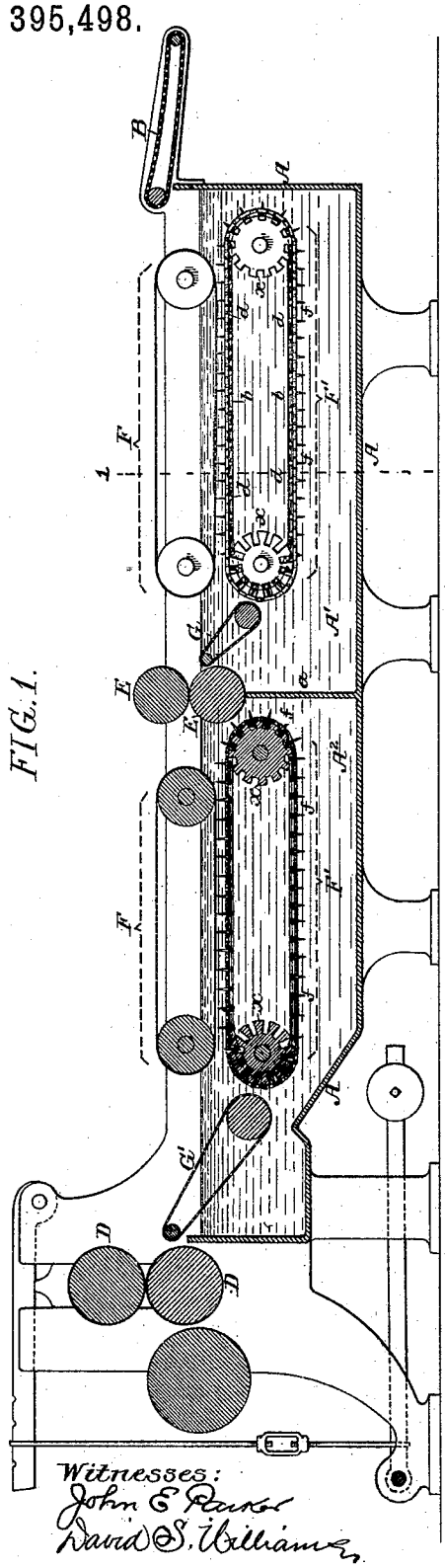


FIG. 1.

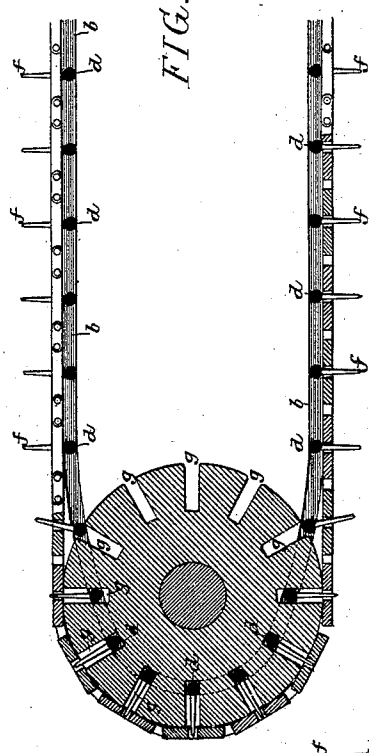


FIG. 2.

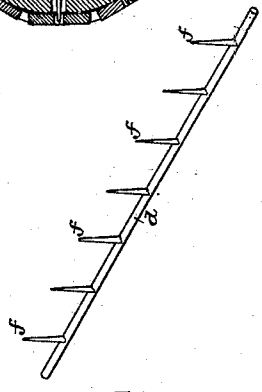


FIG. 3.

Witnesses:
John E. Parker
David S. Williams.

Inventor:
William Lund
by his Attorneys
Howson & Howson

N. PETERS. Photo-Lithographer, Washington, D. C.

ANEXO 9.

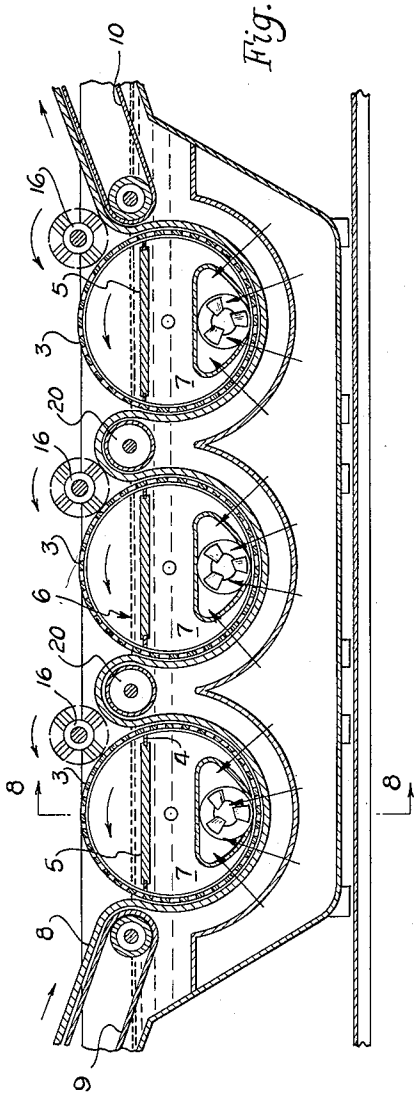
APPARATUS FOR LIQUID TREATMENT OF LOOSE FIBROUS MATERIALS OF THE G. FLEISSNER 1958

Dec. 5, 1961 G. FLEISSNER 3,011,328

APPARATUS FOR LIQUID TREATMENT OF LOOSE FIBROUS MATERIALS

Filed Oct. 21, 1958 5 Sheets-Sheet 4

Fig. 7



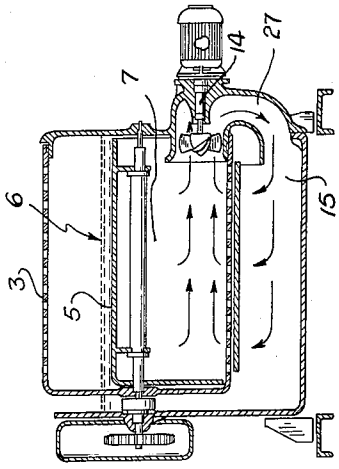


Fig. 8

INVENTOR

Gerold Fleissner

BY Bailey, Stephens & Huettig

ATTORNEYS

Dec. 5, 1961 G. FLEISSNER 3,011,328

APPARATUS FOR LIQUID TREATMENT OF LOOSE FIBROUS MATERIALS

Filed Oct. 21, 1958 5 Sheets-Sheet 5

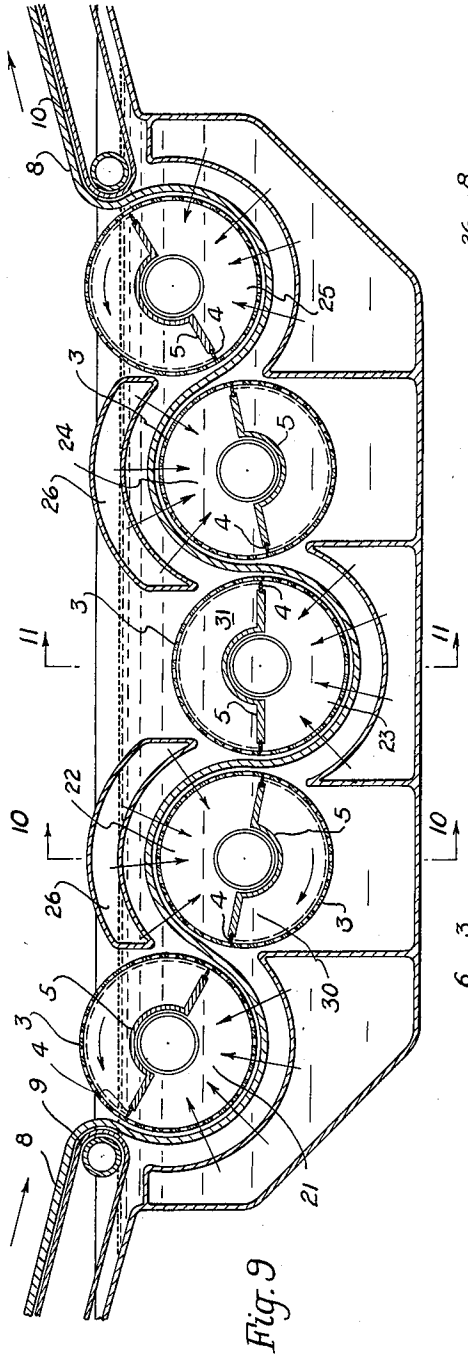


Fig. 9

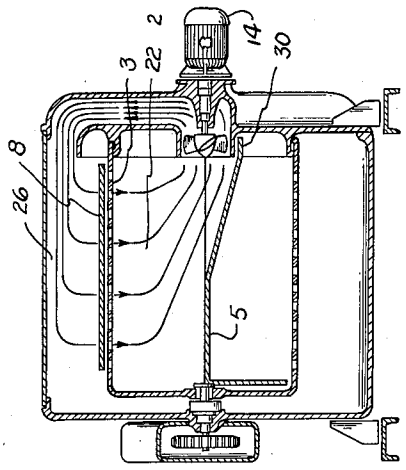


Fig. 10

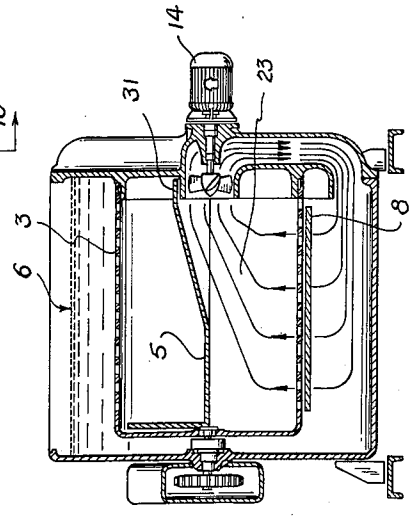


Fig. 11

INVENTOR

Gerold Fleissner

BY Bailey, Stephens & Hunting

ATTORNEYS

ANEXO 10.

WOOL WASHING MACHINE OF THE F.G.SARGENT 1890

(No Model.) 4 Sheets—Sheet 1.

F. G. SARGENT.

WOOL WASHING MACHINE.

No. 433,581. Patented Aug. 5, 1890.

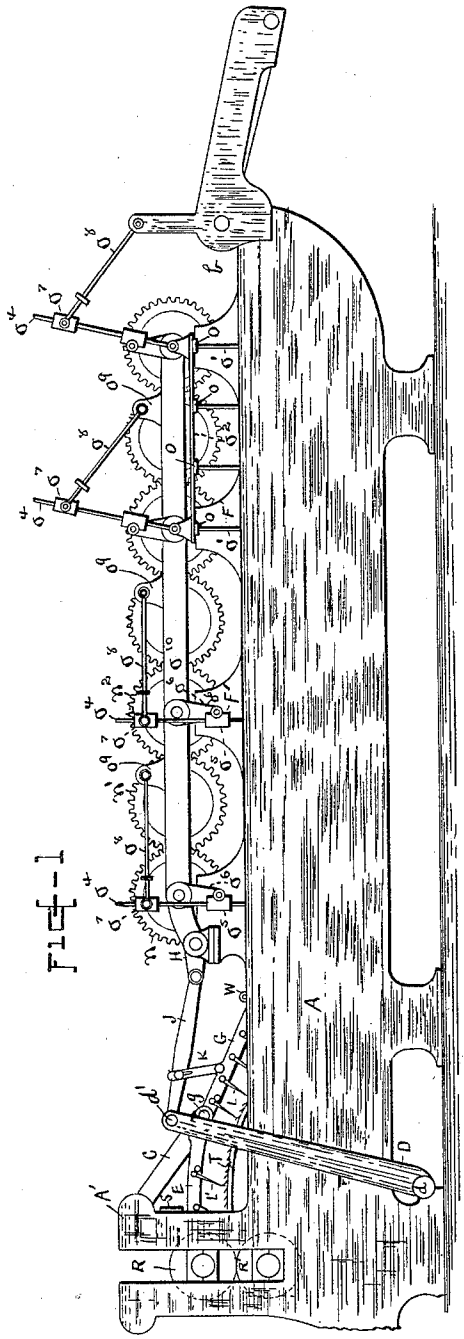


Fig. 1

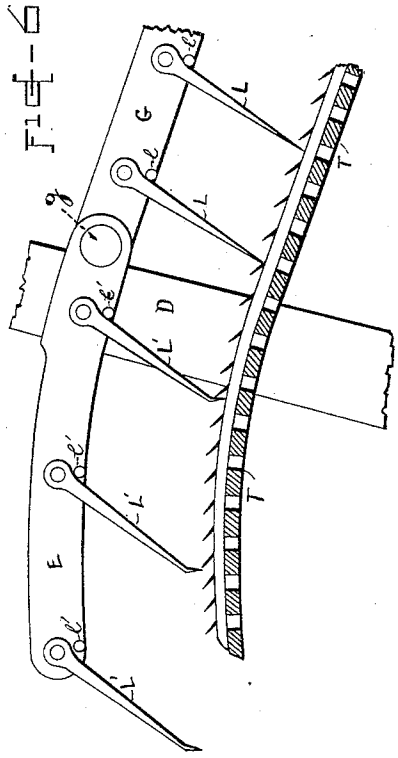


Fig. 6

Witnesses

N. P. Ockington.

E. J. Toland

Inventor

Frederick G. Sargent

By David Wallace

Atty.

THE NORRIS PETERS CO., PHOTO-LITHO., WASHINGTON, D. C.