



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

TESIS

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA ORDEÑADORA
ACCIONADA POR UNA FUERZA NO CONVENCIONAL.**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor (es):

**Bach. Garcés Núñez, Rodolfo Gustavo
Bach. Morocho Polo, Santiago Joshep**

Asesor:

Mg. Vives Garnique Juan Carlos

**Línea de Investigación
Ingeniería de Procesos Productivos**

Pimentel – Perú

2018

DISEÑO DE UNA MÁQUINA ORDEÑADORA ACCIONADA POR UNA FUERZA NO CONVENCIONAL

Aprobación de la tesis

MSc. Ángel Marcelo Rojas Coronel
Presidente del jurado de tesis

Mg. Miriam Marcela Serrepe Ranno
Secretario del jurado de tesis

Ing. Juan Carlos Vives Garnique
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

A Dios por permitir llegar hasta este momento tan importante en mi vida, por brindarme salud , bienestar y armonía y por permitir realizar mis objetivos para desenvolverme en mi rama venciendo cada uno de los obstáculos e iluminándome en el camino hacia un prominente porvenir.

A mis padres que me acompañaron siempre y permitieron que llegue a esta etapa importante en mi vida.

A mis tías, que también estuvieron acompañándome en todo este tiempo, apoyándome en todo sentido, inculcándome valores y consejos para seguir adelante y culminar con mi carrera profesional.

A mi abuelo Rodolfo, por todas sus enseñanzas que me sirvieron a lo largo de mi vida. Dios te tenga en la santa gloria, sigue guiando mis pasos hacia un futuro mejor.

Rodolfo G. Garcés Núñez

DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen María, por iluminar mi camino.

A mis padres, quienes estuvieron siempre apoyándome para alcanzar mis objetivos, y brindándome cariño sincero e incondicional.

A mi hermana que con sus consejos oportunos, me permitió demostrarle, que con esfuerzo y sacrificio se pueden alcanzar las metas.

Santiago J. Morocho Polo

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, porque ha sabido guiarme por el camino del bien, dándome sabiduría, inteligencia para culminar con éxito una etapa más de mi vida, y poder servir a la sociedad con mis conocimientos, para el progreso del país, el de mi familia y el mío en particular.

A todos los que confiaron en mí y que estuvieron allí para darme siempre una mano de confianza, ayuda, amistad y sobre todo toda la paciencia de estar a mi lado incondicionalmente. Agradecer de manera muy significativa a las personas que me dieron su apoyo y han sido mis pilares fundamentales para salir adelante

A mis padres, por todo el apoyo que siempre me han dado, si no fuera por ellos no sería lo que soy hoy en día. Gracias madre, por inculcarme siempre el estudio y por todos esos consejos que me sirvieron de mucho para salir adelante y de motivación para alcanzar esta meta.

A mi Asesor Ing. Carlos Vives, por aportar sus conocimientos y todo su apoyo para la realización de este proyecto.

A mi compañero de tesis, por todo el esfuerzo y dedicación para poder concluir el proyecto.

Rodolfo G. Garcés Núñez

AGRADECIMIENTO

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A mis amigos y amigas y a todas las personas que me incentivaron y me motivaron para seguir adelante con los objetivos de este propósito.

Finalmente, y no por ello menos importante, expreso mi aprecio a la devoción de mis abuelos, mis tíos y hermana, quienes generosamente cedieron tiempo suficiente para completar este trabajo

Santiago J. Morocho Polo

ÍNDICE

RESUMEN.....	16
INTRODUCCIÓN.....	20
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1 Situación problemática.....	22
1.1.1 A nivel internacional	22
1.1.1.1 Situación en EEUU.-Nueva York.	22
1.1.1.2 Situación en México.....	25
1.1.2 A nivel Nacional	30
1.1.2.1 Región Lima	30
1.1.3 A nivel local.....	31
1.1.3.1 Situación en la región Lambayeque	31
1.2. Formulación del problema.	33
1.3.Delimitación de la investigación.....	33
1.4. Justificación e importancia.	34
1.5 Limitaciones de la investigación	35
1.6. Objetivos	35
1.6.1 Objetivo general.....	35
1.6.2 Objetivos específicos	35
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	36
2.1 Antecedentes de la investigación.....	37
2.2. Estado del arte	49
2.3. Base teórico – científicas	53
A.Variables independientes	53
B.Variables dependientes	53
C.Manual de mantenimiento	53
D.NORMATIVIDAD	54
E.GESTIÓN SEGURIDAD Y RIESGOS.....	55
G. EVALUACIÓN ECONÓMICA.	55
2.4 Definición de términos.	59
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	67
3.1Tipo y diseño de la investigación	68
3.1.1Tipo de investigación	68
3.1.2 Diseño de la investigación	68
3.2 Población y muestra.....	68
3.2.1 Población.....	68
3.2.2 Muestra.....	68
3.3 Hipótesis	68
3.4 Variables.....	69

3.4.1 Variables Independientes	69
3.4.2 Variables dependientes	69
3.5 Operacionalización de variables.....	70
3.5.1 Variables Independientes	70
3.5.2 Variables Dependientes.....	71
3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	72
3.6.1 Métodos de Investigación:	72
3.6.2Técnicas de Investigación.....	73
3.6.3Instrumentos de Investigación	74
3.7 Procedimiento para la recolección de datos.....	75
3.8 Plan de análisis estadísticos de datos.....	79
3.8.1 Enfoque Cualitativo.....	79
3.8.2 Enfoque Cuantitativo	79
3.9 Criterios éticos	79
3.10 Criterios de rigor científico.....	80
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	82
4.1 Selección y diseño del sistema mecánico de la máquina ordeñadora.	83
4.1.1 Caja Negra	83
4.1.2 Procesos Técnicos	84
4.1.3 Estructura de funciones	84
4.1.4 Matriz Morfológica	85
4.1.5 Conceptos de solución.....	86
4.2 Caracterización del proceso de la extracción de leche.....	89
4.3 Partes de la máquina ordeñadora.....	91
4.4. Sistema de vacío de la máquina ordeñadora no convencional.	91
4.4.1. Cálculo y selección de la bomba de vacío.....	93
4.4.2. Cálculo y selección del diámetro del conducto de leche.	97
4.4.3. Cálculo y selección del diámetro del conducto de aire.....	99
4.4.4. Cálculo y diseño del tanque de vacío.	100
4.4.5. Análisis del cilindro del tanque de vacío con software FEA.	103
4.4.6. Cálculo y diseño de las tapas del cilindro.	107
4.4.7. Análisis de tapa del cilindro de vacío con software FEA.	109
4.4.8. Selección del regulador.	112
4.4.9. Selección del pulsador.	113
4.4.10.Juego de ordeño.	114
4.4.11.Contenedor de leche.....	115
4.4.12.Selección del vacuometro.	115
4.5.Sistema mecánico de la máquina ordeñadora no convencional.	116
4.5.1. Cálculo de la potencia humana generada.....	117

4.5.2. Cálculo y diseño de la transmisión.....	119
4.5.3. Dimensionamiento de la las poleas de la transmisión.	123
4.5.4. Calculo de Tensiones en las correas.....	127
4.5.5. Cálculo y diseño del eje principal.	133
4.5.6. Análisis del eje principal con software FEA.....	148
4.5.7. Selección de rodamientos del eje principal.....	151
4.5.8. Análisis de rodamientos con Software Solidwork.	155
4.5.9. Cálculo y diseño de la chaveta del eje.....	156
4.5.10.Análisis de la chaveta del eje con software FEA.	158
4.5.11.Cálculo y diseño del eje secundario.....	161
4.5.12.Análisis del eje secundario con software FEA.	166
4.5.13.Análisis de la barra oscilante con software FEA.	169
4.5.14.Diseño de la estructura.	172
CAPITULO V. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	179
5.1 Costos	180
5.1.1. Costos Directos	180
5.1.2. Costos Indirectos.....	180
5.1.3. Costos Totales	180
5.2. Planos.....	180
5.3. Manual de operación y mantenimiento de la máquina ordeñadora	181
5.3.1. Dimensiones Generales	181
5.3.2. Descripción de la máquina ordeñadora	181
5.3.3. Características generales.....	182
5.3.4. Descripción de los accesorios.....	182
5.3.5. Transporte de la máquina.....	182
5.3.6. Condiciones de almacenamiento.....	183
5.3.7. Mantenimiento general	183
5.3.8. Rutina de mantenimiento	184
5.3.9. Situación de la máquina	185
5.3.10. Dimensiones de la máquina y área de trabajo	185
5.3.11. Instrucciones de operación.....	185
5.3.12 Advertencias	186
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	187
6.1. Conclusiones	188
6.2. Recomendaciones	189
Referencias	191

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 .Una lechería en Nueva York, EE. UU., permite que las vacas ordeñen cuando quieren gracias a un robot (NEW YORK TIMES)	25
Ilustración 2 Las vacas posicionadas para el ordeño	30
Ilustración 3 Partes de una máquina de ordeño	31
Ilustración 4 Establo en el Distrito de Reque.....	33
Ilustración 5 Ordeño manual.....	39
Ilustración 6 Ordeño Mecánico	42
Ilustración 7 Ordeño con equipo mecánico	48
Ilustración 8 Mantenimiento de las partes de un Ordeñador.....	54
Ilustración 9 Máquina ordeñadora.....	60
Ilustración 10 Regulador de vacío	61
Ilustración 11 Vacuómetro	62
Ilustración 12 Bicicleta acondicionada con faja	65
Ilustración 13 Energía que se consume por unidad de.....	66
Ilustración 14: Sistema de vacío de la maquina ordeñadora.....	92
Ilustración 15: Diagrama de selección para bomba de vacío.	96
Ilustración 16: Recipiente sometido a presión según la norma ASME.	100
Ilustración 17: Cilindro sometido a presión externa en software FEA.....	103
Ilustración 18: Análisis estático – tensiones en el cilindro	105
Ilustración 19: Análisis estático – Desplazamientos en el cilindro.	105
Ilustración 20: Análisis estático – Factor de seguridad del cilindro.	106
Ilustración 21: Tapa Toriesferica.	107
Ilustración 22: Tapa sometido a presión externa en software FEA.....	109
Ilustración 23: Análisis estático – tensiones en la tapa.....	110
Ilustración 24: Análisis estático – Desplazamientos en la tapa.....	111
Ilustración 25: Análisis estático – Factor de seguridad del Tapa.....	111
Ilustración 26: Regulador de vacío.....	112
Ilustración 27: Pulsador RP30	113
Ilustración 28: Modelo del colector tipo flauta.	114
Ilustración 29: Juego de ordeño MC31.....	114
Ilustración 30: Contenedor de leche 40L TP Arco.....	115
Ilustración 31: Vacuometro de 100 Kpa.	115
Ilustración 32: Sistema mecánico de la maquina ordeñadora.....	116
Ilustración 33: Potencia Útil generada por el hombre.....	117
Ilustración 34: Potencia Útil – Velocidad - Energía	118
Ilustración 35: Ciclo de la maquina elíptica.	120
Ilustración 36: Grafica para la selección de banda.	121
Ilustración 37: Diámetro primitivo según faja.....	122
Ilustración 38: Diseño de la transmisión por correas.	122
Ilustración 39: Datos de las poleas.	123
Ilustración 40: Dimensiones de faja.	125
Ilustración 41: Dimensiones de faja para la segunda relación.	126
Ilustración 42: Ángulos de abrazamientos de la primera relación.	127
Ilustración 43: Ángulos de abrazamientos de la segunda relación.....	128
Ilustración 44: Ángulos de abrazamientos de la segunda relación.....	130

Ilustración 45: Eje principal de la maquina ordeñadora.....	133
Ilustración 46: DCL del eje principal.....	133
Ilustración 47: DCL en el plano X - Y.....	135
Ilustración 48: Diagrama de fuerza y momento del eje X - Y.....	136
Ilustración 49: DCL en el plano X - Y.....	137
Ilustración 50: Diagrama de fuerza y momento del eje X - Z.....	138
Ilustración 51: Parámetros de la condición de Marín.....	141
Ilustración 52: Factor de tamaño.....	141
Ilustración 53: Factor de carga.....	142
Ilustración 54: Factor de temperatura.....	142
Ilustración 55: Factor de confiabilidad.....	143
Ilustración 56: Grafica de sensibilidad a la muesca.....	143
Ilustración 57: Concentración de esfuerzos.....	144
Ilustración 58: Sensibilidad de la muesca.....	144
Ilustración 59: Factor de concentración de esfuerzos.....	145
Ilustración 60: Ciclos de un momento flector alternante con inversión.....	146
Ilustración 61: Ciclos de un momento torsor alterno pulsátil.....	146
Ilustración 62: Eje sometido a fuerzas en software FEA.....	148
Ilustración 63: Análisis estático - tensiones en el eje.....	149
Ilustración 64: Análisis estático – Desplazamientos en el eje.....	150
Ilustración 65: Análisis estático – Factor de seguridad del eje.....	150
Ilustración 66: Factor de velocidad.....	152
Ilustración 67: Factor de vida.....	152
Ilustración 68: Calculadora de rodamientos.....	155
Ilustración 69: Fuerzas en una chaveta.....	156
Ilustración 70: Chaveta sometido a fuerzas en software FEA.....	158
Ilustración 71: Análisis estático – tensiones en la chaveta.....	159
Ilustración 72: Análisis estático – Desplazamientos en la chaveta.....	160
Ilustración 73: Análisis estático - Factor de seguridad en la chaveta.....	160
Ilustración 74: Eje principal de la maquina ordeñadora.....	161
Ilustración 75: DCL del eje principal.....	161
Ilustración 76: Diagrama de fuerza y momento del eje X - Y.....	163
Ilustración 77: Diagrama de fuerza y momento del eje X - Z.....	164
Ilustración 78: Eje sometido a fuerzas en software FEA.....	166
Ilustración 79: Análisis estático - tensiones en el eje.....	167
Ilustración 80: Análisis estático – Desplazamientos en el eje.....	168
Ilustración 81: Análisis estático – Factor de seguridad del eje.....	168
Ilustración 82: Barra oscilante sometido a fuerzas en software FEA.....	169
Ilustración 83: Análisis estático - tensiones en el eje.....	170
Ilustración 84: Análisis estático – Desplazamientos en el eje.....	171
Ilustración 85: Análisis estático – Factor de seguridad del eje.....	171
Ilustración 86: Estructura base.....	172
Ilustración 87: Juntas soldadas.....	173
Ilustración 88: Estructura base.....	174
Ilustración 89: Enmallado de la estructura base.....	176
Ilustración 90: Tensión axial y de flexión en la base.....	177
Ilustración 91: Análisis estático – desplazamientos en la estructura base.....	177

Ilustración 92: Análisis estático – factor de seguridad de la estructura base....	178
Ilustración 93 Dimensiones generales de la máquina ordeñadora	181
Ilustración 94 Transporte de la máquina.....	183

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)	57
Ecuación 2. TASA DE INTERNA DE RETORNO (TIR).....	58
Ecuación 3: Caudal de vacío.	93
Ecuación 4: Caudal del sistema.....	93
Ecuación 5: Caudal de selección de bomba de vacío.....	95
Ecuación 6: Diámetro de conducto de leche.....	97
Ecuación 7: Caudal promedio.	98
Ecuación 8: Caudal de leche.	98
Ecuación 9: Diámetro de conducto de aire.....	99
Ecuación 10: Diámetro interior del tanque.	101
Ecuación 11: relaciones para verificar espesor.	101
Ecuación 12: Presión exterior permisible.	102
Ecuación 13: Condición de diseño.....	103
Ecuación 14: Presión admisible en tapas.....	107
Ecuación 15: Factor A en tapas.....	108
Ecuación 16: Potencia necesaria.....	117
Ecuación 17: potencia útil.	118
Ecuación 18: Potencia corregida.....	121
Ecuación 19: Relación de transmisión.....	123
Ecuación 20: Longitud de la banda.	125
Ecuación 21: Distancia entre centros	126
Ecuación 22: Arco de contacto	127
Ecuación 23: Angulo α	127
Ecuación 24: Angulo β	128
Ecuación 25: Condición de velocidad máxima.	129
Ecuación 26: Velocidad crítica.	129
Ecuación 27: Relación de tensiones	130
Ecuación 28: Potencia con respecto a las tensiones.....	131
Ecuación 29: Torque.	134
Ecuación 30: Fuerza radial en la polea	134
Ecuación 31: Fuerza tangencial en la polea	134
Ecuación 32: Diámetro según Criterio de Von Mises.....	139
Ecuación 33: Ecuación de criterio por falla de fatiga.....	140
Ecuación 34: Factor de condición superficial.	140
Ecuación 35: Factor de tamaño.	141
Ecuación 36: Esfuerzos equivalentes.....	145
Ecuación 37: Carga resultante de rodamientos	151
Ecuación 38: Carga dinámica	153
Ecuación 39: Capacidad de carga dinámica requerida.....	153
Ecuación 40: Capacidad de carga estática requerida	153
Ecuación 41: Carga estática equivalente	153
Ecuación 42: Falla debida al corte.....	156

Ecuación 43: Esfuerzo cortante en la chaveta.....	156
Ecuación 44: Falla debido a la compresión	157
Ecuación 45: Esfuerzo normal en la chaveta.....	157
Ecuación 46: Fuerza radial en la polea	162
Ecuación 47: Fuerza tangencial en la polea	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables Independientes.....	70
Tabla 2 Variables Dependientes	71
Tabla 3 Criterios técnicos y económicos.....	89
Tabla 4: Ecuación de reserva real.	93
Tabla 5: Caudal de accesorios de sistema de ordeño	94
Tabla 6: Factor de corrección de altura.	95
Tabla 7: Datos de la bomba de vacío Siemens.	96
Tabla 8: Muestra de tiempo y volumen de ordeño.....	97
Tabla 9: Datos de manguera de PVC para leche.	99
Tabla 10: Datos de manguera de PVC para aire.....	100
Tabla 11: Resultados del análisis estático del cilindro.	104
Tabla 12: Resultados del análisis estático del cilindro.	109
Tabla 13: Datos del regulador de vacío.	112
Tabla 14: Datos del Pulsador RP30.	113
Tabla 15: Datos del juego de ordeño MC31.....	114
Tabla 16: Datos de las muestras.	119
Tabla 17: Resultado del análisis estático del eje principal.....	148
Tabla 18: Características del Rodamiento FAG 6004.....	154
Tabla 19: Resultados del análisis estático de la chaveta	159
Tabla 20: Resultado del análisis estático del eje principal.....	166
Tabla 21: Resultado del análisis estático de la barra oscilante.	169
Tabla 22: Cargas que soporta la estructura base.	175
Tabla 23: Resultados del análisis dela estructura base.	176

RESUMEN

La tesis se enfocó en plantear una solución desde el punto de vista de la ingeniería mecánica eléctrica a un problema real en el sector agrícola en los establos del departamento de Lambayeque, que consistió en sustituir el ordeño tradicional por el ordeño con una máquina ordeñadora accionada por una fuerza no convencional.

De tal modo que nuestro objetivo fue diseñar una máquina ordeñadora accionada por una fuerza no convencional el cual reemplazó el ordeño tradicional por un método de ordeño mecanizado novedoso y rentable, mejorando el producto para que este cumpla con las normas de higiene establecidas y fuera una máquina realmente económica y ecológica que funcione con la potencia ejercida por un ser humano, algo muy innovador y sobre todo que no demandaría gastos extras en el sector rural de la Región.

Se inició el desarrollo del diseño conociendo la situación actual de la actividad económica en la zona y definiendo el estado del arte para el diseño. A partir de ello se plantearon los objetivos generales y específicos que debería cumplir la tecnología a diseñar.

Para el diseño de la máquina utilizamos la entrevista como método de recolección de datos, donde preguntamos al entrevistado la producción de leche diaria por vaca para poder estimar el tiempo de vida útil de la máquina, nos guiamos de fuentes bibliográficas para poder seleccionar el tipo de material para el recipiente y conductores de leche entre otros.

Además en este diseño el mecanismo de transmisión de potencia permitió el funcionamiento de la bomba minorizándolo lo mejor posible los desniveles en el vacío que se presenten por variabilidad de la entrega de potencia humana.

Se establecieron los parámetros adecuados de generación de vacío en el diseño para realizar un adecuado ordeño y mantener la salud de la ubre de la vaca.

Se evaluó la capacidad de energía del ser humano para accionar la máquina y la velocidad necesaria para accionar la bomba de vacío, siendo esta controlada por un regulador de velocidad para no desperdiciar energía.

La máquina ordeñadora se diseñó con una capacidad de potencia necesaria para la extracción de leche de una vaca en sus dos jornadas diarias.

Palabras clave: máquina ordeñadora, convencional, ordeño tradicional, bomba de vacío.

ABSTRACT

The thesis focused on proposing a solution from the point of view of electrical mechanical engineering to a real problem in the agricultural sector in the Lambayeque departmental stables, which consisted of replacing traditional milking with a milking machine operated by an unconventional force.

So our goal was to design a milking machine powered by an unconventional force which replaced traditional milking with a novel and cost effective machining method, improving the product to meet the hygiene standards established and a machine Really economic and ecological that works with the power exerted by a human being, something very innovative and above all that would not demand extra expenses in the rural sector of the Region.

The development of the design was begun knowing the current situation of the economic activity in the zone and defining the state of the art for the design. Based on this, the general and specific objectives that the technology to be designed should be met.

For the design of the machine we used the interview as a method of data collection, where we asked the interviewee to produce daily milk per cow in order to estimate the useful life of the machine, we were guided by bibliographical sources to be able to select the type of Material for the container and conductors of milk among others.

In addition, in this design the power transmission mechanism allowed the pump to function as much as possible by reducing the unevenness in the vacuum caused by variability in the delivery of human power.

Appropriate vacuum generation parameters were established in the design to make proper milking and maintain the udder health of the cow.

The energy capacity of the human being was evaluated to drive the machine and the speed necessary to operate the vacuum pump, being controlled by a speed

regulator so as not to waste energy.

The milking machine was designed with a power capacity necessary for the extraction of milk from a cow in its two daily days.

Key words: milking machine, conventional, traditional milking, vacuum pump.

INTRODUCCIÓN

La tesis se basó en la necesidad del sector agrícola del departamento de Lambayeque en el rubro de ordeño, la cual diseñamos una máquina accionada por un sistema no convencional que sustituyó el método tradicional o manual.

Las máquinas de ordeño han sido un campo en desarrollo constante durante las últimas décadas y de un desarrollo cada vez más acelerado en los últimos años. La gran popularidad que obtuvo la mecanización del proceso durante el siglo XX ha cedido el paso a la robotización y automatización total a principios del siglo XXI, a la mejora de la conservación e higiene del producto luego de la extracción y al cuidado de la salud del animal durante el proceso.

La importancia de los equipos de ordeño no solo se debe a la mejora en la producción sino también a la prevención de enfermedades como la mastitis (inflamación de los pezones), que además afecta considerablemente a la cantidad y calidad de la leche producida, es decir, a la rentabilidad de la explotación y al cumplimiento de las normas mínimas de calidad requeridas para su comercialización. Es por ello que se convierte en una necesidad en cualquier lugar donde la extracción de leche sea una actividad fundamental para la subsistencia.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática

1.1.1 A nivel internacional

1.1.1.1 Situación en EEUU.-Nueva York.

Las vacas deciden horario de ordeño en lechería robótica

Desesperadas por tener mano de obra confiable y alentadas por los precios al alza, las vaquerías en todo el estado se lanzan hacia un mundo de cuidado de ubres: ordeñadoras robóticas, que alimentan y ordeñan a vaca tras vaca, sin tocarlas con manos humanas.

En los últimos años, han aparecido veintenas de máquinas por todo el cinturón lechero de Nueva York y en otros estados, con lo que se están cambiando muy antiguos patrones en la vida cotidiana de las granjas y revigorizando el atractivo de la agricultura en una generación más joven, conocedora de la tecnología, y adversa al estiércol.

Borden agregó: “Y, es muchísimo más divertido que hacer la labor manual”. También mejoró el panorama. “En la mayoría de las salas de ordeña, usted ve la parte trasera de la vaca, realmente solo ve eso”, notó Tom, el padre de Borden. “No veo que eso forje ninguna relación”.

Parece que también les gusta a las vacas.

Los robots permiten que las vacas establezcan sus propios horarios.

Los robots permiten que las vacas establezcan sus propios horarios y hacen fila para la ordeña automatizada cinco o seis veces al día, con lo cual las sesiones antes del amanecer y ya entrada la tarde, alrededor de las cuales los lecheros construyeron su vida de tiempo atrás, se vuelven algo del pasado.

Con los transpondedores alrededor del pescuezo, las vacas reciben un servicio individualizado. Láseres les escanean y mapean el vientre, y una computadora registra mediante gráficos “la velocidad de ordeña” de cada animal, un factor crítico en el funcionamiento las 24 horas del día.

Los robots también monitorean la cantidad y la calidad de la leche que se produce, la frecuencia de las visitas a la máquina, cuánto ha comido cada vaca e, incluso, el número de pasos que ha dado cada vaca al día, lo cual puede indicar cuándo está en celo.

Las máquinas son caras y cuestan hasta 250,000 dólares (sin las adaptaciones al establo) por unidad, que incluye un brazo mecánico, equipo para limpiar las tetillas, pantallas computarizadas, aparatos para ordeña y sensores para detectar la posición de las tetillas. Introducidas primero en Europa en los 1990, apenas hace poco prendieron en Pensilvania, Wisconsin y Nueva York, el cual es líder en la producción de yogur griego y el tercer mayor productor de leche de Estados Unidos.

Kathy Barrett, una extensionista sénior adjunta en el Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida en la Universidad Cornell, dijo que el aumento reciente en los precios de la leche se debe a que los dueños de vaquerías están motivados a buscar formas nuevas de mejorar sus granjas, y la vida en ellas.

“Realmente se trata de la flexibilidad de no dejar de dormir porque a las tres de las mañana tienes que ordeñar”, comentó Barrett.

Barrett dijo que unas 30 vaquerías en Nueva York instalaron más de 100 robots ordeñadores. Dos fabricantes europeos, Lely y De Laval, dijeron que han instalado cientos más en todo el país. California, el líder en la producción nacional de lácteos, curiosamente, se ha resistido, en parte porque se presentaron problemas en algunas granjas que adoptaron la tecnología en sus primeros años.

Tom Barcellos, el presidente del organismo Western United Dairyman, quien ordeña alrededor de 1,300 vacas en su vaquería en el condado de Tulare, en California, dijo que le intrigan los robots, pero le preocupa que sean demasiado lentos para mantener el paso de las necesidades de una manada grande.

“Simplemente, no ordeñan suficientes vacas para ser económicos”, dijo Barcellos. “Se podrían ordeñar 40 vacas por hora. Nosotros ordeñamos 80”.

Sin embargo, los lecheros dijeron que, en general, se incrementa la producción porque a la mayoría de las vacas les gusta que las ordeñen con mayor frecuencia.

Los defensores del bienestar de los animales dan su cauteloso visto bueno a las máquinas. “Que no las ordeñen, las lastima”, notó Paul Shapiro, un vicepresidente de la Sociedad Humanitaria de Estados Unidos. Permitirles moverse más libremente es también una mejora respecto de métodos más antiguos que implicaban amarrarlas a soportes.

Los Borden instalaron, en noviembre, dos ordeñadoras y un impulsor robótico de alimentos tipo Roomba, en un establo nuevo para unas 100 de sus vacas, un proyecto de 1.2 millones de dólares en total. “Nos asustó un poco el dinero”, dijo Tom Borden. Sin embargo, agregó, espera que se paguen solas las máquinas en siete u ocho años con el ahorro de mano de obra y otras mejoras eficientes, como adaptar la cantidad de alimento al apetito de cada vaca.

Los Borden esperaban que bajara su producción mientras se acostumbraban las vacas a las máquinas. Sin embargo, aprendieron rápidamente.

“Solo hicieron clic”, dijo Susan Borden, la hija de 24 años de Tom Borden. “Llegamos un día y ya habían empezado a ordeñarse solas”. Como era de esperar, los Borden montaron guardia hace poco mientras las vacas hacían fila frente a los aparatos del tamaño de un armario; cada una permitió tranquilamente que la máquina le lavara y escaneara el vientre con láseres antes de colocarle los recipientes mecánicos para la leche.

Las vacas comieron todo el tiempo, luego se quitaron cuando terminó la máquina. Cerca, otro robot empujaba alimento hacia vacas que holgazaneaban en un corral y yacían en esteras de paja.

“Somos la cosa más perturbadora aquí adentro”, dijo Tom Borden.

Las máquinas han suavizado tanto a las vacas como gran parte de la rutina en la granja Borden; aunque los humanos han recibido la llamada ocasional de peligro por parte de sus ordeñadores mecanizados.

“Es una máquina, así es que se descompone”, señaló Mike Borden. “Pero la gente también se enferma”.

Todo ello ha hecho que los Borden consideren tener más robots y sueñen con los beneficios adicionales que podría traer una mejor automatización.

“No creo que vaya a dormir hasta muy tarde alguna vez”, señaló Tom Borden.

“Pero si puedo hacer que sea una hora más tarde, sería grandioso”.

(Nueva York, 2014)



Ilustración 1 .Una lechería en Nueva York, EE. UU., permite que las vacas ordeñen cuando quieren gracias a un robot (NEW YORK TIMES)

1.1.1.2 Situación en México

La máquina de ordeño de las vacas involucra a seres humanos operando un dispositivo mecánico directamente sobre el tejido vivo de las vacas. Esto puede cambiar en el futuro si el ordeño robótico entra en juego, pero mientras tanto los siguientes objetivos se mantienen.

1. Producir leche limpia libre de la mayoría de las bacterias y suciedad.
2. Extraer la leche de la ubre rápidamente, suave y de manera eficiente.
3. No generar riesgo en el pezón o lesiones en la ubre o nuevas infecciones mamarias.

El ordeño adecuado de las vacas requiere entender los conceptos básicos del ordeño en las vacas, y en salas de ordeño a gran escala, entendiendo como los grupos de ordeño utilizan diferentes ordeñadores con una rutina coordinada.

Las vacas lecheras producen y almacenan leche en millones de estructuras pequeñas en la ubre llamados alveolos. Liberan esta leche en respuesta al estímulo como por ejemplo la llevada a la sala de ordeño, el sonido de la bomba de vacío, el masaje de los pezones, el despunte, etc. Las vacas son criaturas de hábitos y responden mejor cuando las rutinas son consistentes de un ordeño a otro. Proveyendo un ambiente libre de stress y estimulando las vacas adecuadamente para liberar la leche que está ubicada en los alvéolos (Bajada de leche) es el trabajo de los ordeñadores.

Haciendo que algunos ordeñadores entiendan esto y que se le provea las herramientas y tiempo para lograr esto es el rol del encargado del tambo.

La eficiencia de los procedimientos pre ordeño inician la correcta bajada de la leche. Los nervios en el pezón/final del pezón son sensibles al tacto y a la presión. Cuando se generan los estímulos desde la punta del pezón a lo largo de los nervios la señal va por la médula espinal a la parte posterior de la glándula pituitaria en el cerebro.

Estas señales son las que causan la liberación de una hormona que es la Oxitocina, en el torrente sanguíneo y es transportada de nuevo a la ubre.

La oxitócica causa que los pequeños músculos alrededor de los alveolos se contraigan, liberando la leche y llevándola hacia la punta del pezón. Cuando esto se hace adecuadamente este efecto es notado durante 60 segundos a partir del estímulo. La Oxitocina, una vez liberada, es rápidamente sintetizada en el cuerpo, sin embargo las unidades de ordeño deben ser colocadas en los 60-90 segundos de este evento para obtener más beneficios de esta hormona. La misma es completamente eliminada después de 6-8 minutos después de su liberación.

El mantenimiento de los tiempos adecuados en los eventos clave del ordeño se torna más dificultoso cuando un largo número de vacas entra a las salas de ordeño. (Espina de pescado o paralelas) y los ordeñadores deben rápidamente preparar las vacas y colocar las unidades. Los requerimientos individuales de las vacas son los mismos y el desafío es mantener la consistencia entre los ordeñadores y entre los cambios de turnos.

Procedimiento de ordeño en sala con uno o más ordeñadores
Cuando la primera vaca entra a la sala, debe ser movida con calma a los lugares de ordeño delanteros y los ordeñadores deben comenzar inmediatamente el proceso de preparación de las ubres en las primeras 5-6 vacas. En las salas de ordeño modernas esto abarca una serie de pasos que deben ser repetidos consistentemente a todas las vacas. Esto incluye:

1. Limpieza de la superficie del pezón seco de suciedad, arena, estiércol.

Los 2 y 3 pueden realizarse en orden reverso si se prefiere.

2. Dos o tres chorros de leche de cada pezón deben ser tirados al piso de la sala para evaluación. Nunca arroje el chorro de leche en las manos ya que las mismas pueden contaminarse con leche con mastitis, (Existe un debate acerca de la necesidad y beneficios del despunte de ordeño. Como una herramienta de detección de mastitis se estableció que deben despuntarse 12,000 pezones para detectar un caso clínico de mastitis. Mucho trabajo, poca recompensa. El PMO establece que la leche anormal secretada por la ubre debe ser descartada. Los economistas discuten si el despunte reduce la capacidad de eficiencia de la sala de ordeño y si la hace menos eficiente y agrega costos. La decisión última de que si el despunte debe ser realizado o no es responsabilidad del encargado o del manejo de tambo).

3. Aplicación del pre sellador iodado a los pezones. Permitir al menos 30 segundos de tiempo de contacto para maximizar la destrucción de las bacterias y penetrar la suciedad haciendo más fácil el secado del mismo.

4. Durante 60 a 90 segundos del inicio de la preparación del ordeño, los ordeñadores deben quitar el pre sellador de las paredes de los pezones utilizando papeles individuales o toallas secas. El objetivo es llevar a tener pezones secos y limpios y que el yodo entre a la leche.

5. Colocar y ajustar las unidades de ordeño para que sean adecuadamente balanceadas.

Permita que los retiradores automáticos retiren las unidades y evite el sobre ordeño. Minimice la recolocación de las unidades y el apoyo en las unidades de ordeño, estas prácticas potencialmente contribuyen a los problemas en punta de pezón, incrementando la mastitis y reduciendo el tiempo total de ordeño. La dificultad en salas de ordeño grandes es desarrollar una rutina que involucra a muchos ordeñadores que mantengan consistencia en cada vaca en cada ordeño.

5.1 Ordeño en grupo

Envuelve a los ordeñadores trabajando con grupos individuales de 4-6 vacas y realizando todos los pasos. Los pasos 1-3 son primero completados en cada vaca del grupo y el mismo ordeñador luego retorna a la primera vaca preparada y completa los pasos 4 y 5.

Cuando el primer grupo de vacas es completado el ordeñador se mueve al siguiente grupo de 4-6 vacas y repite el proceso.

Los ordeñadores adicionales en grandes salas de ordeño (30, 40, 50 lugares) comienzan los mismos procedimientos de ordeño en la vaca 7, 13, 20, etc. Esto es repetido hasta que todas las vacas tengan su unidad de ordeño colocada.

En salas de ordeño grandes un ordeñador debe comenzar secando y presellado, luego un segundo ordeñador sigue con el despunte individual en cada vaca. Aproximadamente 60 segundos desde que la primera vaca es preparada, otro ordeñador seca los pezones y coloca las unidades de ordeño. Debe existir una perfecta sincronización de las actividades de los ordeñadores para mantener los intervalos de tiempo adecuados sino los tiempos de la primera vaca diferirán de la última.

5.2 Ordeño rotativo

El ordeño en las salas rotativas es algo menos complicado ya que las vacas vienen al ordeñador. La posición 1 debe preparar las vacas (pasos 1-3) y la posición 2 debe colocarse los suficientes lugares de ordeño de la posición 1 para que las unidades sean colocadas 60-90 segundos después. La posición 3 puede corregir la alineación de las unidades de ordeño.

La posición 4 está cerca de la salida y es responsable del sellado de los pezones.

Los procedimientos de ordeño, las unidades en tiempo y la finalización del ordeño a partir del menor flujo de leche han sido debatidos por varias razones. Una razón práctica es la eficiencia general de la salas de ordeño. Cada lugar en la sala de ordeño es costoso para el ganadero y ellos desean que el mismo se

pague lo más rápido posible. En muchas instancias esto lleva a que las salas trabajen a la máxima capacidad y se ordeñen la máxima cantidad de vacas como sea posible en 24 horas.

Más tandas de vaca por hora en la sala de ordeño significan más vacas ordeñadas en 24 horas lo que significa más leche. La venta de leche paga la inversión.

Si una rutina de ordeño puede ser implementada para lograr más tandas de vacas en 24 horas entonces más vacas pueden ser ordeñadas con mayor frecuencia.

El objetivo en general debe ser ordeñar mayor número de vacas rápidamente sin tener problemas en las ubres o en los pezones.

Los objetivos deben ser:

1. Inmediatamente después de la colocación de la unidad de ordeño el flujo de leche debe llegar al máximo sin demoras.
2. Cuando el flujo de leche llega a un mínimo nivel aceptable al final del ordeño, las unidades de ordeño deben ser retiradas rápidamente. Los ajustes en los tiempos del retirador automático pueden ser ajustados y en muchas instancias hoy se están configurando en 1.5-2.0 libras por minuto (3x) y el delay del retirador minimizado.

El control de la mastitis, la condición de la punta del pezón y los procedimientos de ordeño están estrictamente relacionados.

El procedimiento más efectivo de control para minimizar el contagio de la mastitis es el uso efectivo del sellador post ordeño. El sellador debe ser colocado cubriendo toda la superficie del pezón para proveerlo de la mayor protección. Esto puede ser realizado con una taza de sellado y con un dispositivo de spray para lograr la mayor cobertura de la piel y los mejores resultados. (ACTUALIDAD, s.f.)

Sistema de máquinas de Ordeño



Ilustración 2 Las vacas posicionadas para el ordeño

Fuente: <http://www.agromundo.com.mx/art3.html>

1.1.2 A nivel Nacional

1.1.2.1 Región Lima

Funcionamiento y Evaluación de Máquinas de Ordeño y su Repercusión en la Mastitis Bovina

El correcto funcionamiento de una máquina de ordeño, tiene una relación tanto o más estrecha que la que físicamente guarda con la glándula mamaria de la vaca lechera, de ahí que llame la poca atención que el ganadero tiene con sus unidades de ordeño, en lo referente a la instalación y mantenimiento. Si se tiene en cuenta que son máquinas que están dos y en otras tres veces al día trabajando en el ordeño, son máquinas que están en permanente contacto con la ubre de las vacas, de manera que en la medida que funcione mal o bien, se darán casos de mastitis en las vacas, sean esta de índole clínico o subclínico.

Debe quedar claro que las máquinas de ordeño de reciente fabricación e instalación han mejorado sustancialmente en lo referente a concepción y diseño, y esto evidentemente permite un mejor uso y por tanto mejora sustancial en lo que a sanidad de la ubre se refiere, condición que se traduce en mayor volumen de leche y mejor calidad del producto.

(Buiatría, s.f.)

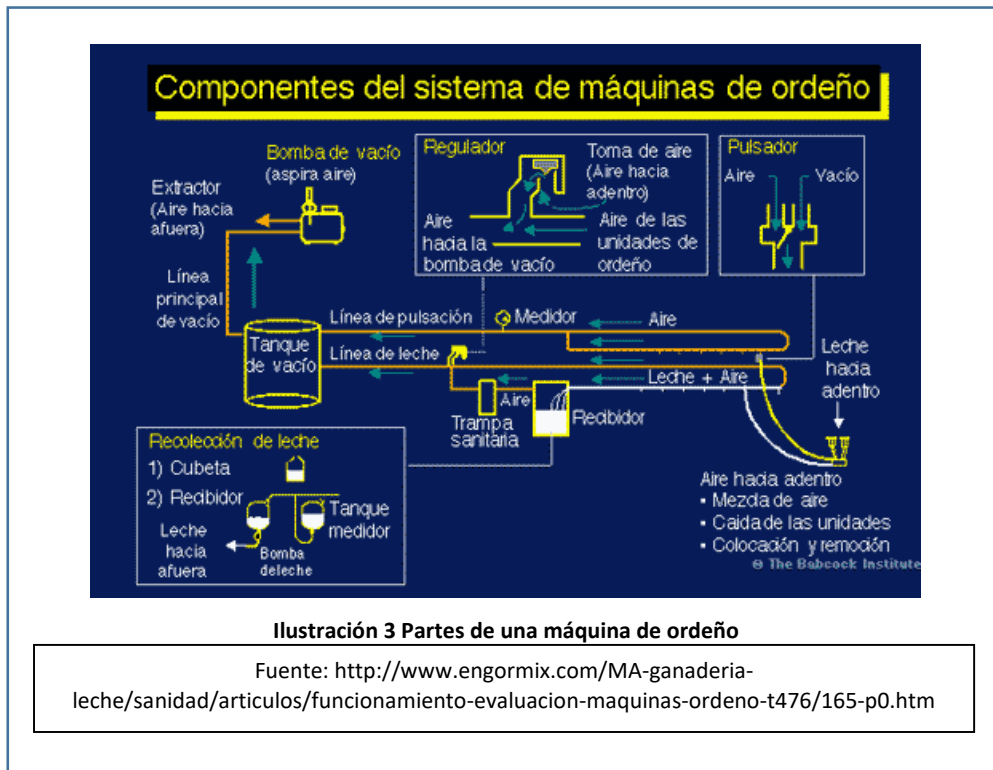


Ilustración 3 Partes de una máquina de ordeño

Fuente: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/sanidad/articulos/funcionamiento-evaluacion-maquinas-ordeno-t476/165-p0.htm>

1.1.3 A nivel local

1.1.3.1 Situación en la región Lambayeque

Ganaderos lecheros de Lambayeque están dejando actividad por falta de apoyo.

Indicaron que en la región existe producción lechera pero por falta de alternativas para vender, la ganadería se está perdiendo.

El presidente de la Asociación de Ganaderos de la región Lambayeque, José Nelson Villegas Campos, informó que un 20 % de ganaderos han decidido dejar esta actividad, debido a que ya no es rentable, tanto el precio de la leche como la compra de insumos.

Villegas Campos, manifestó que ganaderos de las localidades de Zaña, Pomalca, Tután, Batangrande, entre otras, están vendiendo sus animales para dedicarse a otras actividades como la crianza de cuyes y aves, a consecuencia de la baja en la producción lechera por la falta de apoyo de las autoridades.

“Actualmente los costos de la alimentación para el ganado son elevados y no hay una entidad que regularice el tema del precio de la leche. Por este motivo es que los ganaderos están cambiando este rubro porque ya no es rentable, hay un tema de monopolio, incluso los municipios no apoyan al consumo de leche en los programas de Vaso de Leche”, señaló.

Ante esta situación, Villegas Campos dijo que instalarán una mesa de diálogo para abordar su problemática con todas las asociaciones de Lambayeque, a fin de poder impulsar el tema de la ganadería pues no hay representación y están desorganizados.

Asimismo, precisó que son aproximadamente cuatro mil ganaderos en toda la región Lambayeque. (RPP, 2015)

Establo en el distrito de Reque



Ilustración 4 Establo en el Distrito de Reque

Fuente: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-nuevo-establo-modelo-reque-permitira-mejorar-calidad-lechera-chiclayo-235938.aspx>

1.2. Formulación del problema.

El diseño de una máquina ordeñadora accionada por una fuerza no convencional.

Objeto de estudio: Diseño de la máquina ordeñadora

1.3. Delimitación de la investigación.

La investigación se realizó en el departamento de Lambayeque, Distrito de San José, C.P. Gallito para la obtención de datos y así poder realizar el diseño de la máquina ordeñadora.

1.4. Justificación e importancia.

Técnico:

Se diseñó una máquina ordeñadora que permita el desarrollo tecnológico de la industria nacional la cual funcionará con la potencia ejercida por el hombre con la finalidad de minimizar costos que demandan gasto las máquinas ordeñadoras convencionales que funcionan con electricidad o combustible.

La investigación tuvo como finalidad mejorar el proceso de la extracción de leche de las vacas para mejorar la calidad del producto.

Ambiental:

El funcionamiento de la máquina no tuvo impacto ambiental, ya que es una máquina accionada por una fuerza no convencional la cual la hará 100% ecológica.

Económico:

Una de las grandes dificultades que aquejan a las personas dedicadas al ordeño con máquinas, es el alto consumo de energía .Por lo tanto la investigación tuvo como objetivo mejorar el proceso de ordeño disminuyendo costos que generen demanda de energía eléctrica y/o combustible.

De igual manera el ahorro económico que demandará menos personal a cargo.

Social:

Mejorará las condiciones de ordeño con una máquina moderna generando el bienestar en las personas que se dedican a esta actividad.

1.5 Limitaciones de la investigación

Para la realización del proyecto tuvimos dificultad con los costos para el diseño de la máquina.

1.6. Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diseñar una máquina ordeñadora que funcione con una potencia mecánica no convencional para obtener un mejor producto sin la intervención de la energía eléctrica o el uso de combustibles.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Extraer la leche por medio de la maquina ordeñadora con una potencia no convencional.
2. Establecer parámetros adecuados de generación de vacío en el diseño para realizar un adecuado ordeño y mantener la salud de la ubre de la vaca.
3. Diseñar el mecanismo de transmisión de potencia que permita el funcionamiento de la bomba, minimizando desniveles en el vacío que se presenten por variabilidad de la entrega de potencia humana.
4. Diseñar el sistema de conducción de leche que permita un alto nivel de higiene para obtener un producto de calidad.
5. Establecer un manual de uso y un plan de mantenimiento.
6. Realizar planos de la máquina.
7. Elaborar cuadro de costos de la Máquina Ordeñadora.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

“DISEÑO DE UNA ORDEÑADORA MECÁNICA PARA EL SECTOR RURAL”

Lima, Abril del 2012

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se enfocó en plantear una solución desde el punto de vista de la ingeniería a un problema real de los pobladores de la comunidad de Langui, Provincia de Canas, Cusco: Posibilitar el crecimiento económico aumentando sus posibilidades de comercio en el mercado de los lácteos. El objetivo se conseguiría ideando una máquina que pudiera volver más eficiente su producción de leche, entregara un producto que cumpliera con las normas de higiene para su comercio a mayor escala, fuera económicamente competitiva con las máquinas convencionales pequeñas para ordeño y que sobretodo, sea coherente con el concepto de tecnología apropiada para el sector rural.

Se inició el desarrollo del diseño conociendo la situación actual de la actividad económica en la zona y definiendo el estado del arte para el diseño. A partir de ello se plantearon los objetivos generales y específicos que debería cumplir la tecnología a diseñar, los cuales se detallan a continuación:

Diseñar una ordeñadora mecánica que funcione con potencia humana directa para sectores rurales alejados en los cuales no sea accesible la energía eléctrica. Además en este diseño el mecanismo de transmisión de potencia debe permitir el funcionamiento de la bomba minorizandolo mejor posible los desniveles en el vacío que se presenten por variabilidad de la entrega de potencia humana. También se deberá implementar el sistema de conducción de leche con la higiene necesaria para permitir una más amplia comercialización de la leche. Por último se deberán establecer los parámetros adecuados de generación de vacío en el diseño para realizar un adecuado ordeño y mantener la salud de la ubre de la vaca.

Con los objetivos planteados se elaboró el desarrollo conceptual del diseño, desarrollo de propuesta de proyecto (preliminares), evaluación técnica-económica y por último la elección del proyecto más adecuado como solución. En la siguiente etapa se desarrolló el dimensionamiento principal de la máquina (potencia, presión de vacío, capacidad de ordeño) y luego el cálculo de la máquina, las pérdidas de presión en el sistema de transporte, los esfuerzos en los bastidores entre otros.

Más adelante se presentan los costos aproximados del diseño satisfactoriamente realizado.

Finalmente se incluyen las conclusiones del autor respecto al diseño el cual pudo cumplir los objetivos planteados adecuadamente, sin embargo el autor también incluye algunas precisiones que considera en estudios posteriores podrían mejorar el diseño. (Maguiña, 2012)

“MANEJO INTEGRAL DEL ORDEÑO”

BENICIO CUBILLOS QUINTERO – MEDICO VETERINARIO INSTRUCTOR SENA- ÁREA PECUARIA

FORMAS DE ORDEÑO

Ordeñar es sacar o extraer la leche contenida en la cisterna del pezón, la cual proviene de la cisterna del cuarto de la ubre, se puede realizar en forma manual o mecánica, estas dos formas imitan a la mamada del ternero.

El ordeño debe ser rápido, sin interrupciones, con el fin de que se termine antes de que sé inactiva la oxitócica, que es la responsable de la salida de la leche.

Completo para que no se descreme la leche y evitar la mastitis.

Sin dolor, para que se produzca buena cantidad de leche.

Higiénico, las manos del ordeñador, medio ambiente y los materiales empleados deben estar limpias.

ORDEÑO

Debe iniciarse en las vacas al sexto día de parida, en un sitio bien ventilado, higiénico y proporcionar bienestar tanto en las vacas como a los ordeñadores; proveerse de un buen abastecimiento de agua potable para el aseo de los utensilios y edificaciones.

ORDEÑO MANUAL

Ordeñar manualmente es sacar o extraer la leche contenida en la cisterna del pezón, apretando o presionando el pezón, con una técnica que facilite la salida de la leche sin lesionarlo. En este sistema se utiliza la mano del hombre para la extracción de la leche de la ubre comprimiendo con la fuerza ejercida por la mano, mediante dos movimientos simultáneos, parecidos a la que realiza el ternero cuando mama.



FORMAS DE ORDEÑO MANUAL

El ordeño manual debe hacerse a mano llena, o a dos dedos, presionando la base del pezón a pulso, no debe jalarse los pezones en forma de maraqueo debe hacerse en seco, con la ubre y las manos limpias y secas y nunca mojadas porque así el riesgo de causar heridas en los pezones es menor y se evita contaminación en la leche, con líquidos que bajan a lo largo del pezón, cuando se ordeña con la manos húmedas.

Si se ordeña a pellizcos, campaneando o con el dedo pulgar metido, el ordeño no es correcto. Se debe ordeñar lo más rápido posible para evitar que la vaca esconda la leche y quede leche sin salir de la ubre. El tiempo a emplear es de 5-7 minutos.

Ordeño correcto:

1. Colocarse en posición correcta para ordeñar
2. Colocar el balde entre las pernas, presionándolo entre las rodillas
3. La rodilla izquierda del ordeñador debe quedar en contacto con la pierna derecha de la vaca, para cuando ella intente moverse, el ordeñador se dé cuenta.
4. El pie izquierdo del ordeñador debe quedar en posición adecuada de tal forma que pueda pararse con facilidad y nunca meterlo debajo de la vaca, ya que puede ser pisoteado.
5. El cuerpo del ordeñador debe quedar lo más erguido posible, la cabeza no se debe apoyarse sobre el costado de la vaca porque si ésta salta el ordeñador puede ser lesionado.
6. El pezón posterior izquierdo se toma con la mano derecha y el derecho con la mano izquierda.
7. Tomar con la mano izquierda el pezón anterior derecho y el derecho con la mano izquierda.
8. Escribir bien los cuartos, primero los posteriores y luego los anteriores.
9. En un ordeño bien hecho, los brazos del ordeñador casi no se mueven y los chorros de leche que salen de los pezones son fuertes, gruesos, largos y seguidos.

CASOS ESPECIALES DE ORDEÑO

Vacas recién parida. El escurrido de los cuartos se debe hacer suave, porque la ubre esta inflamada y congestionada.

Vacas Duras. Tienen el esfínter muy cerrado y bastante fuerte, lo cual opone resistencia a la salida de la leche. El ordeño se hace más difícil, pero puede facilitarse, tomando el pezón bastante bajo, es decir, por la punta y haciéndole fuerte presión.

Vacas demasiado blandas. Presenta esfínter flojo y dejan salir la leche antes del ordeño. Estas vacas deben ser ordeñadas en el primer turno y usar poca presión, además debe cogerse los pezones bien arriba.

Vacas con pezones muy largos. Para facilitar un poco el ordeño, se debe tomar el pezón por la parte baja.

Vaca con pezones muy cortos. Se facilita tomando el pezón bien arriba con una porción de ubre.

ORDEÑO MECÁNICO

Ordeñar mecánicamente es sacar la leche contenida en la cisterna del pezón y de los cuartos de la ubre dela vaca con la ayuda de una máquina ordeñadora, lo cual imita la manada natural del ternero.

Estos equipos los hay para corrales abiertos (ordeño a cántaro) o para sala de ordeño en ellas las vacas son ordeñadas en cubículos individuales.

El ternero mama así: mantiene la boca fija al pezón, aspira (chupa) la leche, presionando el pezón con la lengua y el paladar, aspira de nuevo en serie hasta sacar toda la leche. Los diversos tipos de máquinas ordeñadoras intentan producir estos mismos movimientos con mayor o menor exactitud.

El éxito del ordeño mecánico se basa en el aseo, manejo y mantenimiento y recomendaciones de la casa fabricante.

Ordeño Mecánico



Ilustración 6 Ordeño Mecánico

Fuente: Ordeño Mecánico – Gabriel Serrano Díaz

PARTES DEL EQUIPO

1. Cuatro pezoneras que se aplican a los pezones.
2. Un cántaro colector, que recibe la leche de las pezoneras el cual puede ser jarras graduadas o tinas inoxidables.
3. Una bomba de vacío que aspira (chupa) la leche.
4. Suiches eléctricos y mangueras accesorias.
5. Una serie de tuberías que conecta los elementos descritos.
Lo ideal es que el equipo contenga el DUVAC, el cual controla las pulsaciones de los impulsadores.

PROCESOS DEL ORDEÑO MECANICO

Las pezoneras son cámaras del metal y caucho donde por efecto de una bomba se hace en vacío en forma alternada, permitiendo la entrada de aire al pezón y la salida de leche de este.

CONDICIONES HIGIÉNICAS PARA EL ORDEÑO

Esto se refiere a los cuidados que se deben tener con la leche durante el ordeño y después de éste, para evitar hasta donde sea posible su contaminación.

Se debe proteger el balde con leche al momento que la vaca orine o defaque para evitar que éste pueda salpicarse, igualmente cuando la vaca este moviendo la cola.

El ordeñador debe lavarse las manos con agua jabonosa antes de iniciar el ordeño y no debe meter los dedos dentro de la leche, tener ropa adecuada, limpia y buena salud.

Los utensilios utilizados en el ordeño deben lavarse con agua hirviendo y con una solución a base de cloro.

Al iniciar el ordeño se observan los primeros chorros para detectar la presencia de mastitis, en caso de sospechar esta enfermedad se hace la prueba de diagnóstico rápido, que consiste en echar un chorro de leche en un fondo oscuro, allí se observa grumos gelatinosos en caso positivo o también se hace pasando el chorro por una coladera de seda con el mismo resultado en caso positivo.

Los animales enfermos deben ordeñarse de último para evitar contagiar el resto del hato y la leche de los cuartos enfermos se elimina para el consumo humano.

Para evitar caída de pelos en la leche, se debe motilar la ubre o cepillarla con frecuencia.

MEDIO AMBIENTE

Se debe disponer de un sitio agradable y limpio con el propósito de obtener un producto higiénicamente de buena calidad, además los ordeñadores deben tener cierto grado de cultura que le permita entender el mecanismo fisiológico de la lactancia para alcanzar una mayor producción de leche.

1. Sala de ordeño. Su ubicación debe ser apropiada, ventilada, higiénica y que tenga espacio suficiente para remover el estiércol.
2. Provisión de agua. Debe ser fresca y no contaminada, esos depósitos de agua deben estar cubiertos para protegerlos de ratones, pájaros y otros animales.
3. Vías de acceso. El sitio de ordeño debe estar construido cerca de un camino bien mantenido y transitable.
4. Iluminación. Debe ser adecuada para tener una buena visibilidad y poder controlar el proceso de ordeño.
5. Terreno. La sala de ordeño debe ser construida en un terreno plano, sin declives acentuados, superficies bien niveladas y con muy poca humedad.
6. Drenaje. Suelo arenosos con declives suaves, esto favorece la sanidad de los trabajadores y de las vacas haciendo más agradable y sencillo el ordeño.
7. Panorama. Sembrío natural y árboles rompe vientos como defensa natural contra el viento para proteger el establo; un buen paisaje hace el ordeño más agradable.
8. Higiene del terreno. El establo debe ser fácil de lavarlo y desinfectarlo, para evitar bacterias y moscas que pueden poner en peligro la salud de los animales y de las personas.
9. Ordeñador. Al ser seleccionado se le deben practicar los exámenes pertinentes para contactar que están libres de enfermedades contagiosas, estos exámenes se deben realizar cada seis meses y además estar vacunado contra las principales enfermedades infecciosas.

(VETERINARIO)

“CALIDAD DE LA LECHE HIGIENE EN LA EXPLOTACIÓN LECHERA”

Módulo: Higiene en la explotación lechera

Elaboró: Ernesto Madrigal, Marina Álvarez

Fecha: Diciembre de 1999

PROCEDIMIENTO PARA LA ORDEÑA MECÁNICA

Además de considerar los puntos clave antes enunciados:

I. MEDIDAS PREVIAS

1.1. Verificar que el equipo de ordeño funcione correctamente.

1.2. En el caso de equipo con lavado manual, disponer de una cubeta (s) con una solución adecuada para desinfectar las pezoneras a cada cambio de vaca. Se debe:

- Utilizar agua potable,
- Una concentración adecuada,
- Cambiar la solución frecuentemente, cada cuatro vacas, o las veces necesarias de suerte que se mantenga su efectividad.

II. ACTIVIDADES

1. De acuerdo con los puntos clave y medidas previas antes señalados:

- a) Entrampar la vaca.
- b) Despuntar.
- c) Secar los pezones.

2. Colocar las pezoneras, el tiempo recomendado es de 1 minuto o menos. La colocación de las pezoneras debe hacerse cuidadosamente para evitar la entrada de aire excesivo en el sistema de ordeño.

3. Ajustar las unidades de ordeño cuando sea necesario. Las unidades de ordeño deben observarse cuando se colocan en la ubre para asegurarse que se ajusten correctamente, lo que permitirá un ordeño completo y prevendrá que se resbalen las pezoneras. Cuando se ordeña con equipo mecánico, durante el proceso, la leche constituye una forma de barrera entre el vacío que provoca la máquina de ordeño y los tejidos del pezón. Cuando ésta deja de escurrir, esa protección desaparece, exponiendo los tejidos a los efectos del vacío, provocándoles, primero, congestión, después, a la larga, lesiones, notablemente al nivel del conducto del pezón; justo allí, donde se concentran los medios de defensa de la vaca para impedir la penetración de bacterias patógenas en el cuarto. Al final de la ordeña aumentan las probabilidades de entrada de aire al conducto del pezón, y por tanto, los riesgos de infecciones temibles.

Esas entradas de aire pueden evitarse manteniendo y controlando el buen funcionamiento del equipo. Para limitar esos riesgos, es importante:

- a)** Que el ordeñador esté atento para intervenir de inmediato cuando la leche cese de salir.
- b)** Cerrar el vacío antes de remover las pezoneras. La remoción se efectúa simplemente por gravedad. Las unidades de ordeño nunca deben ser jaladas teniendo vacío, ya que la punta del pezón se lesionaría y la mastitis estaría presente. Existen en el mercado ordeñadoras móviles que no cuentan con cierre de vacío. No se aconseja usar este tipo de equipo.
- c)** Al final de la ordeña de cada vaca, enjuagar las unidades con agua potable y una solución desinfectante. Si se cuenta con equipo automático, verificar que la función se realice correctamente, si no, mediante inmersión de las pezoneras o mamilas en una cubeta donde se haya preparado la solución adecuada. El enjuague debe ser eficiente: la solución debe cambiarse frecuentemente para mantener la efectividad disminuida por la acumulación de leche y materia orgánica. Además,

debe asegurarse que penetre plenamente en las mamilas con el fin de desplazar el aire que se encuentra al interior de las mismas. La investigación ha demostrado que las vacas que producen 10 litros por ordeño requieren 5 minutos de ordeño. La adición de 5 litros requiere un minuto adicional.

4. Sellar los pezones.
5. Liberar la vaca de la trampa.
6. Conducir a la vaca fuera del área de ordeño.

(Ernesto Madrigal, 1999)

ORDEÑA CON EQUIPO MECANICO (fijo o movil)



1

Entrada
de la vaca a la trampa

2

Despunte
Se extraen los primeros chorros de leche y se analizan.

3

Presello
Lavado, desinfectado de pezones.
Inmersión en solución desinfectante

4

Secado de pezones
Se usan toallas desechables individuales.
Una por cuarto.

5

Se colocan las pezoneras
Recepción de la leche.

6

Retiro de las pezoneras
Si el equipo no para automáticamente, estar atento cuando deje de fluir leche para retirar inmediatamente las pezoneras cuidando que al hacerlo no haya vacío. Se enjuagan en solución desinfectante y se escurren antes de volver a usarlas en otra vaca.

7

Sellado
Inmersión de pezones en solución selladora

8

Se libera a la vaca
de la trampa

9

Salida
Se retira a la vaca del área de ordeño.



Antes de iniciar la ordeña:

- 1.- Tener todo el equipo y material dispuesto.
- 2.- Tener reunidas y lotificadas a las vacas en área de espera.

La práctica de ordeña requiere de al menos dos personas: (Vestidos apropiadamente).
La primera persona prepara, conduce y entrapa a las vacas.
El ordeñador(es), una vez iniciada esta labor, se dedica exclusivamente a ellas. Despunta, presella y seca los pezones, coloca y retira las pezoneras, y sella los pezones. Previamente se lava y se desinfecta las manos a cada cambio de vaca.

Ilustración 7 Ordeño con equipo mecánico

Fuente: Módulo Higiene en la explotación lechera

2.2. Estado del arte

MÁQUINAS DE ORDEÑO Y CALIDAD DE LECHE

Con el desarrollo tecnológico y crecimiento del tamaño de los rodeos, comienzan a aparecer los equipos de mayor tamaño y producción de más calidad. En este informe se aborda un importante número de problemas de funcionamiento que atentaban contra la cantidad y calidad de leche cosechada.

Comenzando con la historia de los equipos de ordeño en la Argentina se puede decir que los mismos aparecieron con el desarrollo de la producción lechera en nuestro país, y acompañaron el crecimiento de dicha producción según las necesidades de la misma (aumento del tamaño de los rodeos, aumento de producciones individuales, mayores requerimientos de calidad de leche), no estando exentos de los vaivenes propios de la economía que afectaron el crecimiento del sector lácteo y por consecuencia su crecimiento tecnológico.

En aquellos primeros años, con rodeos de un bajo número de vacas y con bajas producciones individuales, requerían de simples equipamientos, en la mayoría de los casos de “balde suspendido” o “al tarro”, con 2 a 4 unidades de ordeño, siendo contados los casos de equipos de “línea de leche”.

Con el desarrollo tecnológico y crecimiento del tamaño de los rodeos, comienzan a aparecer los equipos de mayor tamaño y de línea de leche (fundamentalmente alta) y con ellos un importante número de problemas de funcionamiento que atentaban contra la cantidad y calidad de leche cosechada.

Aún no se comprendía cabalmente que “la cosecha de leche era la culminación del proceso productivo donde se había invertido tanto tiempo, esfuerzo y dinero”.

Esfuerzos estatales (INTA), privados (servicios técnicos de algunas

empresas lácteas), de fabricantes y/o importadores de equipos de ordeño o de algunos pocos técnicos de la actividad privada, hicieron que se empiece a pensar en mejorar la oferta de calidad tecnológica de los equipos de ordeño.

En la década del '80 se produce una “explosión tecnológica” con la aplicación de la “normalización de los equipos de ordeño”, de parte de los fabricantes e importadores, la venida al país de técnicos de los países más avanzados en producción láctea para capacitar a los técnicos de empresas de ordeñadoras y de actividad privada, la capacitación de los técnicos en control de equipos de ordeño con el uso de Normas ISO en el chequeo de los equipos de ordeño. Esto hizo que tengamos una tecnología de ordeño muy parecida a la utilizada en los países más desarrollados en lechería, adaptados a nuestra realidad. Estos equipos con rediseños (mínimos en algunos casos), permiten adaptarse al paulatino y sostenido crecimiento del tamaño de los rodeos y fundamentalmente al crecimiento de las producciones individuales.

(TODOAGRO, 2009)

Situación actual

En los últimos años se observa una reducción marcada en el número de tambos, no así en la cantidad de vacas ordeñadas que se ha mantenido.

Esta tendencia muestra que los tambos chicos tienden a desaparecer y las vacas de estos son vendidas a tambos de mayor escala.

En este aspecto vemos 3 tipos diferentes de sistemas de producción a los cuales tiende el mercado:

a) Tambos pequeños (familiares o de cuencas no tradicionales):

120–150 vacas en ordeño.

En el corto plazo necesitarán:

Mínima tecnología para obtener un correcto ordeño se instalarán equipos usados “reciclados” de instalaciones que pasaron a tener un mayor tamaño y dejaron de usarlos por quedar “sub dimensionados”.

En el mediano y largo plazo necesitarán:

De una alta automatización (escasa mano de obra), como ser: estimulación automatizada, extractores de pezoneras, sistemas de lavado automatizados/programados, medición electrónica de leche, etc. Uso del robot en la instalación, reemplazando la escasa mano de obra y en algunas casos falta de calidad de la misma.

En el mundo se están probando con éxito estos sistemas.

b) Tambo mediano a grande:

300 – 700 vacas en ordeño.

Tecnología de ordeño intermedia y de punta. Algunos de estos tambos con economías de escala intermedia, les cuesta crecer con recursos genuinos, y en muchos casos han evitado la venta de vaquillonas propias obligándolos a crecer sin la estructura adecuada.

Son tambos que necesitan ser rentables.

Sin embargo les cuesta demasiado el crecimiento para el “salto”, por lo que están sub dimensionados y desbordados se observa un aumento de la producción individual por lo cual se deberían redimensionar los equipos de ordeño o mejorar la tecnología de los mismos (cantidad de vacío, capacidad de líneas y colectores, posicionamiento de las unidades de ordeño, retirado o corte para evitar sobre ordeño).

Están sub dimensionados en estructuras, por lo cual se pasan muchas horas ordeñando, esto agrava el problema actual del sector en lo que respecta a la cantidad y la calidad de personal para este tipo de trabajo.

c) Mega tambos: >800 – 3000 vacas en ordeño

Tambos con tecnología de punta, economía de escala grande, con recursos que ingresan desde fuera del sector que le permiten realizar inversiones importantes con retornos a largo plazo.

Los mismos intentan ser más eficientes en su producción por manejar economías de escala logran ordeñar más litros por vacas y por lactancia.

Tienen un rápido crecimiento por compra de vaquillonas, uso de semen sexado, etc.

Muchas veces comienzan a encerrar las vacas sin asesoramiento correcto. Los litros por vaca son mucho más constantes. Por Ej. Producciones de 28 litros/vaca/día no son raros.

En este contexto se observa un cliente promedio más exigente que quiere mayor tecnología para el ordeño y control de sus animales. Esto se ve reflejado en la gama de componentes incluidos en los nuevos equipamientos de ordeño. Hoy se venden máquinas que incluyen mayor cantidad de componentes importados que brindan al cliente, mayor confiabilidad, menores costos de recambio y mantenimiento. También en lo referente al control de animales hay mayores demanda de equipamientos con sistemas de retirado de pezoneras o sistemas de corte, estimulación automática, medición de individual de leche, puerta de selección para aparte, programas de gestión, sistemas de lavado automático de equipos de ordeño, etc.

En general, la tendencia del mercado es hacia un cliente promedio que deberá ordeñar mayor cantidad de vacas con instalaciones más grandes y tecnificadas. Este productor está buscando un modelo productivo más eficiente que le permita ordeñar más litros a un costo operativo inferior. A tal fin, se impulsa al cambio o a la modificación de su sistema productivo actual, valiéndose de información actualizada del mercado local e internacional.

En este ámbito, el servicio, se torna relevante. Una persona debe estar siempre dispuesta a fin de brindar asistencia en la solución de los problemas, abarcando todo el sistema productivo no solo aquellos relacionados al equipamiento de ordeño.

De la misma manera, las posibilidades para el ingreso de nuevos productores al sistema, se ven limitadas (aunque son posibles) por los altos costos que involucra la inversión inicial. Siendo esta necesaria a fin de adquirir una escala aceptable que favorezca la rentabilidad del negocio.

(Marcelo Baldan, s.f.)

2.3. Base teórico – científicas

A. Variables independientes

1. Presión de ordeño
2. Dimensiones o geometría de las ubres de la vaca
3. Caudal de ordeño

B. Variables dependientes

1. Diseño de la máquina.
2. Costos

C. Manual de mantenimiento

Como toda máquina, estas se desgastan y debe existir un mantenimiento adecuado para el buen funcionamiento de la misma, por lo tanto se recomienda:

Mantenimiento del motor

1. Desconectar la electricidad antes de hacer el mantenimiento.
2. Chequear el nivel de aceite en la parte de arriba.
3. Para verificar botes de aceite fácilmente, chequear las conexiones de las mangueras de aceite.
4. Guardar la ordeñadora en un lugar cerrado.
5. Si usa la ordeñadora por un largo periodo de tiempo, al encenderla déjela trabajando sola por unos 3 minutos antes de comenzar el ordeño.
6. Use aceite 10/30

(CASAGRI)

Mantenimiento de las partes de un ordeñador

	MANTENIMIENTO	TIEMPOS DE CONTROL
Motor eléctrico	Limpiar con aire una vez al mes	Después de cada ordeño
Cable eléctrico	-	Después de cada ordeño
Bomba de vacío	-	Después de cada ordeño
Placas de la bomba	Una vez al mes	Después de cada ordeño
Escape	-	Después de cada ordeño
Pulsador	Después de cada ordeño	Una vez al mes
Medidor de vacío	Después de cada ordeño	Después de cada ordeño
Tanque de vacío	Después de cada ordeño	Una vez al mes
Regulador	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Colector	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Forros	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Mangueras de la leche	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Manguera pulsátil	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Cantara	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Juntas	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Juntas de la cantara	Después de cada ordeño	Una vez por semana
Chasis	Después de cada ordeño	Una vez al mes

Ilustración 8 Mantenimiento de las partes de un Ordeñador

Fuente: Casagri

D. NORMATIVIDAD

Los procedimientos presentados aquí son guías basadas en los estándares para la instalación y rendimiento (ASAE S518) y técnicas de medición (ASAE EP445) desarrollados por la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE). (Committee, 2001)

E. GESTIÓN SEGURIDAD Y RIESGOS

SEGURIDAD:

La máquina debe ir con las instrucciones de montaje, uso y mantenimiento. La máquina debe tener un nivel de seguridad para preservar a las personas, instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación. Deberá tener un sistema de indicadores de fallas para evitar peligros en el funcionamiento. Se debe evitar el ingreso de elementos perjudiciales en el sistema ya que puede dañar elementos en los mecanismos.

RIESGOS:

Riesgos por contaminantes que producen la mastitis

La mastitis, o la inflamación de la glándula mamaria, es la enfermedad más común y costosa del ganado lechero en la mayor parte del mundo. A pesar del estrés y las lesiones físicas se puede causar la inflamación de la glándula, la infección por bacterias invasoras u otros microorganismos (hongos y virus) son las principales causas de mastitis.

Las infecciones comienzan cuando los microorganismos penetran el canal del pezón y se multiplican en la glándula mamaria. (AGROBIT)

G. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

La metodología establecida para decidir sobre la conveniencia o no de financiar un determinado proyecto se denomina evaluación. Como su nombre lo indica pondera los principales elementos de un proyecto y en función de su análisis se toma una decisión respecto al financiamiento.

Un proyecto involucra el uso de recursos para la obtención de beneficios, por lo que la evaluación deberá contestar la siguiente pregunta: ¿La inversión requerida permitirá generar beneficios que justifiquen el uso de los recursos en este fin? (EROSSA MARTIN, 1987, pág. 182).

El objetivo de la evaluación económica de proyectos es optimizar la asignación de recursos disponibles mediante la selección de aquellos proyectos que generen mayor valor.

Toda evaluación económica deberá resolver algunas de estas cuestiones:

- Establecer si un proyecto es conveniente, o no, y el momento óptimo para ejecutarlo.
- Determinar qué proyectos deben ser eliminados.
- Entablar en qué orden se deben ejecutar los proyectos más convenientes en función de la disponibilidad de recursos.
- Identificar los parámetros o variables más relevantes en el desarrollo de un proyecto.

1.- VALOR ACTUAL NETO (VAN).

“El método del valor presente se basa en el concepto del valor equivalente de todos los flujos de efectivo relativos a alguna base o punto de inicio en el tiempo, llamado presente. Es decir todos los flujos de entrada y salida de efectivo se descuentan al momento presente del tiempo con una tasa de interés. (SULLIVAN, 2004).

El método de valor presente establece la relación de rentabilidad, y toma en consideración el valor actual de las futuras utilidades.

“El valor presente de una alternativa de inversión es una medida de cuánto dinero podría dedicar un individuo o empresa a una inversión, adicional a su costo. O, bien dicho de otra forma, un valor presente positivo de un proyecto de inversión es la cantidad de dinero de utilidad por encima de la cantidad mínima que requieren los inversionistas. (SULLIVAN, 2004)

Este método se sustenta en el criterio de que las inversiones deben aumentar el valor total de la empresa, como parte de una sana y productiva política administrativa.

“Para encontrar el valor presente como función de $i\%$ (por periodo de interés) de una serie de flujos de entrada y salida de efectivo, es necesario descontar al presente las cantidades futuras usando la tasa de interés durante el periodo

de estudio apropiado. (SULLIVAN, 2004).

$$VP(i\%) = F_0(1+i)^0 + F_1(1+i)^{-1} + \dots + F_k(1+i)^{-k} + \dots + F_N(1+i)^{-N}$$

$$VP(i\%) = \sum_{k=0}^N F_k(1+i)^{-k}$$

Ecuación 1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Dónde:

i = Tasa efectiva de interés o TREMA, por periodo de interés.

k = Índice de cada periodo de composición.

F_k = Flujo de efectivo futuro al final del periodo k .

N = Número de periodos de capitalización en el horizonte de planeación.

Cuando se están analizando proyectos únicos, si el valor presente es mayor a cero, el proyecto es factible; si el valor presente es igual a cero, el proyecto es indiferente; y si valor presente es menor que cero, el proyecto no es factible.

Cuando se están analizando proyectos múltiples excluyentes, se escoge el proyecto con el mayor valor presente.

2.- TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

En todos los criterios de decisión, se utiliza alguna clase de índice, medida de equivalencia, o base de comparación capaz de resumir las diferencias de importancia que existe entre las alternativas de inversión. (COSS BU, 1981).

La tasa interna de retorno de un proyecto de inversión es la tasa de descuento que hace que el valor actual de los flujos de beneficio (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión negativos. (FERNANDEZ ESPINOZA, 2007).

$$I_0 = \sum_{n=1}^n \frac{R_n}{(1 + TIR)^n}$$

Ecuación 2. TASA DE INTERNA DE RETORNO (TIR)

Donde:

TIR = Tasa interna de retorno

Rn = Flujo de efectivo anual

I0 = Inversión inicial

La tasa interna de retorno mide la factibilidad financiera de un proyecto determinado al considerar la inversión y beneficios o utilidades que obtienen quienes aportan el capital. Desde luego que el indicador será ajustado por los niveles de precios que afecten a los insumos y con ello a la inversión durante el tiempo de materialización del proyecto, una vez que ha cumplido su función como elemento de decisión en la evaluación financiera. (EROSSA MARTIN, 1987, pág. 208).

Para proyectos individuales, es necesario calcular la tasa de interés que satisface la ecuación anterior y compararla con la tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA). Cuando i sea mayor a la TREMA, conviene que el proyecto sea emprendido.

Para proyectos mutuamente excluyentes, el criterio de selección que se recomienda usar, implica determinar la TIR del incremento de inversión. Esta tasa puede ser encontrada por cualquiera de las siguientes alternativas:

- Encontrar la tasa de interés para la cual los valores anuales equivalentes de las 2 alternativas son iguales.
- Encontrar la tasa de interés para la cual los valores presentes de las 2 alternativas son iguales.

- Encontrar la tasa de interés para la cual el valor presente del flujo de efectivo neto de la diferencia entre las 2 alternativas es cero.

2.4 Definición de términos.

Diseño:

Es la creación de planos necesarios para que las máquinas, las estructuras, los sistemas o los procesos desarrollen las funciones deseadas.

Máquina Ordeñadora:

La máquina de ordeño es un aparato que permite realizar el ordeño mecánico de los animales de ganadería lechera.

El elemento principal de estas máquinas es la copa de ordeño que se aplica al pezón e imita la succión ejercida por la cría. Las pulsaciones de la copa de ordeño, secuencian regularmente las fases de succión y masaje por medio de un pulsador.

Una máquina de ordeño, al encontrarse en contacto directo con el animal, debe estar regulada de forma muy precisa para evitar cualquier lesión y que no pueda causar la aparición de mastitis. La limpieza y desinfección de todas las partes de la máquina es fundamental para evitar enfermedades.

La máquina de ordeño por vacío continuo fue perfeccionada por el norteamericano Calvin en 1860.

Máquina Ordeñadora



Ilustración 9 Máquina ordeñadora

Fuente:
<http://equipoagrocerezo.blogspot.pe/2010/07/wilequipos-ordeno-mecanico.html>

Potencia:

La potencia mecánica aplicada sobre un sólido rígido viene dado por el producto de la fuerza resultante aplicada por la velocidad.

Convencional:

Aquello que considera que las teorías y conceptos científicos no reflejan el mundo objetivo, sino que son el resultado de un acuerdo convencional entre los hombres de ciencia y este acuerdo está dado por axiomas y principios.

Interceptor o calderín de vacío:

Recipiente situado en la conducción principal de vacío, inmediatamente después de dar potencia. Evita el ingreso de líquidos o materias extrañas aspirados accidentalmente en la bomba de vacío.

Regulador de vacío:

Válvula automática situada en la conducción principal de vacío, entre el propio calderín de vacío y la primera derivación y siempre a más de 25 centímetros de cualquier curva. Su función es mantener constante el nivel de vacío, cuando éste sobrepasa el nivel predeterminado, el regulador se abre admitiendo aire en la conducción de aire; por el contrario, cuando el nivel desciende, el regulador se cierra hasta que el nivel de vacío alcanza el valor deseado.

Existen 3 tipos de regulador: de muelle, de contrapeso y servo -regulador; En la práctica, este último es el que mejor funciona.

Regulador de vacío



Ilustración 10 Regulador de vacío

Fuente:
<http://www.directindustry.es/prod/vuototecnica/product-26412-776707.html>

Depósito sanitario:

(Únicamente se incorpora en los equipos con conducción de leche o depósito medidor): es un recipiente que conecta el sistema de vacío con el sistema de conducción de la leche. Va situado entre el receptor de leche y el sistema de vacío. Su función básica es evitar que la leche o vapor de la misma pase al sistema de vacío.

Vacuómetro:

Instrumento que mide el nivel de vacío en la conducción de vacío. Debe estar situado antes de la primera unidad de ordeño y en un lugar legible durante el ordeño.

Vacuómetro



Ilustración 11 Vacuómetro

Fuente:

<http://www.aguamarket.com/productos/subcategoria.asp?idsubcategoria=3565&categoria=vacu%F3metros>

Conducción de vacío:

Tubería que conduce el vacío a los pulsadores. No debe tener codos y se deben evitar las curvas innecesarias. Así mismo, debe tener una pendiente uniforme, válvulas de drenaje en los puntos más bajos y su diámetro interno mínimo depende del caudal de aire proporcionado por la potencia producida:

- Si el caudal de aire (medido en litros/minuto) se sitúa en 300 o menos se requerirá un diámetro interno mínimo de 25 mm.
- Si el caudal va de 300 a 600, el diámetro subirá a 32 mm.
- Si está entre 600 litros/minuto y 1,000 debe ser de 40 mm.
- Si el flujo supera los mil litros, debe ser superior a los 50 mm.

Pulsador:

Es el dispositivo encargado de producir cambios cíclicos de vacío y presión atmosférica en la cámara de pulsación, a través del tubo largo de pulsación – colector – tubo corto de pulsación, haciendo que el manguito de ordeño se abra (fase de succión) y cierre (fase de masaje), alternadamente. Es uno de los componentes clave en el equipo de ordeño, ya que determina la frecuencia o velocidad de pulsación (nº de ciclos de pulsación/minuto) y la relación entre las fases succión masaje (expresado comúnmente como el cociente entre los porcentaje de tiempo de un ciclo completo que suponen ambas fases, por ejemplo 60/40 o 50/50. Cuando hay vacío en la cámara de pulsación, el maguito de ordeño se abre y la leche fluye a través del tubo corto de la leche, como consecuencia del vacío constante existente en dicho tubo(succión); cuando el aire entra en la cámara de pulsación, el manguito de ordeño se cierra y el flujo de leche se interrumpe (masaje).

Pulsador



Fuente:
<http://www.directindustry.es/prod/emas/product-38087-773995.html>

Bicicleta acondicionada:

La bicicleta acondicionada será el elemento que se encargará de transformar la potencia humana en las piernas en potencia mecánica al eje de la bomba. El mecanismo de transformación es el mismo que posee una bicicleta común: la energía es proporcionada por las piernas del operador a pedales que se encuentran a los lados de la rueda motriz de la bicicleta.

Esta será adaptada para la función que deseamos realizar, para ello se reemplazará la llanta trasera de la bicicleta por una faja plana de transmisión de potencia, así podremos transmitir la potencia de la rueda trasera de forma eficiente. Cabe resaltar que la diferencia de diámetros entre la rueda motriz (catalina) y la rueda conducida (rueda trasera) permitirá alcanzar luego las velocidades angulares requeridas por la bomba, por lo cual es muy importante el uso de la rueda de la bicicleta como rueda motriz del eje de la bomba.

Rueda de Bicicleta acondicionada con faja

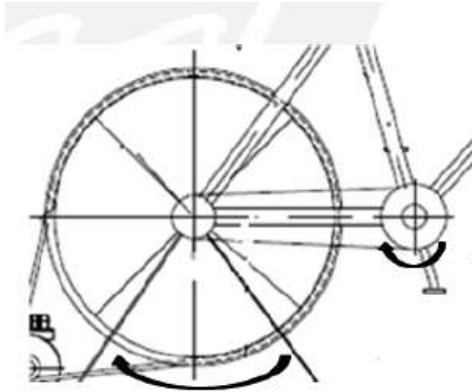


Ilustración 12 Bicicleta acondicionada con faja

Fuente:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1706/MAGUINA_ALEX_ORDENADORA_MECANICA.pdf?sequence=1

El manejo durante operación de la máquina será similar a andar en bicicleta. La dificultad de la operación dependerá del torque que se requiera para accionar la máquina y de la velocidad que necesite estando ya en marcha. En tanto la potencia que podrá generar una persona en una bicicleta podría ser aproximada según la gráfica que se muestra, en la cual se indica la energía que se consume por unidad de longitud en la actividad del pedaleo a diferentes velocidades.

Energía que se consume por longitud a diferentes velocidades

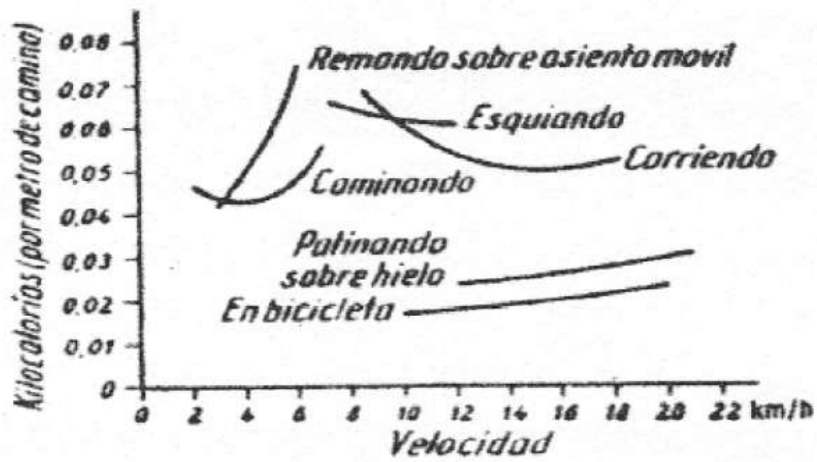


Ilustración 13 Energía que se consume por unidad de Longitud en la actividad del pedaleo a diferentes velocidades

Fuente:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1706/MAGUINA_ALEX_ORDENADO_RA_MECANICA.pdf?sequence=1

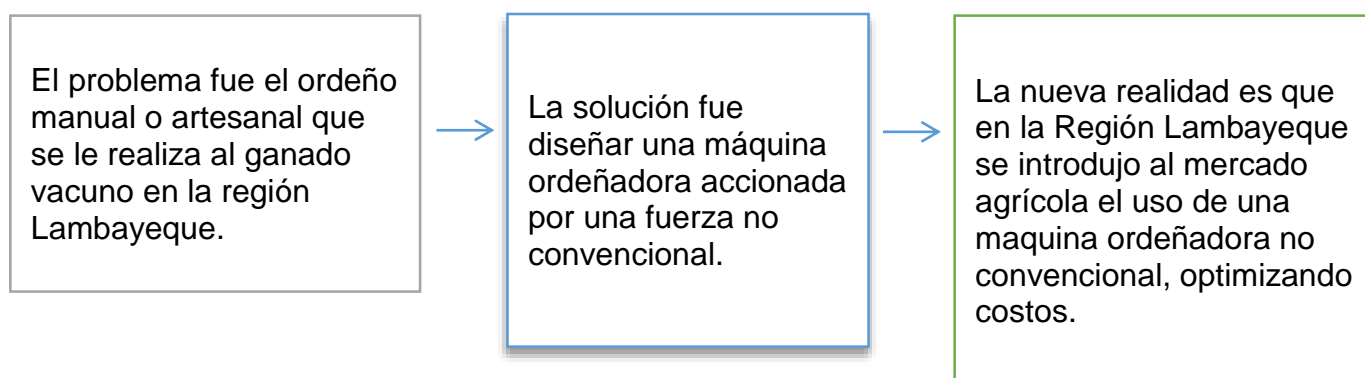
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es **CUANTITATIVA**, ya que tiene como objeto medir fenómenos, emplea experimentación, tiene un análisis de causa-efecto; tiene un proceso secuencial, deductivo y probatorio; analiza la realidad objetiva para obtener resultados.

3.1.2 Diseño de la investigación



3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Población: Está conformada por la población de ganado vacuno del departamento de Lambayeque.

3.2.2 Muestra

Muestra: Está conformada por la población de ganado vacuno del departamento de Lambayeque. Y se obtendrá del ganado vacuno de los diferentes establos del departamento.

3.3 Hipótesis

El diseño de la máquina ordeñadora accionada por una fuerza no convencional sustituirá el método de ordeño tradicional, por un proceso

mecanizado más eficiente.

3.4 Variables

3.4.1 Variables Independientes

1. Presión de ordeño
2. Dimensiones o geometría de las ubres de la vaca
3. Caudal de ordeño

3.4.2 Variables dependientes

1. Diseño de la máquina.
2. Costos

3.5 Operacionalización de variables

3.5.1 Variables Independientes

Tabla 1 Variables Independientes

Variables Independientes	Indicadores	Índice	Técnica en recolección de datos	Instrumentos de recolección	Instrumentos de medición
Presión de Ordeño	Presión	kPa	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Experimental 	Hoja de registro	<ul style="list-style-type: none"> • Manómetro • Manguera de presión (pequeña)
Dimensiones Geométricas de la ubre de la vaca	Diámetros	Diámetro cm mm	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Investigación • experimental 	Hoja de registro	<ul style="list-style-type: none"> • Micrómetro (tornillo palmer) • Calibre digital • Cinta para medición
Caudal de Ordeño	Masa Volumen Tiempo	Kg m ³ s	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Experimental 	Hoja de registro	<ul style="list-style-type: none"> • Caudalimetro

3.5.2 Variables Dependientes

Tabla 2 Variables Dependientes

Variables Dependientes	Dimensión	Índice	Técnica en recolección de datos	Instrumentos de recolección de información	Instrumentos de medición
Diseño de Máquina	Estándares De calidad	4 a 5 horas	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • observación 	Cuestionario y Guía de observación	Reloj, cronometro.
costos	Valorización De los elementos	Soles %	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de documentos 	Guía de análisis de documentos	Proformas, facturas

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Métodos de Investigación:

Análisis:

Diseñar la máquina, basándonos en la aplicación de teorías, formulas, normas y lo más importante respetando el medio ambiente.

Síntesis:

Porque una vez analizada la situación actual en la industria ganadera en la tarea del ordeño, de Lambayeque plantearemos una solución: diseñaremos la máquina ordeñadora optimizando el método tradicional de ordeño.

Deductivo:

Generalmente los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, cumplen una gama de trabajos similares con la diferencia que son muy costosos, contaminantes, y no son muy seguros al momento de ejecutar una labor sobre todo cuando tienen un tiempo determinado de trabajo.

El diseño que estamos proponiendo cumple la misma gama de labores además de adecuarse a nuestra realidad logrando muchas ventajas las cuales podemos resaltar o mencionar:

- Adecuación a lugares de trabajo críticos.
- Brinda mayor seguridad al usuario o al trabajador.
- Transportable.
- Mantenimiento Prolongado.

Inductivo:

- Con el diseño de este Sistema Mecánico convencional obtendremos un gran esfuerzo mecánico, este sistema será capaz de dar una gran demanda a la empresa o estable.
- Porque después de haber logrado con éxito el dimensionamiento de la máquina y haber realizado los estudios pertinentes al equipo mediante el software de diseño es factible determinar el correcto diseño.

3.6.2 Técnicas de Investigación

Se aplicarán las siguientes técnicas de investigación:

a) Observación:

Esta técnica está referida a la observación simple de distintos tipos y maneras de ordeñar para determinar algunas anotaciones importantes que nos permite determinar la mejor selección de componentes para el diseño de la maquina ordeñadora.

Porque el uso de esta técnica nos permitirá describir, conocer y registrar datos en estudio de campo.

- **Entrevista:**

Aplicando como instrumento guías de entrevista, que nos servirá para obtener datos de los dominios de las variables del presente estudio.

Nos permitirá la obtención de información mediante el diálogo con las personas a cargo del ordeño.

3.6.3 Instrumentos de Investigación

- **Análisis Documental:**

Revisión de la normatividad a aplicar en la investigación.

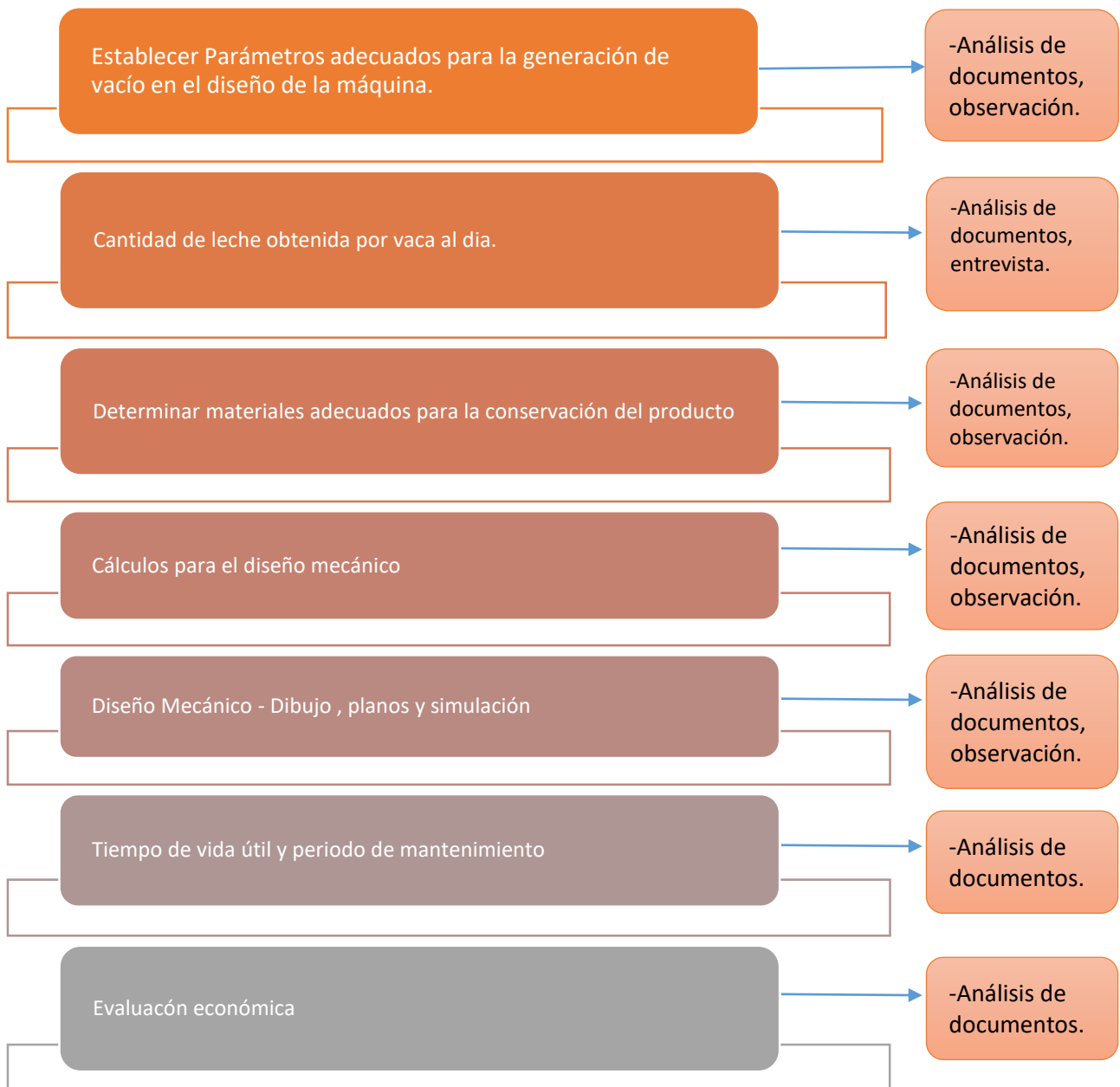
- **Guías bibliográficas:**

Para el diseño de la máquina recurriremos a las guías bibliográficas como fuente para determinar materiales para el almacenamiento de la leche, la bomba de vacío y que presión debe tener el succionador de leche.

3.7 Procedimiento para la recolección de datos

Diagrama de flujo de procesos

Este proyecto de tesis se realizará de acuerdo al siguiente gráfico :



A. Determinar la potencia necesaria para el proceso de ordeño mecánico

Para esto el mecanismo debe asegurar que alcanzará una presión negativa superior a la mínima necesitada para el ordeño (35-40 kPa). Este mecanismo deberá asegurar también que el caudal de fluido succionado sea el necesario para que el transporte de la leche desde las mamas hasta el tarro de almacenamiento aun tomando en cuenta las variaciones que se pudieran presentar por el alternador de presión de la ordeñadora.

A.1 Cantidad de leche extraída por hora

Calcularemos la cantidad de leche extraída por hora para poder calcular el tiempo de vida útil de la máquina.

B. Diseño y simulación

Designaremos los valores definitivos al diseño, definiremos cuestiones de acabado superficial, tolerancias y materiales. También se elaborarán los documentos y planos que se requieran para la simulación en solidwork.

C. Comparación de resultados con otros prototipos

Compararemos resultados con máquinas convencionales ya existentes en el mercado con la finalidad de mejorar la producción en los establos que utilizan el método tradicional.

D. Análisis del recurso humano

El valor de potencia humana que se puede desarrollar bajo el mecanismo de transmisión dado por la bicicleta se puede encontrar de forma teórica y de manera experimental.

E. Cálculos del diseño, cálculos del proceso de ordeño

Determinación del caudal máximo posible de conducción en el ordeño.

Determinación de sistema de transmisión de fajas.

F. Equipos mecánicos

Bicicleta acondicionada

La bicicleta acondicionada será el elemento que se encargará de transformar la potencia humana en las piernas en potencia mecánica al eje de la bomba. El mecanismo de transformación es el mismo que posee una bicicleta común: la energía es proporcionada por las piernas del operador a pedales que se encuentran a los lados de la rueda motriz de la bicicleta. Esta será adaptada para la función que deseamos realizar, para ello se reemplazará la llanta trasera de la bicicleta por una faja plana de transmisión de potencia, así podremos transmitir la potencia de la rueda trasera de forma eficiente. Cabe resaltar que la diferencia de diámetros entre la rueda motriz (catalina) y la rueda conducida (rueda trasera) permitirá alcanzar luego las velocidades angulares requeridas por la bomba, por lo cual es muy importante el uso de la rueda de la bicicleta como rueda motriz del eje de la bomba.

Bomba de vacío

La bomba de vacío que utilizaremos es el principal componente del diseño, se encarga de reducir la presión en los conductos de la ordeñadora lo suficiente para extraer leche de la vaca, además en esta operación se recoge aire del exterior convirtiendo el flujo en bifásico, característica que se revisará más adelante en los cálculos. La bomba es accionada por la potencia que se entrega por medio de la faja de transmisión, una vez que se ha alcanzado la velocidad de operación adecuada.

Tanque de vacío:

El tanque de vacío es el primer de los tanques que se encuentran en el diseño, sirve como separador del producto (leche) de la bomba de vacío. Este tanque será fabricado a nivel local y no requiere necesariamente de aceros especiales para su producción.

Tanque de almacenaje:

Este tanque es el encargado de recibir la leche extraída de la vaca y almacenarla hasta terminar el proceso de ordeño. El flujo bifásico de los conductos es separado en este tanque, la leche se almacena y el aire pasa al tanque de vacío y posteriormente a la bomba. Para este tanque si se debe tener cuidados en su fabricación ya que debe cumplir con las normas de higiene para el almacenamiento de alimentos y además debe poseer un sellado hermético para prevenir que aire no filtrado entre en contacto con la leche extraída.

Válvula pulsadora:

El pulsador es una parte muy importante del ciclo de ordeño ya que permite el masaje de los pezones de la vaca y la intermitencia de la presión de succión con el fin de proteger los pezones de la vaca de algún daño. Un pulsador tiene como principal trabajo obstruir o permitir el flujo de fluidos a través de él de forma periódica. Los pulsadores los encontramos de variados tamaños y formas, algunos son electrónicos y otros no funcionan con energía adicional. Nosotros adecuándonos al concepto de “tecnologías apropiadas” usaremos un pulsador que funciona sin electricidad.

Pezoneras:

Las pezoneras son los alojamientos de los pezones de la vaca durante el ordeño, además contienen las cámaras de presión que permiten el masaje y ordeño del animal durante su funcionamiento. Son fabricados bajo estrictas formas de higiene y serán adquiridos directamente ya que su elaboración sería costosa y el proyecto no la contempla.

3.8 Plan de análisis estadísticos de datos

3.8.1 Enfoque Cualitativo

Entrevistaremos al dueño o la persona encargada del proceso de ordeño, y también optaremos por consultar distintas fuentes bibliográficas y electrónicas.

3.8.2 Enfoque Cuantitativo

Utilizaremos el software Ms Project para el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de trabajo.

3.9 Criterios éticos

Como Ingenieros debemos seguir los siguientes criterios éticos como sostenibilidad y velar por la integridad, honor, y dignidad de la ingeniería como profesión, a través de:

1. Usando nuestros conocimientos y habilidades para mejorar el bienestar humano.
2. Ser honestos e imparciales, y servir con fidelidad al público, a sus empleados, y a sus clientes.

3. Luchar por aumentar el nivel de competencia y el prestigio de ingeniería como profesión.
4. Apoyar las sociedades profesionales y técnicas de sus respectivas disciplinas.

De acuerdo al Art. 5 del Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú aprobado en la III Sesión Ordinaria del Congreso Nacional de Consejos Departamentales del Periodo 1998-1999 en la ciudad de Tacna 22,23 y24 de abril de 1999

Art. 5 del Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú

TITULO I, DE LA RELACION CON LA SOCIEDAD

Los ingenieros cuidaran que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abuso o dispendio, respetaran y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente.

3.10 Criterios de rigor científico

Fiabilidad y validez: La fiabilidad y la validez son cualidades esenciales que deben tener las pruebas o los instrumentos de carácter científico para la recogida de datos, debido a que garantizan que los resultados que se presentan son merecedores de crédito y confianza.

Credibilidad o valor de la verdad: El criterio de credibilidad o valor de la verdad, también denominado como autenticidad, es un requisito importante debido a que permite evidenciar los fenómenos y las experiencias humanas, tal y como son percibidos por los sujetos. Se refiere a la aproximación que los resultados de una investigación deben tener en relación con el fenómeno observado, así el investigador evita realizar conjeturas a priori sobre la realidad estudiada.

Transferibilidad o aplicabilidad: La transferibilidad o aplicabilidad consiste en poder transferir los resultados de la investigación a otros contextos. Si se habla de transferibilidad se tiene en cuenta que los fenómenos estudiados están íntimamente vinculados a los momentos, a las situaciones del contexto y a los sujetos participantes de la investigación.

Consistencia o dependencia: Conocido a su vez como replicabilidad, este criterio hace referencia a la estabilidad de los datos.

Confirmabilidad o reflexividad: Denominado también neutralidad u objetividad, bajo este criterio los resultados de la investigación deben garantizar la veracidad de las descripciones realizadas por los participantes. La confirmabilidad permite conocer el papel del investigador durante el trabajo de campo e identificar sus alcances y limitaciones para controlar los posibles juicios o críticas que suscita el fenómeno o los sujetos participantes.

Relevancia: La relevancia permite evaluar el logro de los objetivos planteados en el proyecto y da cuenta de si finalmente se obtuvo un mejor conocimiento del fenómeno o hubo alguna repercusión positiva en el contexto estudiando.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Selección y diseño del sistema mecánico de la máquina ordeñadora.

En primer lugar determinamos los sistemas mecánicos de las máquinas ordeñadoras convencionales ya existentes en el mercado para poder diseñar nuestra máquina ordeñadora no convencional.

Por medio de una MATRIZ MORFOLÓGICA propusimos varios métodos donde analizamos y evaluamos técnica y económicamente para que nuestra máquina sea rentable.

La matriz morfológica se compone de diferentes elementos que básicamente tienen que ver con los requerimientos tecnológicos y las posibles soluciones para el diseño de la máquina.

4.1.1 Caja Negra



Entradas:

- Material: La población de vacas.
- Energía: Energía humana para poder hacer funcionar la máquina ordeñadora.
- Señal: Inicio del funcionamiento

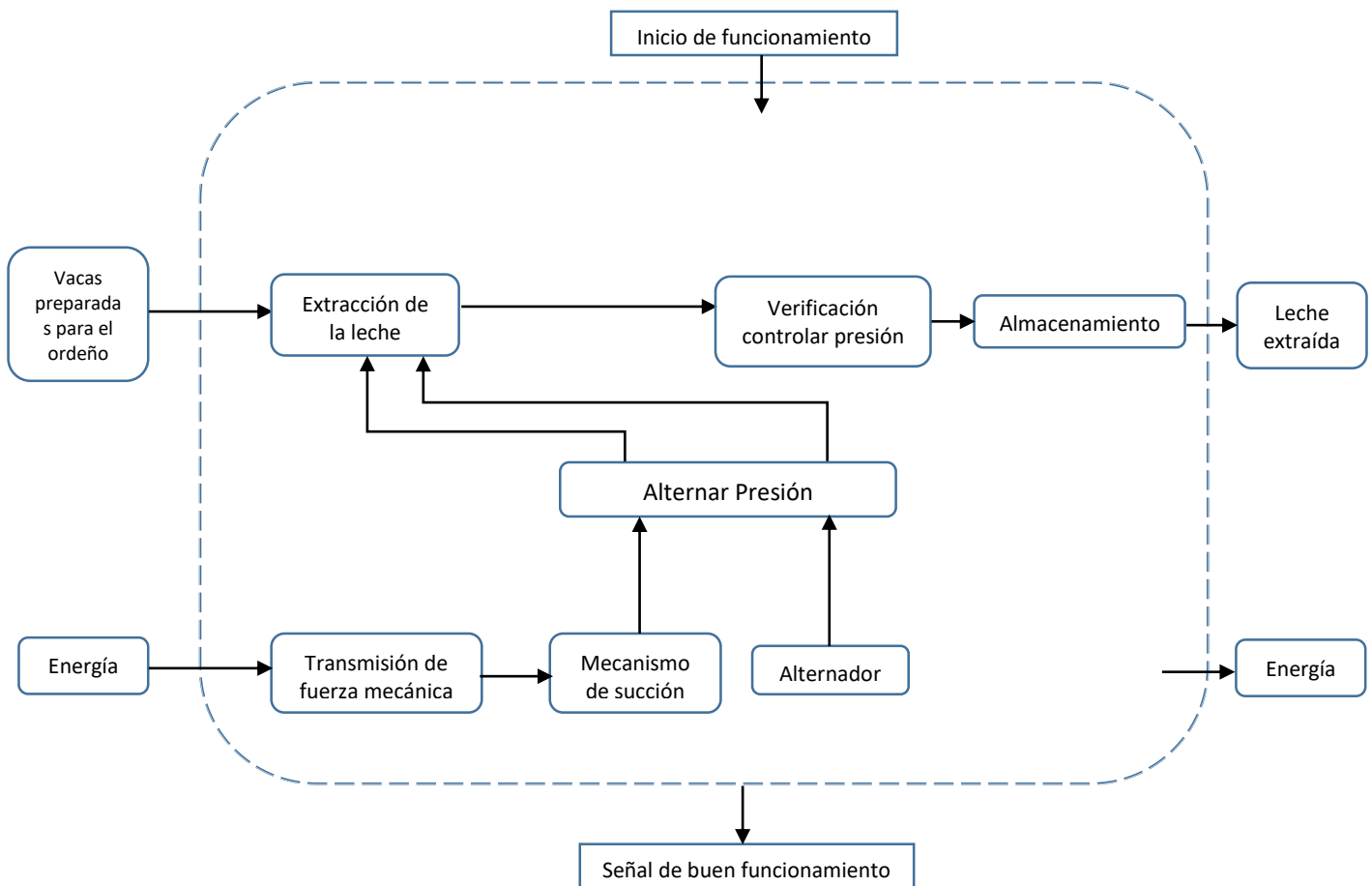
Salidas:

- Material: Leche extraída
- Energía:
- Señal: Buen funcionamiento de la máquina y extracción de leche de manera correcta.



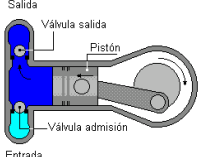


4.1.2 Procesos Técnicos

- a) Transmisión de fuerza mecánica
- b) Accionamiento de la bomba de vacío.
- c) Generación de vacío.
- d) Extracción de la leche.
- e) Conducción de la leche.
- f) Verificación.
- g) Almacenamiento de la leche en un contenedor.


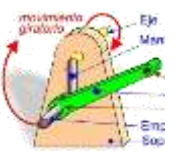
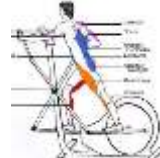
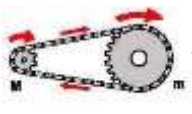


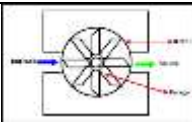
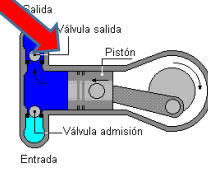
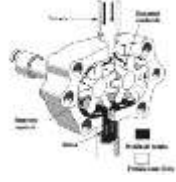








4.1.3 Estructura de funciones



4.1.4 Matriz Morfológica

1	ENTREGA DE POTENCIA	 Bicicleta estacionaria acondicionada	 Biela manivela	 Palanca y pedal-elíptica
2	TRANSMISIÓN DE POTENCIA	 Transm. por cadena	 Transm. por fajas	 Transm. por engranes
3	ACCIONAMIENTO DE SUCCIÓN	 Bomba de paletas	 Bomba de pistón	 Bomba de engranes
4	EXTRACCIÓN DE LA LECHE	 Pezoneras		
5	CONDUCCIÓN DE LA LECHE	 Conducto de acero inoxidable	 Conducto de PVC	 Conducto de vidrio
6	VERIFICACIÓN	 Visual	 Manual	
7	ALMACENAMIENTO	 Recipiente de vidrio	 Recipiente de acero inox.	

4.1.5 Conceptos de solución

1	ENTREGA DE POTENCIA	 Bicicleta estacionaria acondicionada	 Biela manivela	 Palanca y pedal-elíptica
2	TRANSMISIÓN DE POTENCIA	 Transm. por cadena	 Transm. por fajas	 Transm. por engranes
3	ACCIONAMIENTO DE SUCCIÓN	 Bomba de paletas	 Bomba de pistón	 Bomba de engranes
4	EXTRACCIÓN DE LA LECHE	 Pezoneras		
5	CONDUCCIÓN DE LA LECHE	 Conducto de acero inoxidable	 Conducto de PVC	 Conducto de vidrio
6	VERIFICACIÓN	 Visual	 Manual	
7	ALMACENAMIENTO	 Recipiente de vidrio	 Recipiente de acero inox.	

Primera Opción:

Bicicleta estacionaria acondicionada > transmisión por cadena > bomba de pistón > pezoneras > conducto de acero inoxidable > supervisión manual > almacenamiento en recipiente de acero inoxidable.

Esta opción es muy novedosa y de fácil uso para las personas que van a estar encargadas de generar potencia para el ordeño por medio de la bicicleta acondicionada , la transmisión por cadena no es muy costosa , pero tenemos que tener en cuenta que la bomba de pistón trabaja con aceite y tenemos que ver todas las condiciones higiénicas para nuestra máquina para obtener un producto de calidad, el conducto de acero inoxidable es favorable para la conducción de leche , pero su costo en el mercado es elevado y por último el recipiente de acero inoxidable sería el más adecuado en almacenamiento de leche basado en fuentes y usado convencionalmente para el rubro del ordeño.

Segunda Opción:

Biela manivela > transmisión por engranaje > bomba de engranes > pezoneras > conducto de vidrio > supervisión manual > almacenamiento en recipiente de vidrio.

Otro método novedoso es de la biela manivela para generar potencia, aunque demandaría de mayor esfuerzo humano al accionarse con la mano y sería una desventaja, la transmisión por medio de engranajes es una buena opción aunque económicamente demandaría más gasto sin mencionar el sonido que genera la fricción de los engranes podría ser incómodo para el animal a la hora del ordeño, tomamos en cuenta conductos de vidrio para el paso de la leche aunque puede resultar un material muy frágil sobre todo cuando la máquina está expuesta a fuerzas

o para su traslado de un lugar a otro y por último el recipiente de vidrio considera las condiciones para el almacenamiento pero su fragilidad podría jugar en contra.

Tercera Opción:

Palanca y pedal bicicleta elíptica acondicionada > transmisión por fajas > bomba de paletas > pezoneras > conductos de pvc > supervisión visual > recipiente de acero inoxidable.

En nuestra tercera opción utilizamos la bicicleta elíptica acondicionada con palanca y pedal tomando la idea de las dos primeras opciones con la finalidad de generar mayor potencia con menor esfuerzo , esta potencia lo transmitimos por medio de fajas hacia la bomba de paletas para generar el vacío necesario para la extracción de leche , utilizamos conductos de pvc por su menor costo, sus propiedades de flexibilidad evitando riesgos de perdida a comparación del vidrio que es un material frágil, y por ultimo utilizamos recipiente de acero inoxidable para el almacenamiento de la leche.

Con estas tres opciones realizamos una evaluación a las posibles soluciones dándole un rango de 1 a 4 para poder determinar que opción reúne las mejores condiciones para llevar a cabo la implementación de la máquina ordeñadora.

Tabla 3 Criterios técnicos y económicos

N°	Criterios técnicos y económicos	●	●	●
		01	02	03
1	Estabilidad	4	3	4
2	Desempeño	3	3	4
3	Facilidad de manejo	3	2	4
4	Buen uso de fuerza	4	3	4
5	Costo	3	3	3
6	Eficiencia de diseño	4	4	4
7	Seguridad	4	3	4
8	Rapidez	3	3	4
9	Facilidad de montaje	4	3	4
10	Mantenimiento	3	4	4
11	Accesibilidad de repuestos	3	2	3
12	Contribución con el medio ambiente	3	4	4
Total		41	37	46

Fuente Elaboración Propia

4.2 Caracterización del proceso de la extracción de leche

El proceso de ordeño funcionó de la siguiente manera:

Tendremos en cuenta que la ubre funciona como un almacén de leche que produce la vaca en sus cuatro compartimientos separados.

La salida de la leche al exterior de la ubre debe darse por el orificio del pezón que se encuentra en la punta del mismo, sin embargo ese orificio del pezón se encuentra recubierto por un musculo que es una esfínter y se mantiene cerrado, la única forma que se genera salida de la leche es que la presión que se ejerce sobre las paredes de la ubre y sobre la esfínter del pezón sea mayor que la presión atmosférica externa , de otra manera cuando la leche ya empieza su salida al momento del ordeño , lo único que se necesita es que se pueda vencer la fuerza del esfínter del

pezón y la leche fluiría sola.

El ternero realiza el ordeño mediante fuerzas de vacío, lo que el ternero hace es ubicar el pezón entre su paladar y su lengua para generar una menor presión al exterior de la ubre, y al generarse esta diferencia de presiones el vacío vence la fuerza del esfínter del pezón y genera la salida de la leche.

Por lo tanto el sistema de ordeño mecánico tuvo que hacer la misma función del ternero generando vacío al exterior de la ubre para vencer la fuerza del esfínter del pezón sin embargo el equipo de ordeño maneja una presión de vacío distinto y esta al orden de los **37 y 41 KPa** comparado con 71 que ejerce la boca del ternero y **el equipo maneja ritmos de 65 y 45 ciclos por minuto comparado con los 80 a 120 ciclo que realiza el ternero.**

Lo primero que debemos de tener es un sistema de generación de vacío, un sistema de pulsado (que es el que hace la administración del vacío para el ordeño), debe de tener unas unidades de ordeño (realizan la extracción de la leche), debe de tener un sistema de descarga de la leche que ya se ordeño.

Para poder diseñar la máquina y calcular la presión y cantidad de leche que se puede extraer por jornada, elaboramos la siguiente tabla para deducir distintos aspectos.

4.3 Partes de la máquina ordeñadora

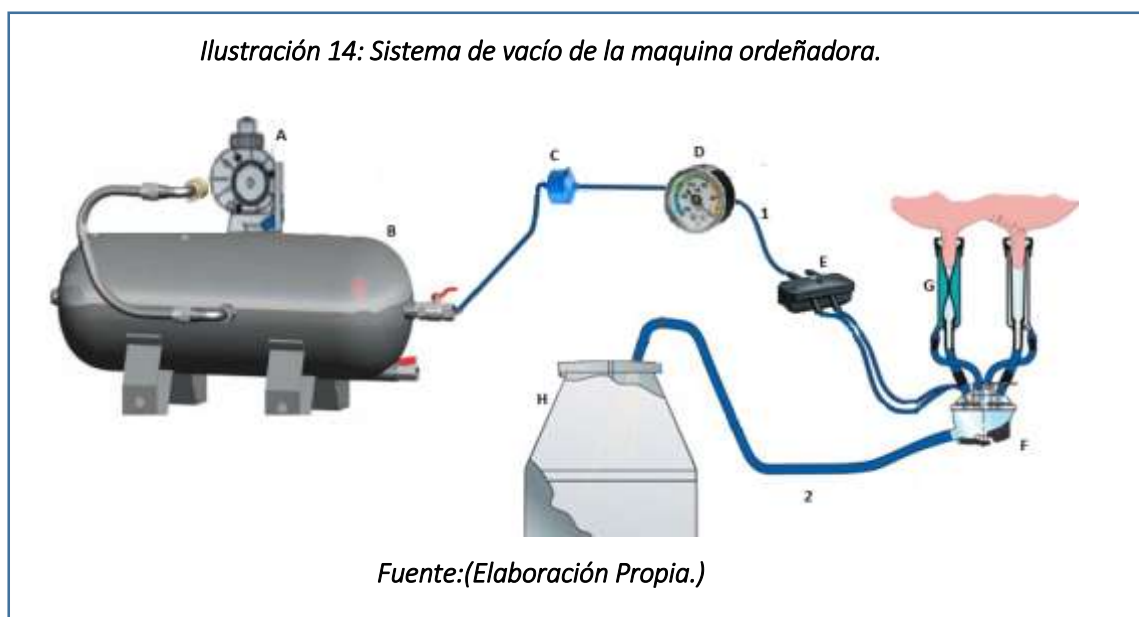
La máquina comprende las siguientes partes:

- a) Máquina elíptica acondicionada de palanca y pedal
- b) Sistema de transmisión por fajas
- c) Bomba de vacío (paletas)
- d) Pezoneras
- e) Conductores de aire
- f) Conductores de leche
- g) Contenedor de leche

4.4. Sistema de vacío de la máquina ordeñadora no convencional.

En esta sección procedimos a realizar los cálculos para el diseño y selección de los componentes que conforman la línea de succión y de leche, tomando como base las características del componente esencial que es la extracción de leche y su traslado hacia un contenedor con las características necesarias para su conservación e higiene.

A continuación se muestra un diagrama de sistema de vacío con el cual contara la maquina ordeñadora.



A: bomba de vacío

B: tanque de vacío

C: regulador

D: vacuómetro

E: pulsador neumático

F: colector

G: grupo de ordeño

H: contenedor de leche

1: conducto de aire

2: conducto de leche

4.4.1. Cálculo y selección de la bomba de vacío.

Para determinar el caudal de vacío necesario se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 3: Caudal de vacío.}$$
$$Q_v = Q_{res.} + Q_{sis.} + Q_{fug} + Q_{reg}$$

Donde:

Q_v = caudal de vacío (L/min)

$Q_{res.}$ = caudal de reserva (L/min)

$Q_{sis.}$ = caudal del sistema (L/min)

Q_{fug} = caudal de fugas (L/min)

Q_{reg} = caudal de regulación (L/min)

Para determinar el caudal de reserva esta dado según la ecuación como se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4: Ecuación de reserva real.

Numero de vacas a ordeñar simultáneamente*	Ecuación de la reserva real
De 2 a 10	80+25n
Más de 10	330+10(n-10)
*n: número de vacas, se considera 0 si solo es una.	

Fuente: WestfaliaSurge, 2008

$$Q_{res.} = 80 \frac{L}{min}$$

Para el caudal del sistema se tiene las siguientes consideraciones:

$$\text{Ecuación 4: Caudal del sistema.}$$
$$Q_{sis.} = Q_C + Q_P + Q_R$$

Donde:

$$Q_C = \text{caudal de colectores}(L/min)$$

$$Q_P = \text{caudal de pulsadores}(L/min)$$

$$Q_R = \text{caudal regulador de vacío}(L/min)$$

En la siguiente tabla se muestran los valores estimados de los caudales.

Tabla 5: Caudal de accesorios de sistema de ordeño

Caudales de accesorios	
Colector	10
Pulsador	5
Regulador de vacío	5

Fuente: WestfaliaSurge, 2008

Con los valores establecidos se tiene:

$$Q_{sis.} = 20 \frac{L}{min}$$

Para el caudal de fuga se considera un valor de:

$$Q_{fug} = 10 \frac{L}{min}$$

En las pérdidas para la regulación del vacío se tiene:

$$Q_{reg} = 15 \frac{L}{min}$$

Entonces remplazando en la ecuación tres se tiene

$$Q_v = 80 + 20 + 10 + 15$$

$$Q_v = 125 \frac{L}{min}$$

Para determinar el cálculo del caudal de selección bomba de vacío se debe tener en consideración la siguiente ecuación.

Ecuación 5: Caudal de selección de bomba de vacío.

$$Q_s = Q_v * Fc$$

El factor de corrección de altura está en función de la altitud de la zona de trabajo y la presión de vacío.

De acuerdo a investigaciones realizadas toman como presión de vacío 48 Kpa para el proceso de ordeñado y considerando una altitud de 1700 msnm.

Tabla 6: Factor de corrección de altura.

Altitud sobre el nivel del mar (m)	Factor de corrección H				
	42 KPa	44 KPa	46 KPa	48 KPa	50 KPa
0 - 300	0.83	0.87	0.91	0.95	1.00
300 - 700	0.87	0.92	0.96	1.01	1.07
700 - 1200	0.92	0.97	1.03	1.09	1.16
1200 - 1700	0.99	1.05	1.11	1.19	1.28
1700 - 2200	1.07	1.14	1.23	1.33	1.45
2200 - 2700	1.18	1.28	1.40	1.54	1.71
2700 - 3200	1.33	1.47	1.65	1.87	2.15

Fuente: (Callejo, 2009)

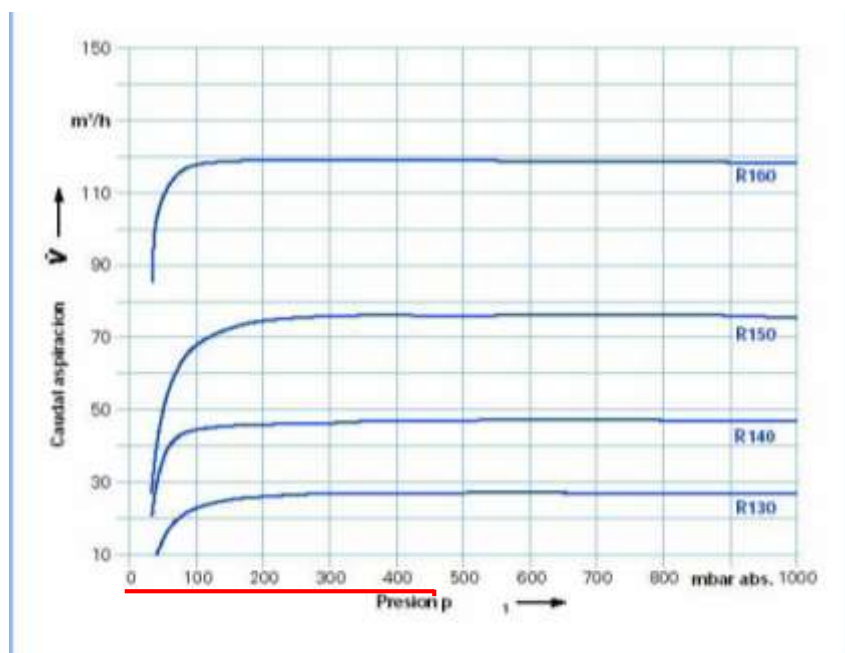
Ubicando la altitud y la presión se tiene un factor de corrección de 1.19

$$Q_s = 125 * 1.19$$

$$Q_s = 148.75 \frac{L}{min}$$

Con este caudal se procederá a seleccionar la bomba de vacío.

Ilustración 15: Diagrama de selección para bomba de vacío.



Fuente: Siemens

Conocido el caudal y presión de vacío se procede a convertir a las unidades necesarias para poder realizar la selección, el caudal es de 12 m³/h y una presión de 480 mbar, en la siguiente tabla se muestra las características principales de la bomba seleccionada bajo la curva R130. Para ver las especificaciones de la bomba se presentan en el anexo A.

Tabla 7: Datos de la bomba de vacío Siemens.

Modelo	Potencia (Kw)	Factor de servicio	Rpm	Caudal (L/ min)	Presión (Kpa)
2BV7 060-2AH00-4S	0.70	1.08	1450	150	48

Fuente: Siemens

4.4.2. Cálculo y selección del diámetro del conducto de leche.

Se debe tener suma consideración para determinar los diámetros de los conductos. Se utiliza una formula experimental.

Ecuación 6: Diámetro de conducto de leche.

$$d = \sqrt[5]{\frac{Q_L * Q_T}{(8.9 * 10^{-5}) * S}}$$

Donde:

Q_L = caudal de leche(L/min) Q_T = caudal intermitente(L/min)

S = pendiente

Par determinar el caudal de leche se realizó la recolección de datos a 15 vacas para poder obtener el caudal promedio, como se muestra a continuación en la siguiente tabla. La toma de datos se realizó en el establo del Centro Poblado Gallito, ubicado en el distrito de San José , el día 16 de Septiembre del 2016

Tabla 8: Muestra de tiempo y volumen de ordeño.

Muestra	Tiempo		Volumen (lt)	Caudal (lt/min)
	min	seg		
1	3	45	3.5	0.93
2	4	35	4.5	0.98
3	3	7	4.5	1.44
4	3	48	4.3	1.13
5	3	13	4.2	1.31
6	3	32	4.8	1.36
7	3	50	4.6	1.20
8	3	50	4.2	1.10
9	3	2	4.3	1.42
10	3	50	4.8	1.25
11	4	35	4.5	0.98
12	3	7	4.5	1.44
13	3	48	4.3	1.13
14	3	13	4.2	1.31
15	3	32	4.8	1.36
Caudal				1.22

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se tiene un caudal aproximado de:

Ecuación 7: Caudal promedio.

$$Q_{prom} = 1.5 * Q$$

$$Q_{prom} = 1.5 * 1.22$$

$$Q_{prom} = 1.83 \frac{lt}{min}$$

Con el dato del caudal promedio se determina el caudal de leche el cual está determinado por la siguiente ecuación.

Ecuación 8: Caudal de leche.

$$Q_L = 0.2 + 1.5Q_{prom}$$

Remplazando los datos en la ecuación se tiene:

$$Q_L = 0.2 + 1.5(1.83)$$

$$Q_L = 2.95 \frac{lt}{min}$$

Para el valor del caudal intermitente y la pendiente un valores de 100 a 200 lt/min. Y pendientes de 0.5, 1,1.5, 2.5% (Callejo, 2009), Debido a que se solo se ordeñara una vaca se tomara el caudal de 100 lt/min y par los valores de la pendiente se asumirá un valor de 1.5% con estos datos se remplaza en la ecuación:

$$d = \sqrt[5]{\frac{1.83 * 100}{(8.9 * 10^{-5}) * 1.5}}$$

$$d = 16.88 \text{ mm} \approx 17 \text{ mm}$$

Se tomará un conducto de plástico de un diámetro comercial de ¾" transparente reforzada con espiral de acero, lisa en su interior y exterior ideal (Ver anexo B).

En la siguiente tabla se muestran algunos datos técnicos de la manguera RAUSPIRAFLEX M

Tabla 9: Datos de manguera de PVC para leche.

Código	Diámetro interno (mm)	espesor de pared (mm)	Presión de trabajo (Bar)	Peso (Kg/m)
076531.003	19	3	10	0.32

Fuente: RAUSPIRAFLEX M.

4.4.3. Cálculo y selección del diámetro del conducto de aire.

Para determinar el diámetro mínimo se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 9: Diámetro de conducto de aire.

$$d = \sqrt[4.35]{\frac{27.8 * l * Q^{1.75}}{\Delta P}}$$

Donde:

d = diametro interior minimo(mm).

l = longitud de la conduccion(mm).

Q = caudal en la conduccion(L/min).

ΔP = caida de presion en la conduccion(N/m²)

Para un sistema de vacío se considera una pérdida de 3 Kpa (Callejo, 2009) y se tiene un aproximado de 1.5 metros de longitud de la conducción estos valores se remplazan en la ecuación teniendo lo siguiente:

$$d = \sqrt[4.35]{\frac{27.8 * 2 * 150^{1.75}}{3}}$$

$d = 14.68mm \approx 15 mm$

Según el cálculo se considera un diámetro de tubería de 5/8" en la siguiente tabla se muestra los datos técnicos de la manguera seleccionada.

Tabla 10: Datos de manguera de PVC para aire.

Código	Diámetro interno (mm)	espesor de pared (mm)	Presión de trabajo (Bar)	Peso (Kg/m)
077013.002	16	3	8.5	0.250

Fuente: RAUSPIRAFLEX M.

4.4.4. Cálculo y diseño del tanque de vacío.

Este componente es fundamental en el sistema de vacío y está ubicado cerca de la bomba de vacío. Su función principal es evitar que la leche ingrese por error a la bomba y de amortiguar las fluctuaciones que se puedan originar por la entrada de aire al sistema.

(Quintero Hernandez, 2010) , recomienda que el tanque de vacío debe ser de 30 litros para un sistema de ordeño simultáneo de hasta 3 vacas. Debido a que la maquina estar adecuada para un ordenamiento individual se tomara un volumen de 20 litros.

Este cálculo se desarrolló en base a la norma ASME sección VIII División I.

Ilustración 16: Recipiente sometido a presión según la norma ASME.



Fuente: Norma ASME.

Se dispondrá de un dato adicional que será la longitud del tanque el cual será de 0.35 m.

Para encontrar el diámetro del tanque se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 10: Diámetro interior del tanque.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * L$$

Despejando el diámetro se tiene el siguiente valor.

$$D = \sqrt{\frac{0.02 * 4}{\pi * 0.35}}$$

$D = 0.27 \text{ m}$

Debido a que se trabajará con un producto alimenticio se tomará como material un acero ASTM 306 y un espesor de 3 mm.

Para el cálculo del cilindro se tiene a continuación lo siguiente las siguientes relaciones para determinar si el espesor es el adecuado para soportar presiones externas:

Ecuación 11: relaciones para verificar espesor.

$$\frac{L}{Do} ; \frac{Do}{t}$$

Para trabajar con las siguientes ecuaciones las unidades deben trabajarse en el sistema inglés.

$$L = 0.35 \text{ m} \approx 13.8 \text{ pulg}$$

$$Do = 0.27 \text{ m} \approx 10.63 \text{ pulg}$$

$$t = 0.003 \text{ m} \approx 0.12 \text{ pulg}$$

$$\frac{L}{Do} = \frac{13.8}{10.63} ; \frac{Do}{t} = \frac{10.63}{0.12}$$

$$\frac{L}{Do} = 1.29 ; \frac{Do}{t} = 88.58$$

Con estos valores se encuentra el factor A. (Ver anexo C).

$$\mathbf{Factor A = 0.001}$$

Teniendo el valor del primer factor se encontrará el factor B mediante la tabla del anexo D, donde el módulo de elasticidad del acero inoxidable AISI 304 es 27195 Ksi y con una temperatura de operación de 100°F se tiene siguiente valor.

$$\mathbf{Factor B = 6.000}$$

Para determinar la máxima presión exterior permisible se tiene la siguiente ecuación debido a que en la tabla del factor B el factor A se ubica fuera de la curva de temperatura:

Ecuación 12: Presión exterior permisible.

$$Pa = \frac{2AE}{3\left(\frac{Do}{t}\right)}$$

Remplazando valores se tiene:

$$Pa = \frac{2 * 0.0035 * 27.195 \times 10^6}{3(885.8)}$$

$$Pa = 204.67 \frac{lb}{Pulg^2}$$

La condición para determinar que el espesor es el adecuado se muestra a continuación:

Ecuación 13: Condición de diseño.

$$P_a > P_e$$

Donde:

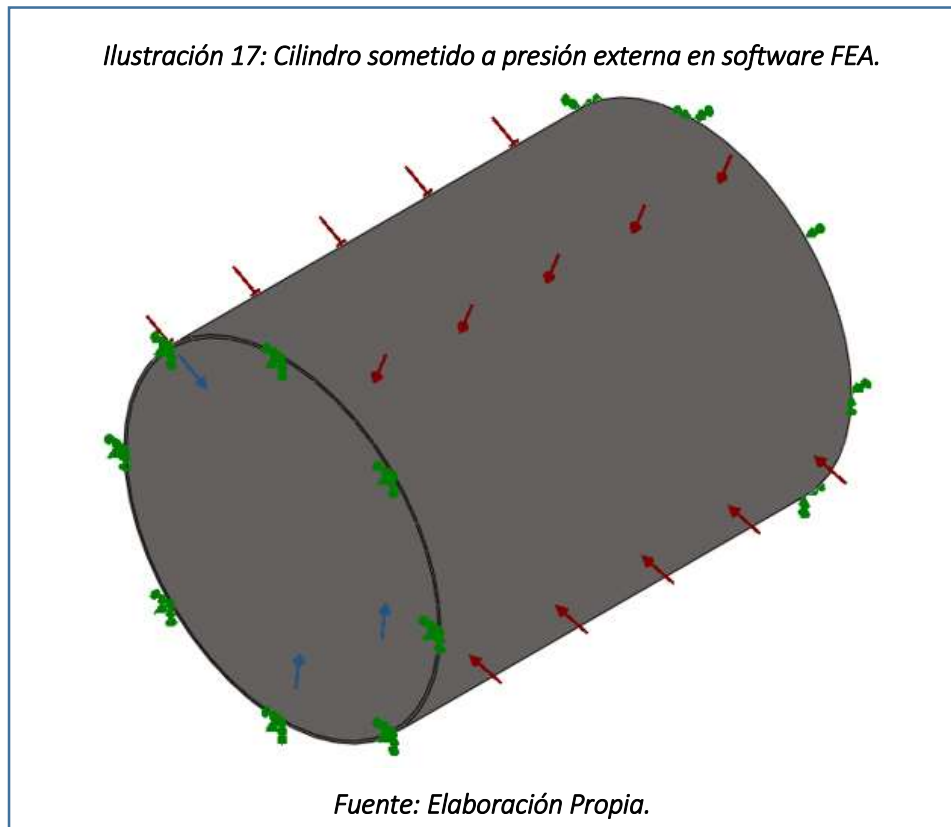
$P_e =$ Presión externa

La presión externa está dada por la presión atmosférica la cual tiene un valor de 15 lb/Pulg².

$$204.67 \frac{lb}{Pulg^2} > 15 lb/Pulg^2$$

4.4.5. Análisis del cilindro del tanque de vacío con software FEA.

Luego de realizar el diseño teórico del cilindro se modeló y se simuló el modelo en Elementos Finitos utilizando el software Solidworks en la siguiente imagen se aprecia el cilindro sometido a la presión externa.



En la tabla N° 9 se aprecia los resultados del análisis.

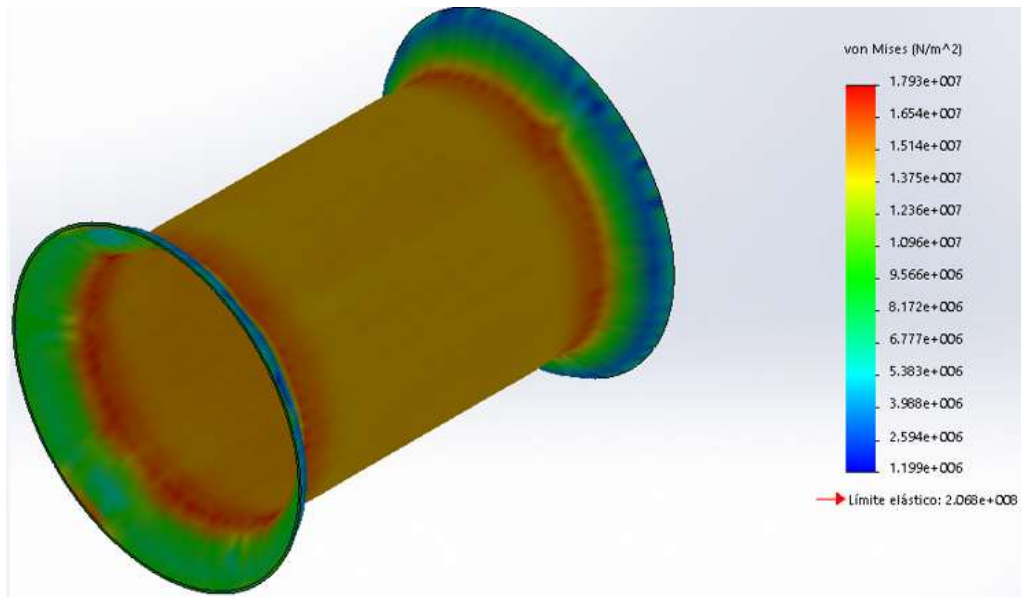
Tabla 11: Resultados del análisis estático del cilindro.

Resultados del Análisis Estático del Contenedor			
<i>Nombre</i>	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones 1	VON: tensión de von mises	$1.19 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	$1.79 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.012 mm
Factor de seguridad	Automático	11.5	-
<i>Propiedades del Material</i>			
Nombre:		Acero inoxidable AISI 304	
Límite elástico:		$2.06 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	
Límite de tracción:		$5.17 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	

Fuente:(Elaboración Propia)

De la tabla anterior se concluye que las tensiones son menores al límite elástico, el factor de seguridad es de 11.5 y el desplazamiento máximo es mucho menor que 1 mm. Por lo que podemos indicar que el cilindro no fallará por resistencia mecánica debido a que tiene un factor de seguridad mayor a 1; además el desplazamiento máximo de 0.012 no afectará a nuestro elemento de máquina.

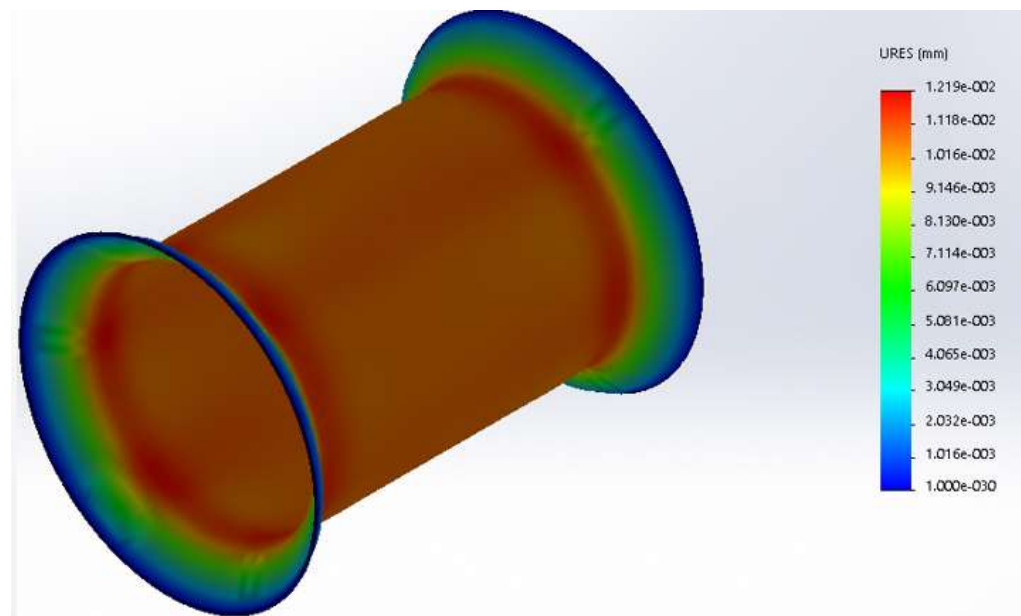
Ilustración 18: Análisis estático – tensiones en el cilindro



Fuente:(Elaboración Propia)

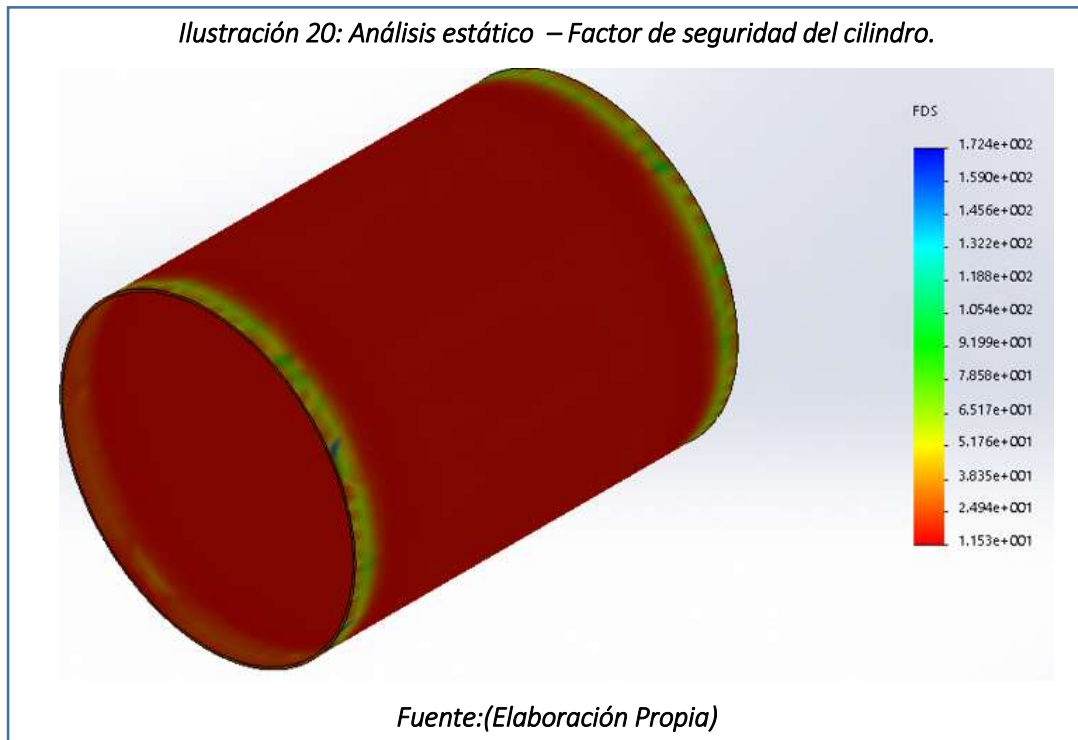
De la imagen se concluye que el esfuerzo de Von Mises para una fuerza una presión de vacío, oscila entre $1.19 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ y $1.79 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de 206.8 MPA , con lo cual se concluye que el diseño del cilindro es adecuado para las condiciones de vacío total.

Ilustración 19: Análisis estático – Desplazamientos en el cilindro.



Fuente:(Elaboración Propia)

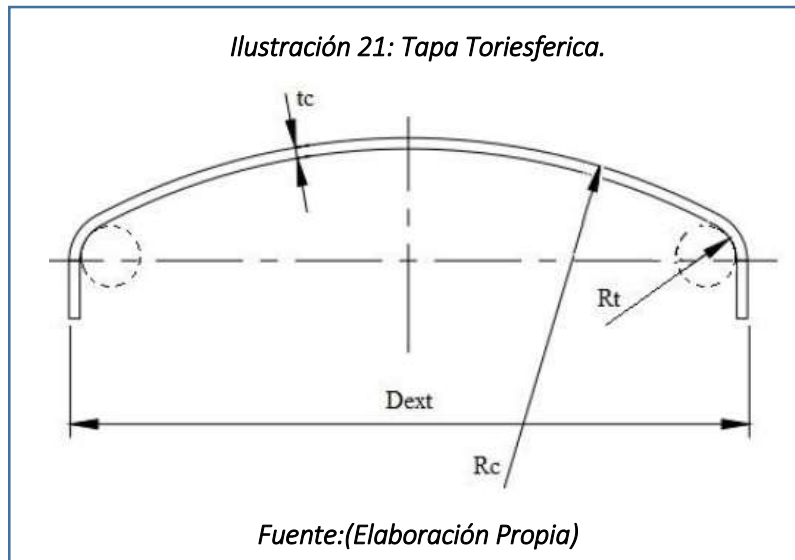
De la figura anterior se concluye que la deformación máxima que sufre el cilindro para una presión de vacío, es de 1.21×10^{-2} mm, es decir se obtuvo una deformación máxima de 0.012 mm, una deformación aceptable para contenedores sometidos a presión externa.



De la figura anterior se puede concluir que el factor de seguridad mínimo del cilindro es de 11.5 con este valor se garantiza que las dimensiones que se tomaron para el diseño del cilindro sometido a presión externa (vacío).

4.4.6. Cálculo y diseño de las tapas del cilindro.

Las tapas seguirán el proceso de diseño de recipientes sometidos a presión externa tal como lo indica la Norma ASME. La tapa seleccionada será de forma Toriesférica tal como se muestra en la siguiente imagen.



$$D_{ext} = 0.27 \text{ m} = 10.63 \text{ pulg}$$

$$R_c = D_{ext} ; \text{segun Norma}$$

$$R_t = 0.25 \text{ pulg} ; \text{segun Norma}$$

$$T_c = 0.003 \text{ m} = 0.12 \text{ pulg}$$

La presión máxima permisible será calculada mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 14: Presión admisible en tapas.

$$P_a = \frac{B}{R_c / T_c}$$

Donde:

B = Factor B

R_c = Radio de embobado

T_c = Espesor del material

Para obtener el valor de B se debe seguir el siguiente procedimiento a continuación detallado.

Calculo del Factor A:

Ecuación 15: Factor A en tapas.

$$A = \frac{0.125}{Rc/Tc}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$A = \frac{0.125}{\frac{10.63}{0.12}}$$

$$A = 0.0014$$

Donde el valor del factor B= 15000 (Ver anexo D)

Remplazando los datos en la ecuación se tiene:

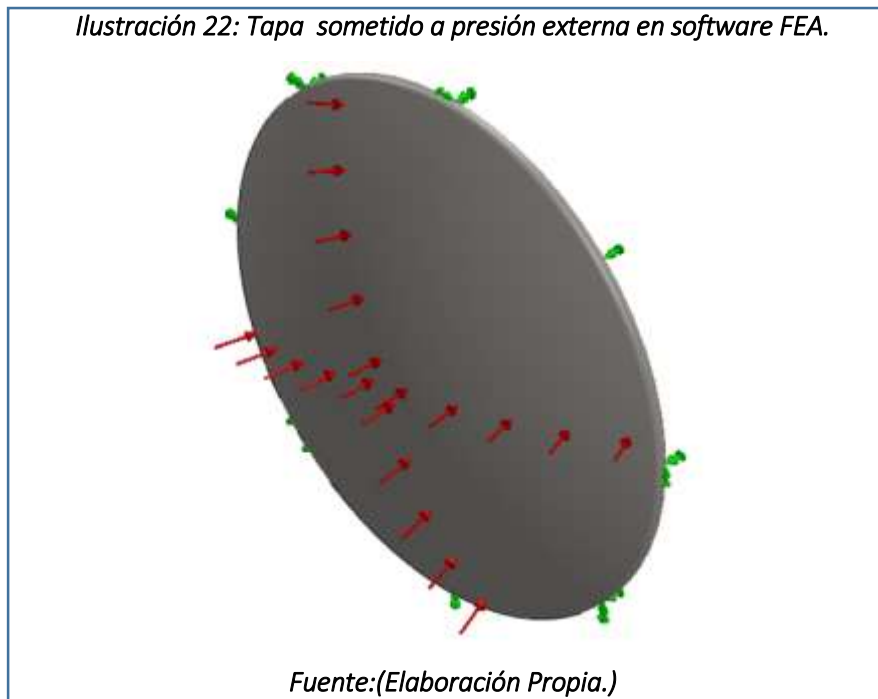
$$Pa = \frac{15000}{\frac{10.63}{0.12}}$$

$$Pa = 169 \frac{lb}{Pulg^2}$$

$$169 \frac{lb}{Pulg^2} > 15 lb/Pulg^2.$$

4.4.7. Análisis de tapa del cilindro de vacío con software FEA.

Luego de realizar el diseño teórico del cilindro se modeló y se simuló el modelo en Elementos Finitos utilizando el software Solidworks en la siguiente imagen se aprecia el cilindro sometida a la presión externa.



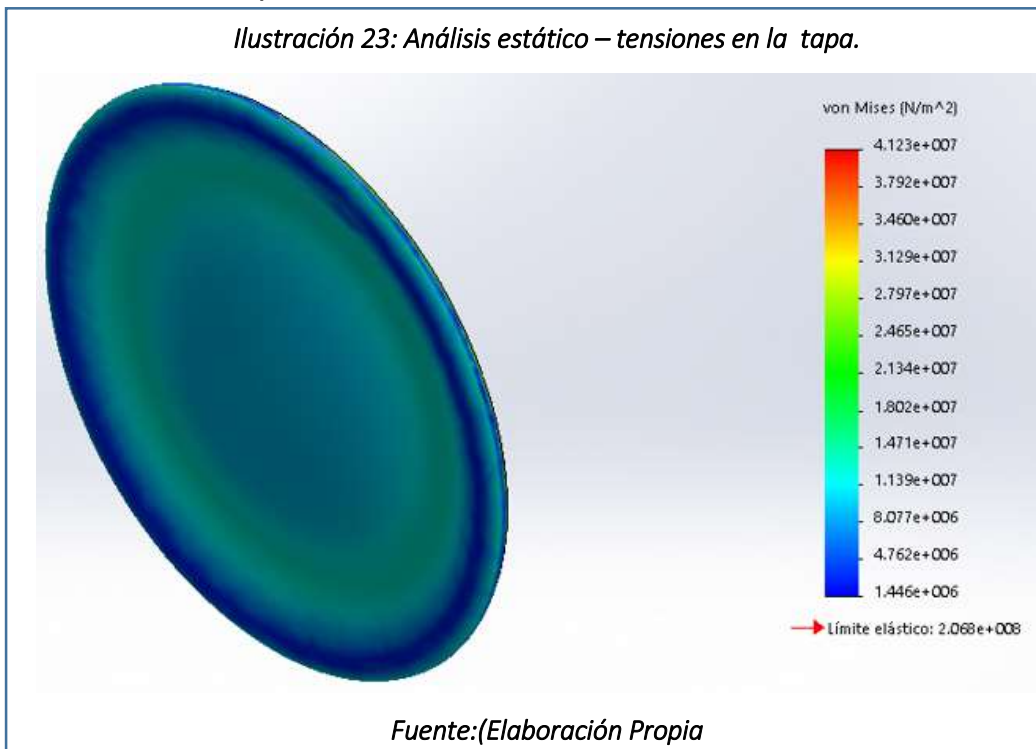
En la tabla N° 9 se aprecia los resultados del análisis.

Tabla 12: Resultados del análisis estático del cilindro.

Resultados del Análisis Estático del Contenedor			
<i>Nombre</i>	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones 1	VON: tensión de von mises	$1.44 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	$4.12 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.017 mm
Factor de seguridad	Automático	5	-
<i>Propiedades del Material</i>			
Nombre:	Acero inoxidable AISI 304		
Límite elástico:	$2.06 \times 10^8 \text{ N/m}^2$		
Límite de tracción:	$5.17 \times 10^8 \text{ N/m}^2$		

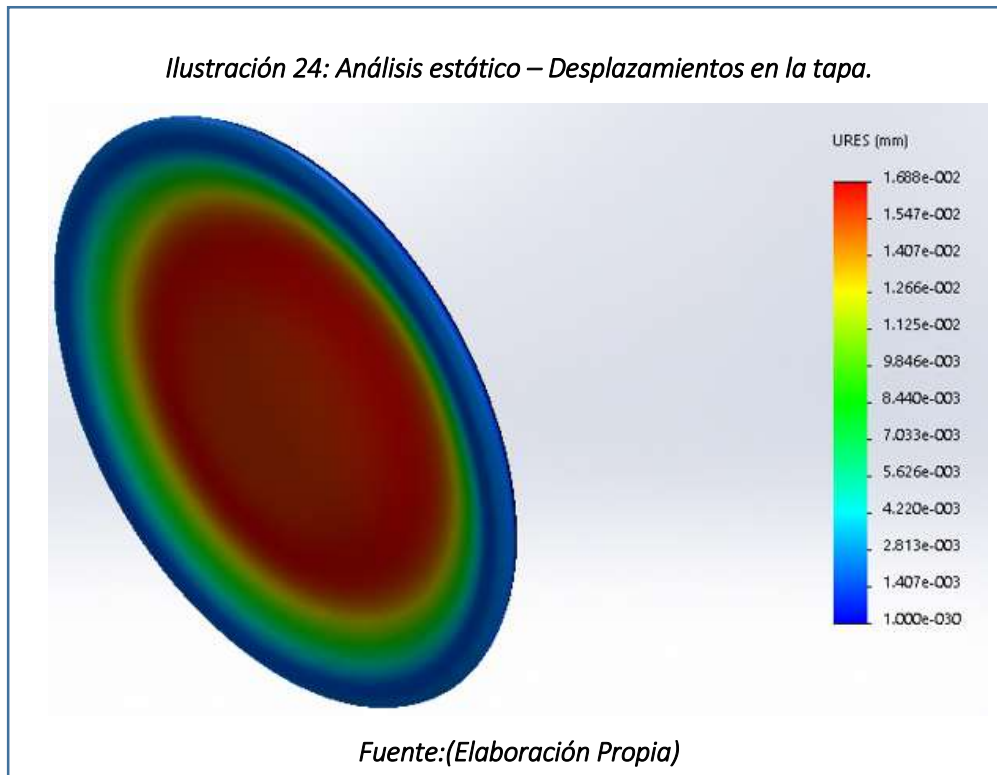
Fuente:(Elaboración Propia)

De la tabla anterior se concluye que las tensiones son menores al límite elástico, el factor de seguridad es de 5 y el desplazamiento máximo es mucho menor que 1 mm. Por lo que podemos indicar que la tapa no fallará por resistencia mecánica debido a que tiene un factor de seguridad mayor a 1; además el desplazamiento máximo de 0.017 no afectará a nuestro elemento de máquina.



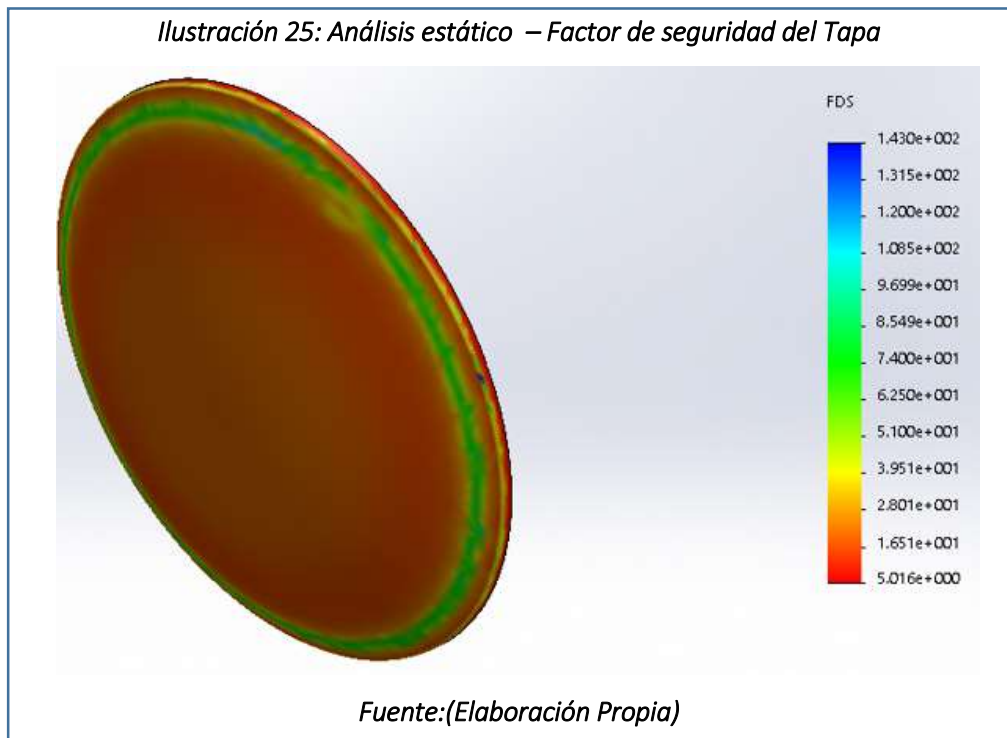
De la imagen se concluye que el esfuerzo de Von Mises para una fuerza una presión de vacío, oscila entre $1.44 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ y $4.12 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de 206.8 MPA, con lo cual se concluye que el diseño de la tapa es adecuado para las condiciones de vacío total.

Ilustración 24: Análisis estático – Desplazamientos en la tapa.



De la figura anterior se concluye que la deformación máxima que sufre el contenedor para una presión de vacío, es de 1.68×10^{-2} mm, es decir se obtuvo una deformación máxima de 0.016 mm, una deformación aceptable para tapas sometidos a presión externa.

Ilustración 25: Análisis estático – Factor de seguridad del Tapa



De la figura anterior se puede concluir que el factor de seguridad mínimo de la tapa es de 5 con este valor se garantiza que las dimensiones que se tomaron para el diseño de la tapa sometida a presión externa (vacío) son las adecuadas.

4.4.8. Selección del regulador.

El regulador es un dispositivo diseñado para mantener en toda la instalación el vacío constante para la selección se tomará como datos de selección la presión de vacío de 48 KPa.



Las características principales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13: Datos del regulador de vacío.

<i>Código</i>	<i>Caudal Max. (L/ min)</i>	<i>Presión de regulación (Kpa)</i>
00008440	400	30 - 60

Fuente: www.ultramilk.com.

4.4.9. Selección del pulsador.

Es pulsador es el encargado de dejar entrar aire o vacío en la cámara de pulsación lo cual permite el masaje de los pezones de la vaca y la intermitencia de la presión de succión con el fin de proteger los pezones de la vaca de algún daño.



El pulsador neumático es accionado por vacío, las características principales del pulsador se muestran a continuación en la siguiente tabla:

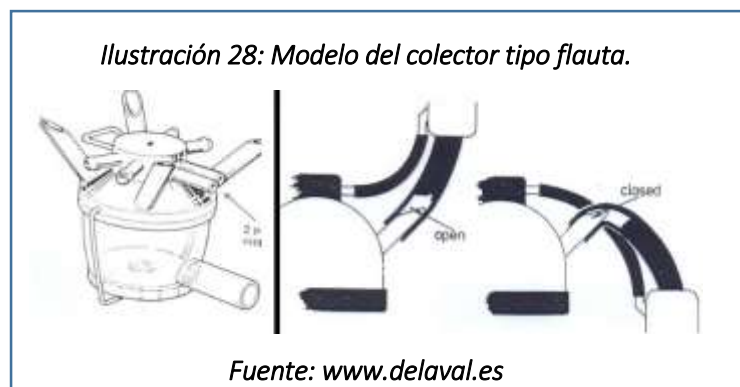
Tabla 14: Datos del Pulsador RP30.

<i>Código</i>	<i>Modo de funcionamiento</i>	<i>Dimensiones</i>
RP30	<i>Accionado neumáticamente</i>	<i>80 x 80 x 40 mm</i>

Fuente: www.delaval.es

4.4.10. Juego de ordeño.

Es un conjunto que comprende las pezonera y el colector. Se debe tener en consideración que el colector debe ser de boquilla de pico en flauta.



Además debe de contar con sus respectivas pezoneras, se seleccionó el juego de ordeño según el caudal de la leche estimado lo cual era de 2.9 lt/min.



Tabla 15: Datos del juego de ordeño MC31.

<i>Peso (Kg)</i>	<i>Capacidad de flujo (lt/min)</i>	<i>Diámetro interior</i>	<i>Tamaño de la garra (ml)</i>
2.7	12	16 mm	250

Fuente: www.ultramilk.com.

4.4.11. Contenedor de leche.

Los contenedores para el almacenamiento de la leche están estandarizados en 40 litros

Ilustración 30: Contenedor de leche 40L TP Arco.



Fuente: www.imusa.com.co

El cuál es esta construido de aluminio inoxidable de alta pureza y alta resistencia

4.4.12. Selección del Vacuómetro.

De acuerdo a la presión de vacío 50 KPa se seleccionó el Vacuómetro.

Ilustración 31: Vacuometro de 100 Kpa.



Fuente: www.Vuototecnical.net

Las características técnicas se muestran en el anexo E.

4.5. Sistema mecánico de la máquina ordeñadora no convencional.

Para el sistema mecánico se realizara el cálculo adecuado para determinar el diseño de transmisión de movimiento para encontrar las revoluciones generadas además del torque y potencia generada las cuales deben satisfacer la potencia que necesita la bomba de vacío.

Ilustración 32: Sistema mecánico de la maquina ordeñadora.



Fuente:(Elaboración Propia.)

Donde:

- A = Polea motriz.*
- B = Barra oscilante.*
- C = Estructura base.*
- D = Brazo oscilante.*
- E = Polea bomba de vacio*
- F = Polea conductora*
- G = correa*

4.5.1. Cálculo de la potencia humana generada.

Para determinar la potencia necesaria de la bomba se tiene la siguiente ecuación donde se incluye la eficiencia de transmisión por fajas.

Ecuación 16: Potencia necesaria.

$$P_{nec} = \frac{P_{B.sel}}{n_{fajas}}$$

Donde:

P_{nec} = Potencia necesaria.(w)

$P_{B.sel}$ = Potencia de la bomba seleccionada(w)

n_{fajas} = eficiencia de la transmisión por fajas.

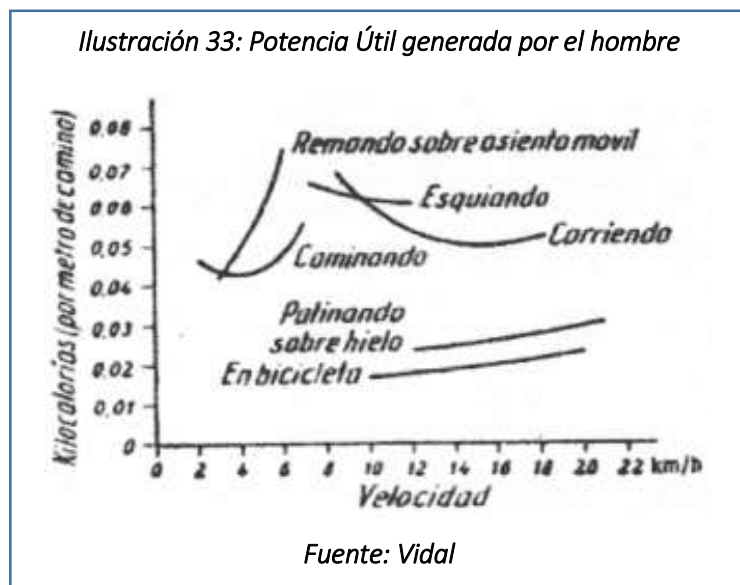
Remplazando en la ecuación se tiene el siguiente valor:

$$P_{nec} = \frac{700 \text{ w}}{0.94}$$

$$P_{nec} = 744.7 \text{ W.}$$

Se necesita una potencia de 744.7 W para el correcto funcionamiento de la bomba de vacío.

La gráfica que se presenta a continuación será de gran aporte para determinar la energía por metro de trabajo de una persona para distintas actividades. Se utilizara la curva de “corriendo” para encontrar la potencia generada.



Para determinar la potencia se tiene la siguiente ecuación modificada:

Ecuación 17: potencia útil.

$$P = E/t$$

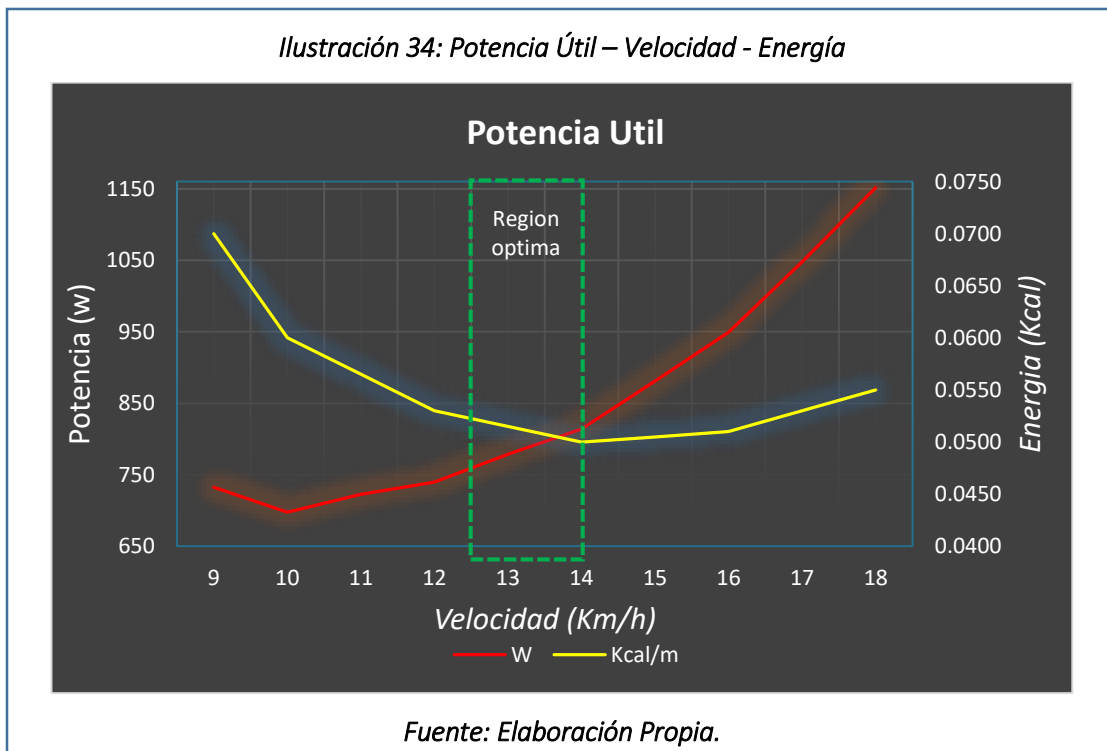
Donde:

$P =$ potencia util.(w)

$E =$ energia. (j)

$t =$ tiempo.(s)

Los valores de la potencia se presentan mediante la siguiente gráfica.



De la gráfica anterior se puede apreciar la variación de la potencia generada según la velocidad que se aplica para la actividad, la bomba de vacío necesita 745 W, entonces determinamos una región óptima donde se realice el menor esfuerzo posible, se tiene una velocidad entre de 12.5 – 14 Km/h el cual genera una potencia entre de 750 – 815 W suficiente para accionar la bomba.

4.5.2. Cálculo y diseño de la transmisión.

Para el diseño de la transmisión de debe conocer las rpm de la bomba de vacío y de los pedales de los cuales se tiene que la bomba debe girar a 2800 Rpm a continuación de determinar las revoluciones en el pedaleo. Se realizó una toma de datos como se muestra en la siguiente tabla donde se detalla la edad peso y el número de revoluciones.

Tabla 16: Datos de las muestras.

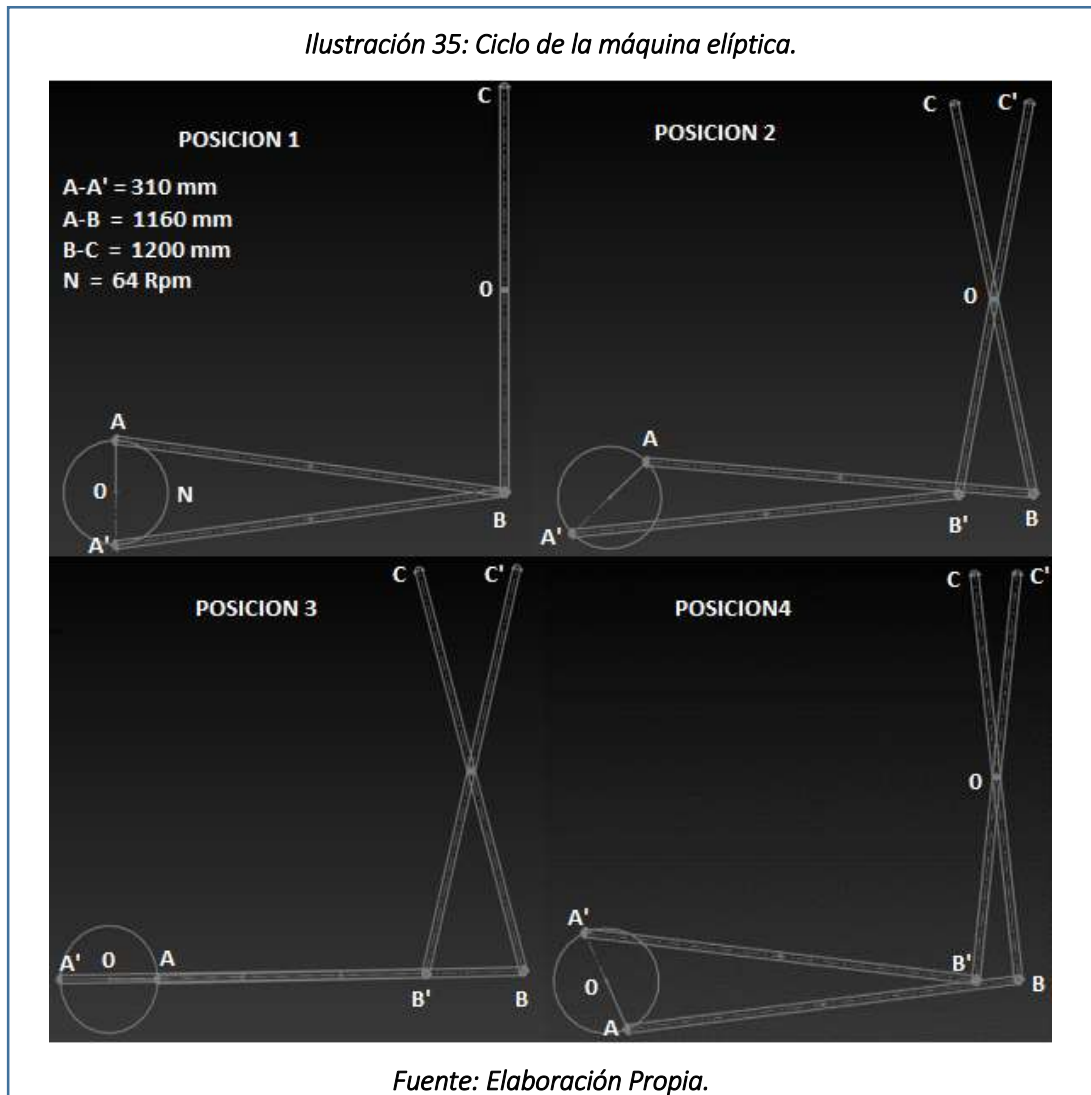
Muestra	Edad	Peso (Kg)	# Pedaleos/min
1	17	65	67
2	31	69	65
3	37	71	68
4	35	70	63
5	19	53	64
6	22	66	63
7	22	56	59
8	23	68	64
9	47	67	67
10	47	75	62
11	18	57	64
12	24	68	64
13	15	63	67
14	24	69	60
15	35	61	62
Promedio		62.50	63.93

Fuente: Elaboración Propia.

De la muestra obtenida se tiene que la velocidad promedio son de 64 Rpm.

En la siguiente imagen se muestra los datos preliminares donde las medidas están establecidas además se muestra el ciclo de la máquina elíptica.

Ilustración 35: Ciclo de la máquina elíptica.



Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que la transmisión será por fajas se calcula el diámetro de las poleas teniendo algunas consideraciones como la relación de transmisión.

Se tiene:

$$N1 = 64 \text{ Rpm}$$

$$N4 = 1450 \text{ Rpm}$$

$$D1 = 310 \text{ mm}$$

Para encontrar el diámetro de la polea de la bomba se empezará determinando la potencia corregida con la siguiente ecuación.

Ecuación 18: Potencia corregida.

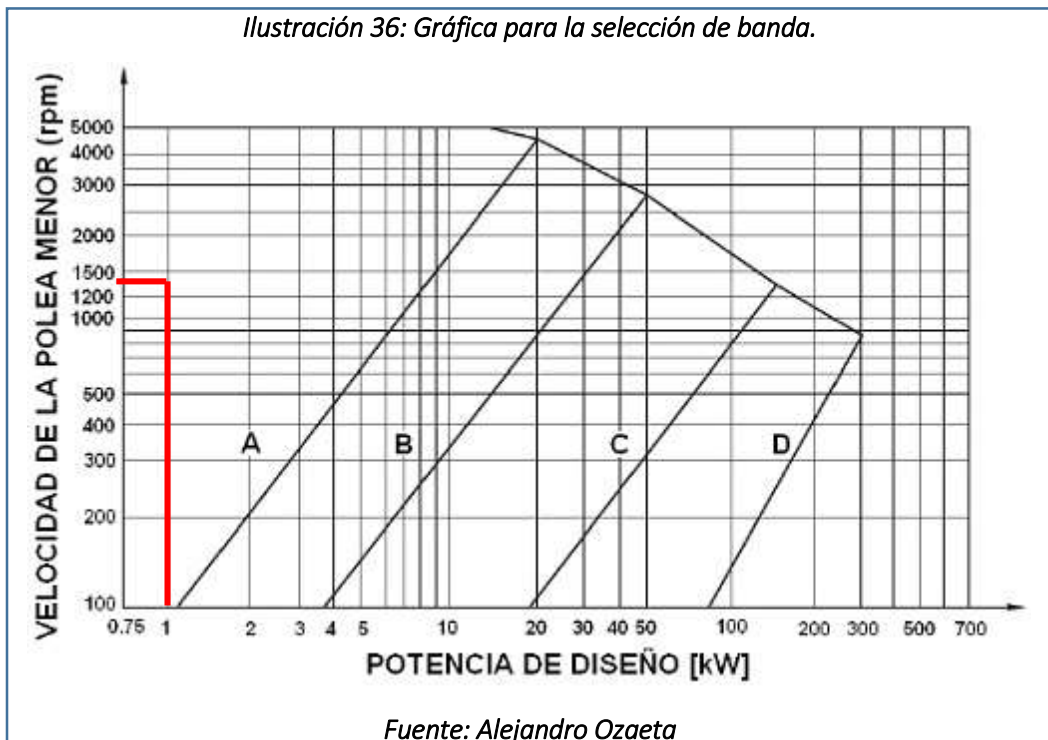
$$P_c = P_{nec} \times C$$

Donde $C = 1.1$ (ver anexo F) es un factor de servicio de accionamiento por motor eléctrico.

$$P_c = 744.7 \times 1.1$$

$$P_c = 819.17 \text{ W}$$

Conocida la potencia y las revoluciones se procede a elegir el tipo de banda



Como se aprecia en la gráfica para la potencia y velocidad la banda más recomendable es la de tipo "A"

El diámetro de la polea de la bomba esta está determinado por el tipo de banda.

Ilustración 37: Diámetro primitivo según faja.

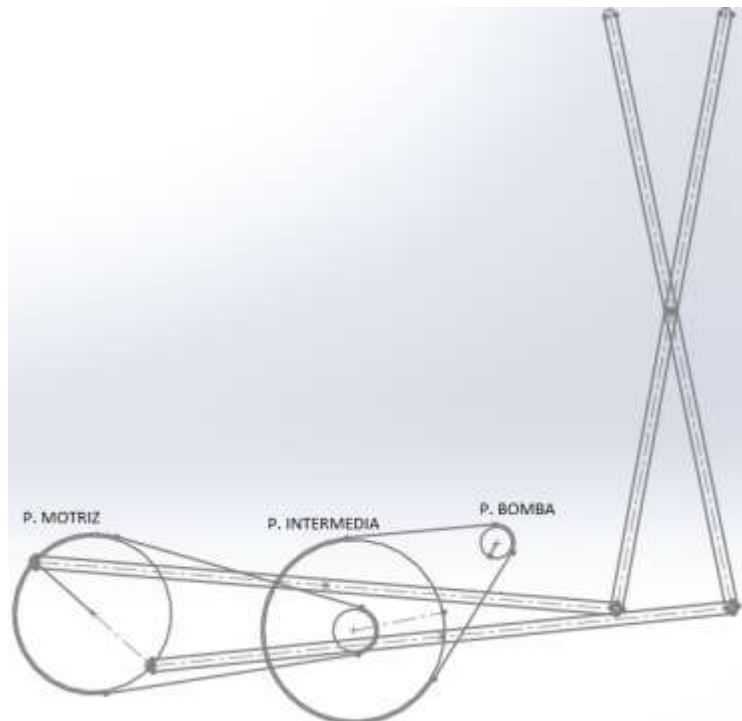
Sección	A	B	C	D	E
Diámetro primitivo mínimo [mm]	63	100	160	280	400

Fuente: Elaboración Propia.

Escogemos el diámetro de la polea menor $D_{bv} = 63$ mm ya que está dentro del rango de tipo A que va desde (63 – 100 mm).

Debido a que se debe aumentar la velocidad de 64 Rpm de la polea motriz a 1450 Rpm de la polea de la bomba de vacío se tuvo en consideración colocar una etapa intermedia tal como se muestra a continuación.

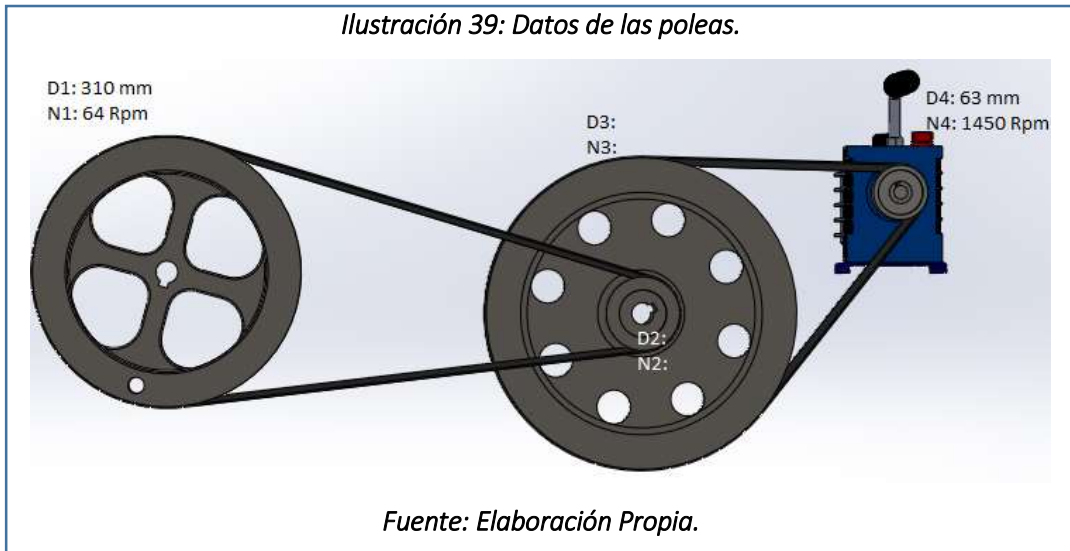
Ilustración 38: Diseño de la transmisión por correas.



Fuente: Elaboración Propia.

4.5.3. Dimensionamiento de las poleas de la transmisión.

En la siguiente imagen se muestra los datos que se tienen para calcular la relación de transmisión y los diámetros de la etapa intermedia.



Para el cálculo de la relación de transmisión se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 19: Relación de transmisión.

$$i = \frac{N_4 N_2}{N_1 N_3} = \frac{D_1 D_3}{D_2 D_4}$$

Se recomienda que para un buen funcionamiento la relación de transmisión sea entre 1-6.

Debido a que necesitamos que las poleas de la etapa intermedia sean lo más reducidas posibles tomaremos como 4 la relación de la primera transmisión.

$$i = \frac{N_2}{N_1}$$

$$N_2 = 64 * 4$$

$$N_2 = 256 \text{ Rpm}$$

Donde el diámetro de la polea 2 es:

$$D_2 = \frac{310 * 64}{256}$$

$$D_2 = 77.5$$

Del mismo modo se determinó el diámetro de la polea 3.

Donde:

$$N_2 = N_3$$

Entonces:

$$D_3 = \frac{1450 * 77 * 63}{64 * 310}$$

$$D_3 = 359.1 \text{ mm}$$

De donde la relación de transmisión total es

$$i = \frac{1450}{64}$$

$$i = 22.5$$

Para determinar las distancias entre ejes se tiene 2 condiciones.

Para i entre 1 a 3

$$c \geq \frac{(i + 1)d_p}{2} + d_p$$

Para i mayor que 3:

$$c \geq d_p$$

Para la primera relación se tiene:

$$i = \frac{256}{64}$$

$$i = 4$$

Entonces tomamos la condición que es necesaria

$$c \geq d_p$$

Donde $c = 310$ mm como mínimo, debido al diseño de la máquina se tomará una distancia de 552 mm.

Para la segunda relación:

$$i = \frac{1450}{256}$$
$$i = 5.6$$

Entonces tomamos la condición que es necesaria.

$$c \geq dp$$

Donde $c = 360$ mm.

Para determinar la longitud de la banda se tiene la siguiente ecuación.

Ecuación 20: Longitud de la banda.

$$L = (2 * C) + (1.57 * (Dp + dp)) + (Dp - dp) \frac{2}{(4 * C)}$$

Remplazando datos para la primera relación se tiene:

$$L = (2 * 552) + (1.57 * (77.5 + 310)) + (77.5 - 310) \frac{2}{(4 * 552)}$$

$$L = 1712.16 \text{ mm}$$

Conociendo este valor y la sección utilizada, se consulta en la tabla que entrega la identificación de la correa adecuada.

Ilustración 40: Dimensiones de faja.

A	
13 mm	
Nº de correa ISO	Longitud de ref. mm ISO
A-21	570
A-22	595
A-23	620
A-66	1715
A-67	1735

Una vez calculada la longitud normalizada (L_n) de la correa seleccionada se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros real con la siguiente formula:

Ecuación 21: Distancia entre centros

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right|$$

Signo (+) cuando $L < L_n$

Signo (-) cuando $L > L_n$

$$C_c = 552 + \left| \frac{1712.16 - 1715}{2} \right|$$

$$C_c = 553 \text{ mm}$$

Para la segunda relación se tiene:

$$L = (2 * 360) + (1.57 * (63 + 360)) + (63 - 360) \frac{2}{(4 * 360)}$$

$$L = 1383.7 \text{ mm}$$

Conociendo este valor y la sección utilizada, se consulta en la tabla que entrega la identificación de la correa adecuada.

Ilustración 41: Dimensiones de faja para la segunda relación.

A	13 mm
N° de correa ISO	Longitud de ref. mm ISO
A-21	570
A-22	595
A-23	620
A-52	1355
A-53	1385

La distancia entre centros será.

$$C_c = 360 + \left| \frac{1383.7 - 1385}{2} \right|$$

$$C_c = 361 \text{ mm}$$

4.5.4. Cálculo de Tensiones en las correas.

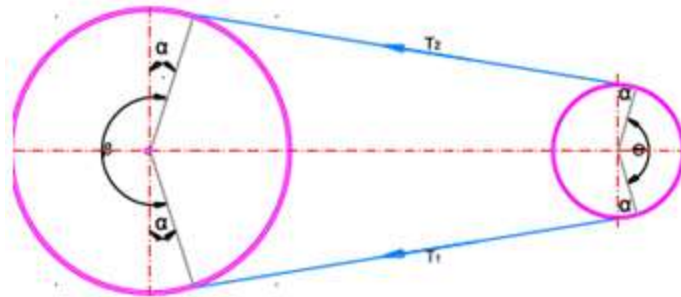
Para determinar las tensiones se debe empezar con calcular el arco de contacto mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 22: Arco de contacto

$$ARC = 180^\circ - 60 \frac{D - d}{C_c}$$

Para la primera relación se tiene:

Ilustración 42: Ángulos de abrazamientos de la primera relación.



Fuente: Elaboración Propia.

Remplazando los datos se tiene:

$$ARC = 180^\circ - 60 \left(\frac{310 - 78}{553} \right)$$

$$ARC = 154.83$$

Para el cálculo de α se tiene lo siguiente.

Ecuación 23: Angulo α

$$\alpha = \frac{180 - ARC}{2}$$

$$\alpha = \frac{180 - 154.83}{2}$$

$$\alpha = 12.6^\circ$$

Para el cálculo del ángulo β se tiene lo siguiente:

Ecuación 24: Angulo β

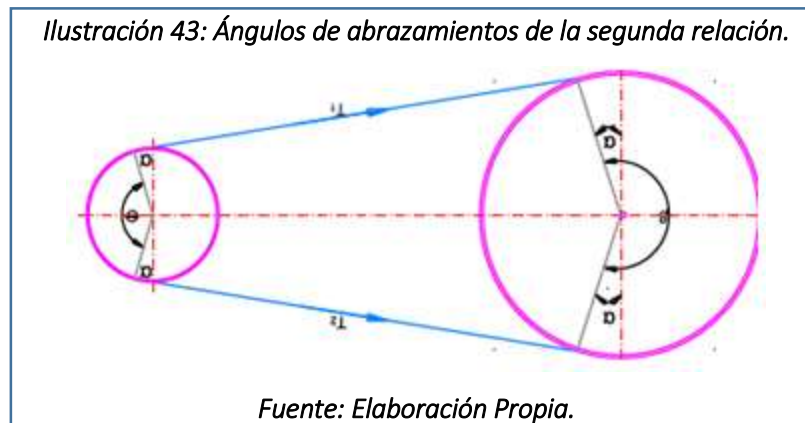
$$\beta = 180^\circ + 2 \alpha$$

Remplazando datos en la ecuación se tiene

$$\beta = 180^\circ + 2(12.6)$$

$$\beta = 167.4^\circ$$

Para la segunda relación se tiene:



$$ARC = 180^\circ - 60 \left(\frac{360 - 63}{361} \right)$$

$$ARC = 130.63$$

Para el cálculo de α se tiene lo siguiente.

$$\alpha = \frac{180 - 130.63}{2}$$

$$\alpha = 24.69$$

Para el cálculo del ángulo β se tiene lo siguiente:

$$\beta = 180^\circ + 2(24.69)$$

$$\beta = 229.4^\circ$$

Las transmisiones por correas deben satisfacer una condición de velocidad como se muestra a continuación.

Ecuación 25: Condición de velocidad máxima.

$$V_c < V_{max}$$

Donde la velocidad máxima es 30m/s

Para determinar la velocidad crítica se tiene a continuación la siguiente ecuación:

Ecuación 26: Velocidad crítica.

$$V_c = \frac{N_1 \times \pi \times dp}{6000}$$

Donde

$N_1 =$ velocidad de giro de la conductora en rad/s

Para la primera relación se tiene:

$$V_c = \frac{6.7 \times \pi \times 310}{6000}$$

$$V_c = 1.08 \frac{m}{s}$$

$$1.08 < 30$$

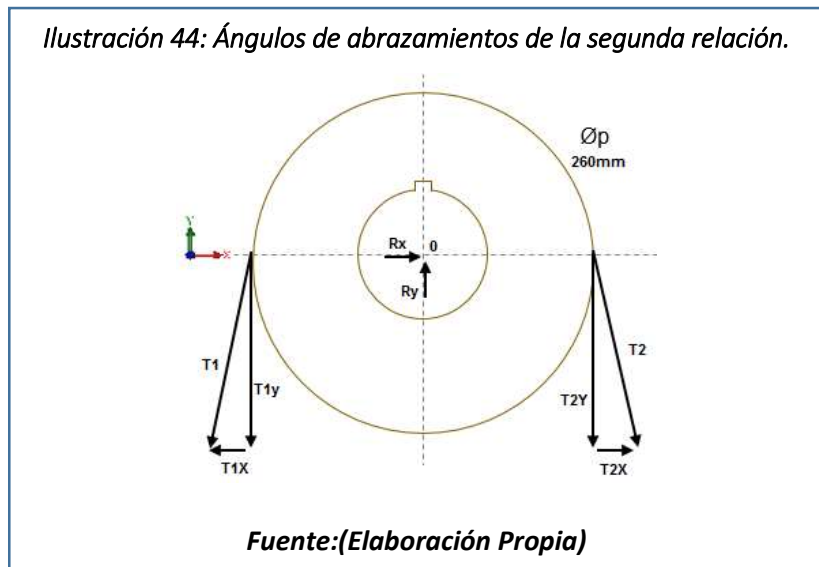
Para la segunda relación se tiene:

$$V_c = \frac{26.8 \times \pi \times 360}{6000}$$

$$V_c = 5.05 \frac{m}{s}$$

$$5.05 < 30$$

Para el cálculo de tensiones se tiene:



Las tensiones que se ejercen en la faja están dadas por la siguiente relación:

Ecuación 27: Relación de tensiones

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\left(\frac{f \cdot x \cdot \theta}{\sin \frac{y}{2}}\right)}$$

Donde:

T_1 y T_2 = tensiones

f = coeficiente de fricción entre faja y polea

θ = ángulo de contacto

y = ángulo de garganta de la correa en grados

Entonces para la primera relación se tiene:

$$\theta = \beta = 167.4^\circ \times \frac{2\pi}{360}$$

$$\theta = 2.922$$

Remplazando en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\left(\frac{0.28 \times 2.922}{\sin \frac{38}{2}}\right)}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 12.34$$

$$T_1 = 12.34T_2 \quad \dots (1)$$

También se sabe que mediante la potencia se puede encontrar las tensiones entonces se tiene lo siguiente.

Ecuación 28: Potencia con respecto a las tensiones

$$P = \frac{(T_1 - T_2)V}{33000}$$

Como se sabe la potencia es de 750 W y la velocidad es de 1.08 m/s = 212.6 ft/min.

$$1.02 = \frac{(T_1 - T_2)212.06}{33000}$$

$$T_1 - T_2 = 158.73 \quad \dots (2)$$

Entonces remplazando la ecuación

$$12.34T_2 - T_2 = 158.73$$

$$T_2 = 13.99 \text{ lb} \approx 62.2 \text{ N}$$

$$T_1 = 172.72 \text{ lb} \approx 767.7 \text{ N}$$

Para la segunda relación se tiene:

$$\theta = \beta = 229.4^\circ \times \frac{2\pi}{360}$$

$$\theta = 4.0$$

Remplazando en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\left(\frac{0.28 \times 4.0}{\sin \frac{38}{2}}\right)}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 31.19$$

$$T_1 = 31.19T_2 \quad \dots (1)$$

La velocidad es de 5.05 m/s = 994.09 ft/min.

$$1.02 = \frac{(T_1 - T_2)994.09}{33000}$$

$$T_1 - T_2 = 33.86 \quad \dots (2)$$

Entonces remplazando la ecuación

$$31.19T_2 - T_2 = 33.96$$

$$T_2 = 1.12 \text{ lb} \approx 4.97 \text{ N}$$

$$T_1 = 34.93 \text{ lb} \approx 155.2 \text{ N}$$

4.5.5. Cálculo y diseño del eje principal.

El eje será el encargado de soportar el peso de la polea conductora además del peso de una persona.

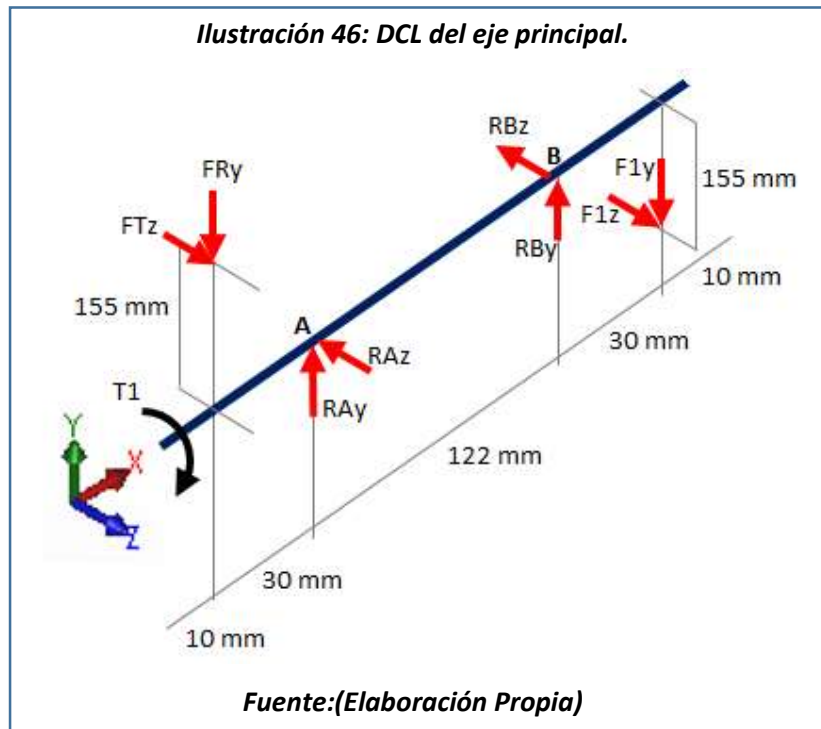
Ilustración 45: Eje principal de la máquina ordeñadora.



Fuente:(Elaboración Propia)

A continuación se muestran el DCL del eje principal donde se muestran las fuerzas que actúan sobre él.

Ilustración 46: DCL del eje principal.



A continuación se determinará el torque y otros valores que serán necesarios para realizar el análisis en cada plano correspondiente.

El torque se encontrara mediante la siguiente formula.

Ecuación 29: Torque.

$$T = \frac{P}{w}$$

Donde:

$T = \text{torque}(\text{N.m})$

$P = \text{potencia}(w)$

$w = \text{velocidad angular}(\text{rad/s})$

Remplazando los datos se tiene los siguientes resultados.

$$T = \frac{750}{6.7}$$

$$T = 111.94 \text{ N.m}$$

Para encontrar las fuerzas que se tienen en la polea de la primera relación se tiene se tiene:

Ecuación 30: Fuerza radial en la polea

$$FRy = Ty = (T1 + T2) \cos \alpha$$

$$FRy = Ty = (62.2 + 767.7) \cos 12.6$$

$$FRy = Ty = 809.91 \text{ N}$$

Ecuación 31: Fuerza tangencial en la polea

$$FTz = Tz = (T1 - T2) \text{ sen } \alpha$$

$$FTz = Tz = (62.2 - 767.7) \text{ sen } 9.015$$

$$FTz = Tz = 110.55 \text{ N}$$

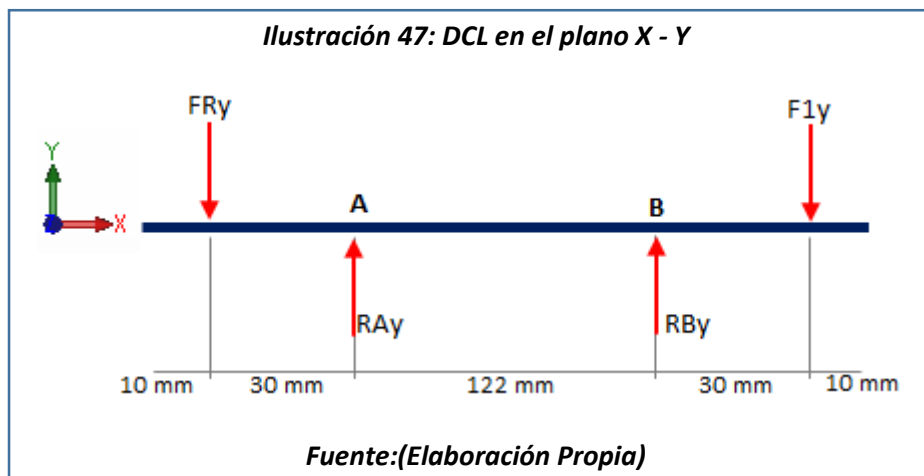
Además:

$$F_{1z} = \frac{T}{2D}$$
$$F_{1z} = \frac{111.94}{2(0.155)}$$
$$F_{1z} = 361.096 \text{ N}$$

El peso promedio de las muestras tomadas es de 62.5 Kg

$$F_{1y} = \frac{62.5 * 9.8}{2}$$
$$F_{1y} = 306.25 \text{ N}$$

A). Análisis en el plano X – Y



Aplicando sumatoria de fuerzas se tiene.

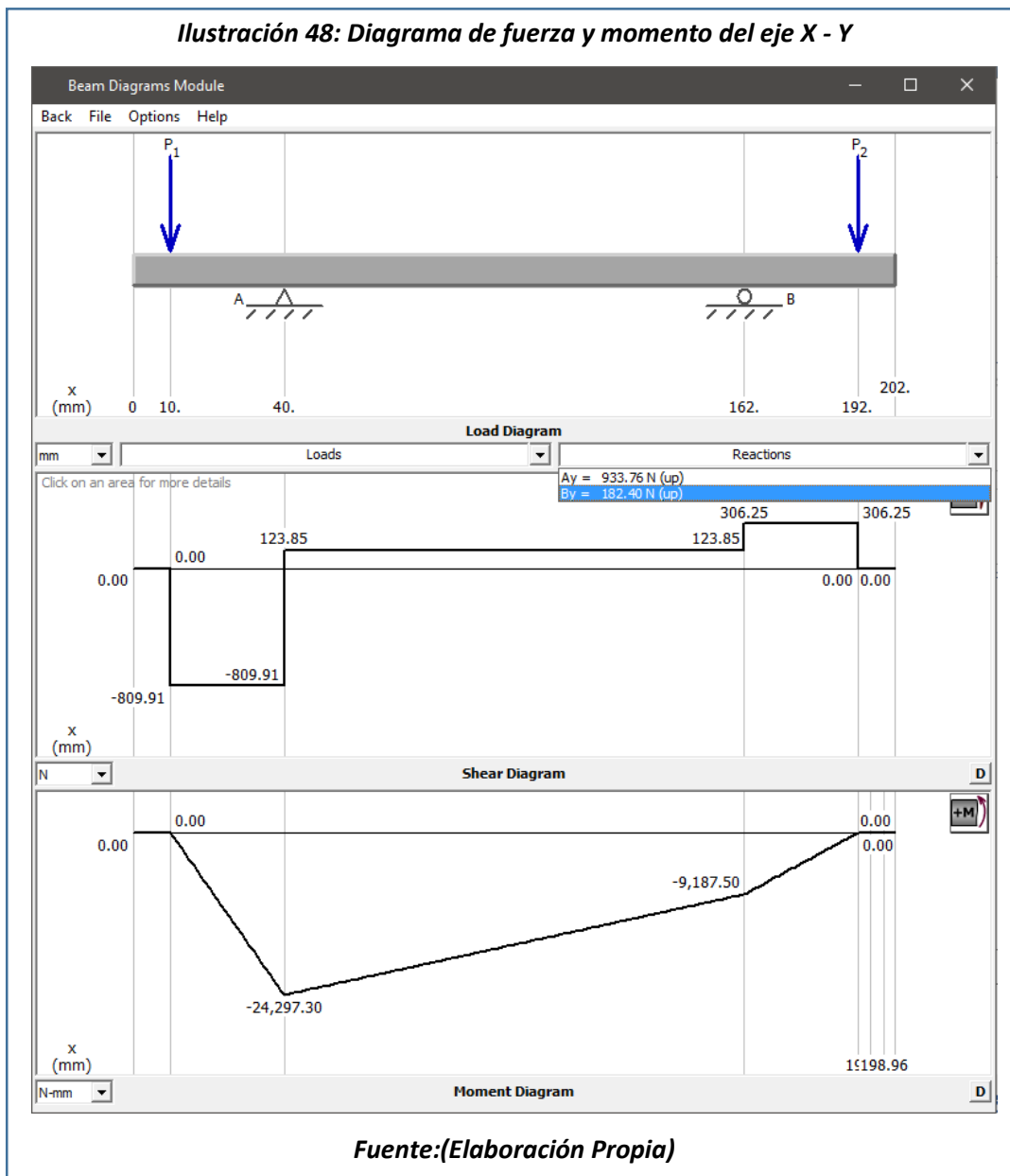
$$\sum F_y = 0$$
$$-FR_y + RA_y + RB_y - F_{1y} = 0$$
$$-809.91 + RA_y + RB_y - 306.25 = 0$$
$$RA_y + RB_y = 1116.16 \text{ N} \quad (i)$$

Aplicando sumatoria de momentos

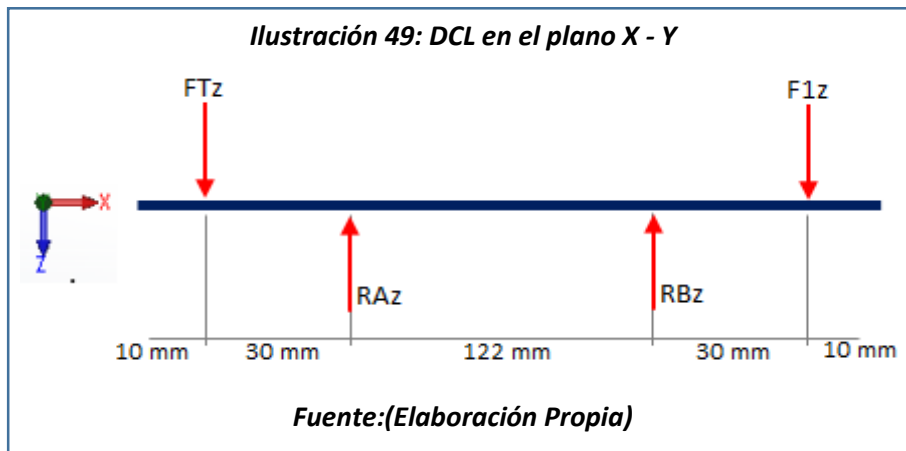
$$\sum M_A = 0$$

$$FR_y(0.030) + RB_y(0.122) - F1_y(0.152) = 0$$
$$809.91(0.030) + RB_y(0.122) - 306.25(0.152) = 0$$
$$RB_y = 182.399$$
$$RA_y = 933.761$$

A continuación se tiene los diagramas de fuerza cortante y momento flector.



B). Análisis en el plano X – Z



Aplicando sumatoria de fuerzas se tiene.

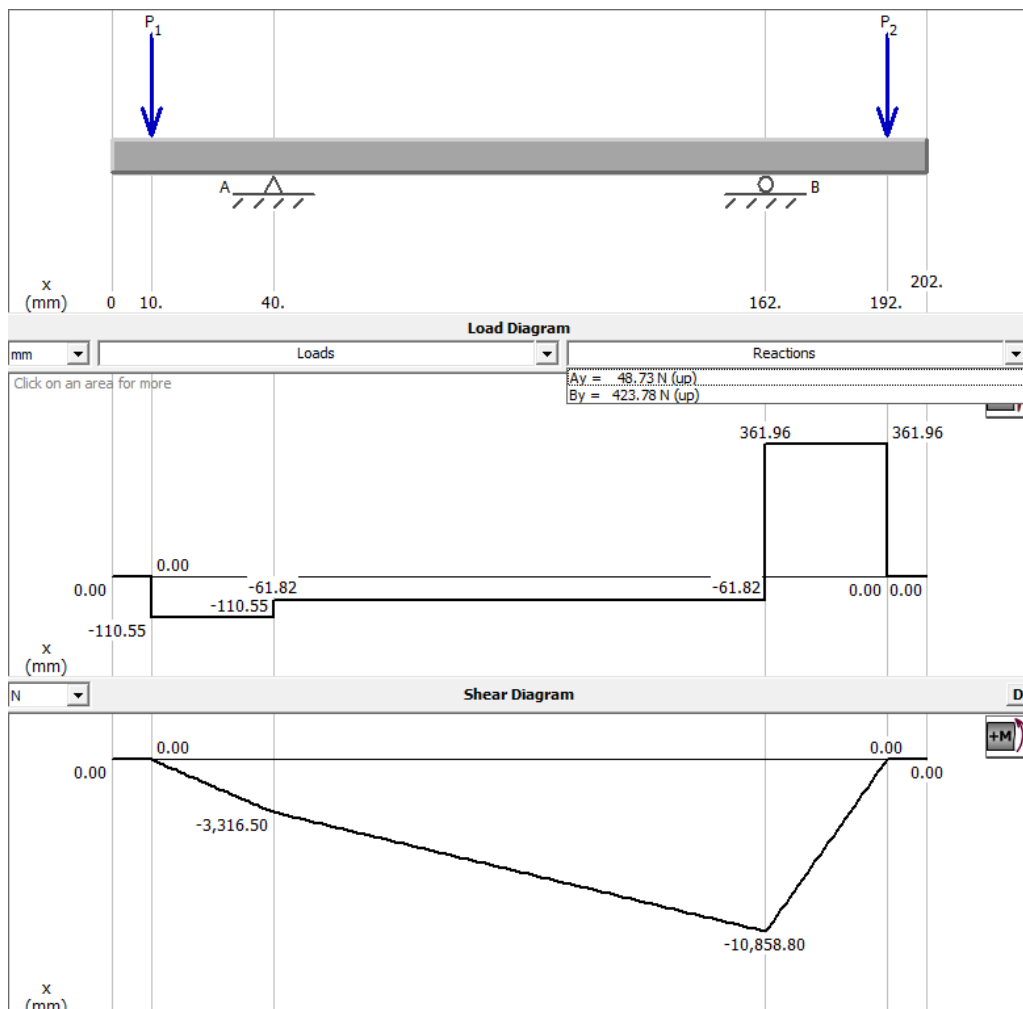
$$\sum F_y = 0$$
$$-FT_z + RA_z + RB_z - F1_z = 0$$
$$-110.55 + RA_y + RB_y - 361.96 = 0$$
$$\mathbf{RA_z + RB_z = 472.51 N \quad (i)}$$

Aplicando sumatoria de momentos

$$\sum M_A = 0$$
$$FT_z(0.030) + RB_z(0.122) - F1_z(0.152) = 0$$
$$110.55(0.030) + RB_z(0.122) - 361.96(0.152) = 0$$
$$\mathbf{RB_z = 423.78 N}$$
$$\mathbf{RA_z = 78.73 N}$$

A continuación se tiene los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Ilustración 50: Diagrama de fuerza y momento del eje X - Z



Fuente:(Elaboración Propia)

Los momentos máximos que se generan son

$$MRA = \sqrt{24.29^2 + 3.32^2}$$

$$MRA = 24.51 \text{ N.m}$$

$$MRB = \sqrt{9.19^2 + 10.86}$$

$$MRB = 14.22 \text{ N.m}$$

C). Cálculo del diámetro del eje por carga estática.

Usando la Teoría De La Energía De La Distorsión (DET) también conocido como el criterio de Von Mises se predice el diámetro más pequeño donde la falla empezara a ocurrir.

Ecuación 32: Diámetro según Criterio de Von Mises

$$d = \left(\left(\frac{32 n_s}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + \frac{3}{4} T^2} \right)^{1/3} \right)$$

Se tomó como factor de seguridad 2 (ver anexo G) el material a utilizar será el acero AISI 1020 sus especificaciones se encuentran en el anexo H.

Calculo del diámetro para el punto A.

$$d = \left(\left(\frac{32(2)}{\pi(205)(10^6)} \sqrt{24.51^2 + \frac{3}{4} 111.94^2} \right)^{1/3} \right)$$

$$d = 0.021 \text{ m} = 1 \text{ Pulg}$$

Calculo del diámetro para el punto b

$$d = \left(\left(\frac{32(2)}{\pi(205)(10^6)} \sqrt{14.22^2 + \frac{3}{4} 111.94^2} \right)^{1/3} \right)$$

$$d = 0.021 \text{ m} = 1 \text{ Pulg}$$

D). Cálculo del diámetro del eje por diseño a la fatiga.

El eje será diseñado teniendo en cuenta el criterio por falla por fatiga de Soderberg. Este es un criterio muy conservador que protege de la fluencia y la ecuación característica es:

Ecuación 33: Ecuación de criterio por falla de fatiga.

$$\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Donde:

σ'_a = *tension equivalente alterna*

σ'_m = *tension equivalente media*

S_e = *resistencia a la fatiga para vida infinita*

S_y = *tension a la fluencia del material*

Empezaremos calculando

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

Donde:

K_a = *factor de la condicion superficial*

K_b = *factor de modificacion de tamaño*

S'_e = *resistencia obtenida de la probeta*

Las propiedades del material son

$S_y = 205 \text{ Mpa}$

$S_{ut} = 380 \text{ Mpa}$

Para encontrar el valor de factor de condición superficial se tiene:

Ecuación 34: Factor de condición superficial.

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

Ilustración 51: Parámetros de la condición de Marín.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
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

Fuente: (Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Donde:

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

Entonces se tendrá

$$K_a = 4.51 \times 568^{-0.265}$$

$$K_a = 0.839$$

Para el factor de tamaño tenemos la siguiente condición:

Ilustración 52: Factor de tamaño

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

Fuente: (Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Ecuación 35: Factor de tamaño.

$$K_b = 1.24d^{-0.107}; \text{ si } 2.79\text{mm} \leq d \leq 51 \text{ mm}$$

El diámetro a tomar es de 22 mm y lo analizaremos si es el adecuado con el factor de seguridad.

$$K_b = 1.24(22)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.89$$

Para el factor de modificación de carga se toma:

Ilustración 53: Factor de carga.

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

Fuente: Budynas & Keith Nisbett, 2008

$$K_C = 1$$

Para el factor de temperatura tenemos que cuando la temperatura de funcionamiento supere los 250°C.

Ilustración 54: Factor de temperatura.

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		

Fuente:(Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Entonces se tiene que el valor de:

$$K_d = 1$$

Para el factor de confiabilidad se obtendrá de la siguiente tabla:

Ilustración 55: Factor de confiabilidad.

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_u	Factor de confiabilidad 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

Fuente: (Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Para una confiabilidad del 90% se tiene

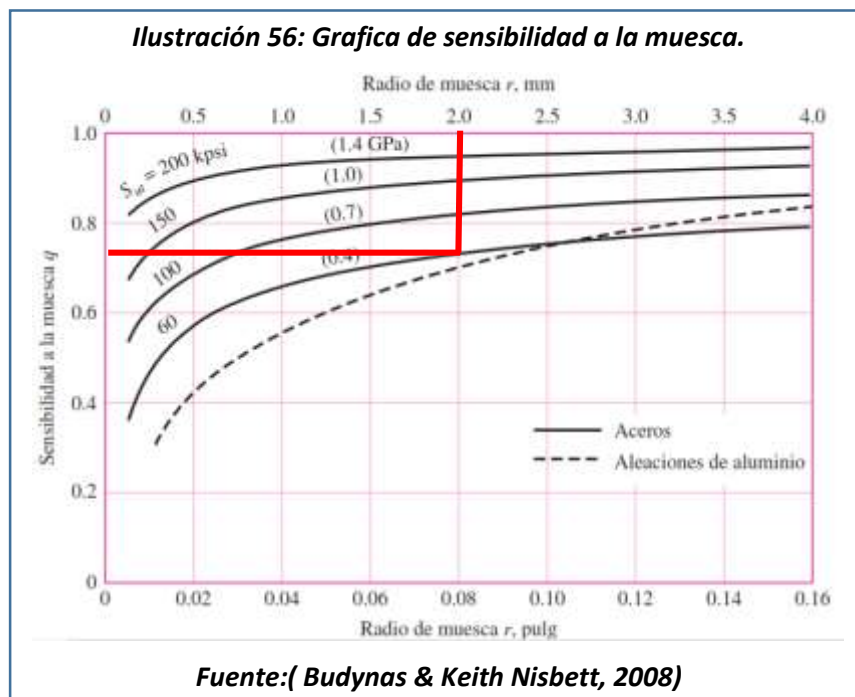
$$K_e = 0.897$$

Para obtener el valor de:

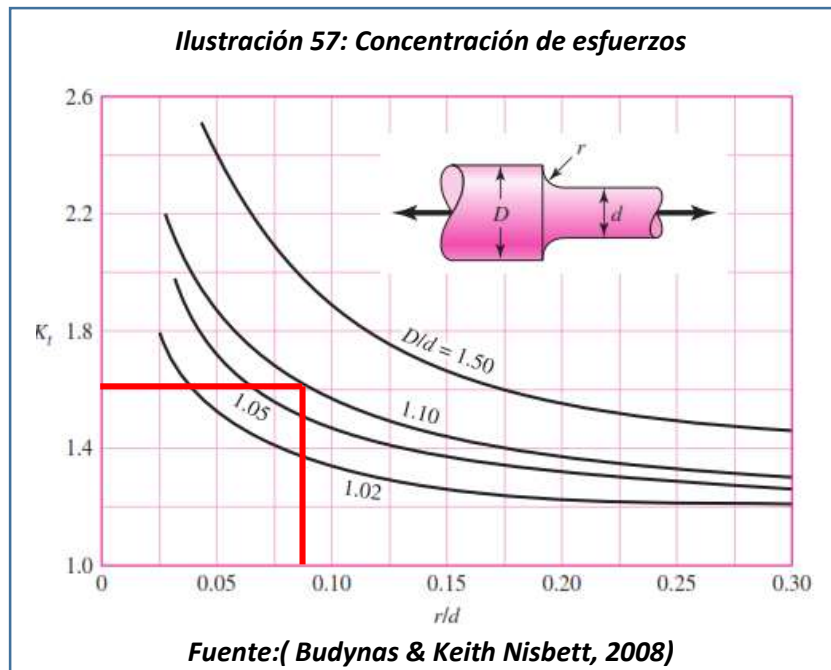
$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

Las dimensiones propuestas son:

$$D = 25 \text{ mm} ; d = 22 \text{ mm y } r = 2$$



$$q = 0.75$$



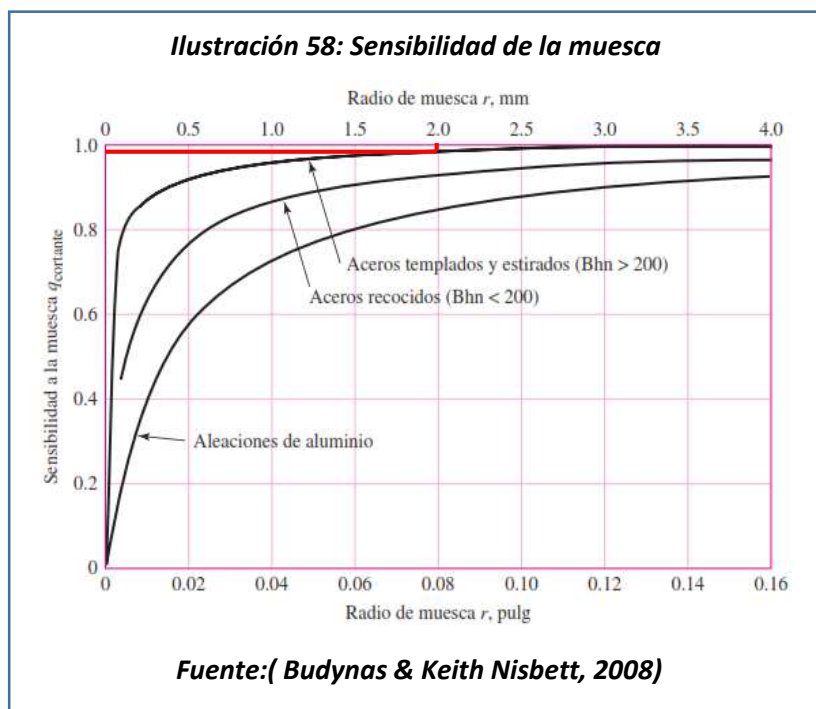
$$K_t = 1.62$$

$$K_f = 1 + 0.75(1.62 - 1)$$

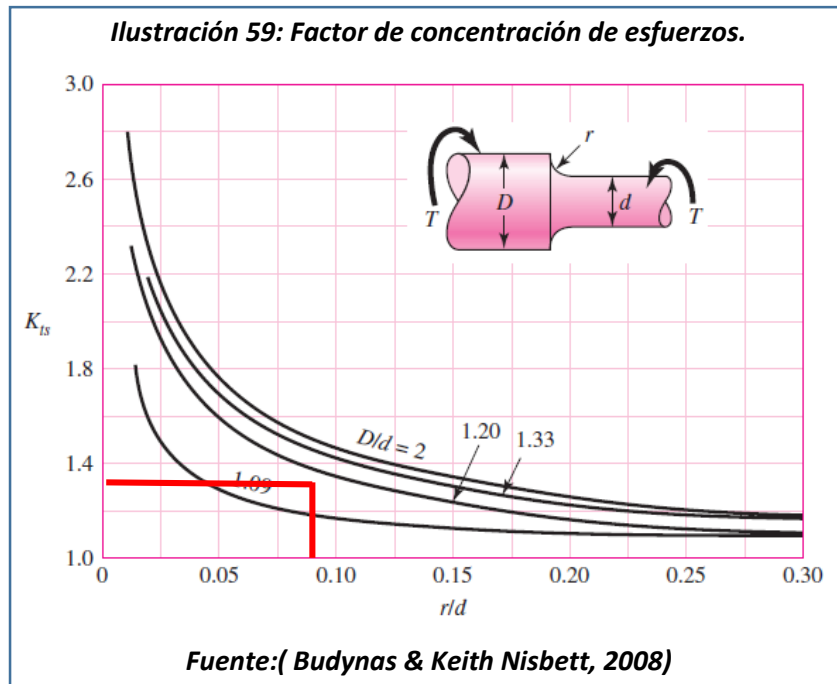
$$K_f = 1.465$$

Para el cálculo de:

$$K_{fS} = 1 + q_s(K_{ts} - 1)$$



$$q_s = 0.95$$



$$K_t = 1.35$$

$$K_{fs} = 1 + 0.95(1.35 - 1)$$

$$K_{fs} = 1.3325$$

Para encontrar el esfuerzo equivalente y de Von Mises debidas al esfuerzo alternante y medio se tiene de las siguientes formulas:

Ecuación 36: Esfuerzos equivalentes

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} \quad ; \quad \sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

Donde:

$$\sigma_a = \frac{M_a}{\frac{I}{c}} \quad ; \quad \sigma_m = \frac{M_m}{\frac{I}{c}}$$

$$\tau_a = \frac{T_a}{\frac{I_\theta}{c}} \quad ; \quad \tau_m = \frac{T_m}{\frac{I_\theta}{c}}$$

Donde :

σ_a ; σ_m = tensiones normales alterna y media

τ_a ; τ_m = tensiones tangenciales alterna y media

K_f ; K_{fs} = factores de concentracion de esfuerzo

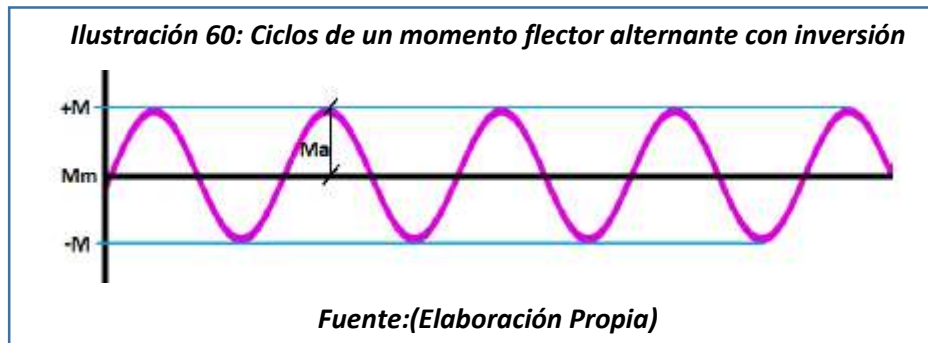
K_t ; K_{ts} = factores de concentracion de esfuerzo normal

q ; q_s = factores de sensibilidad de la muesca

M_a ; T_a = valores alternos del momento flector y torsor

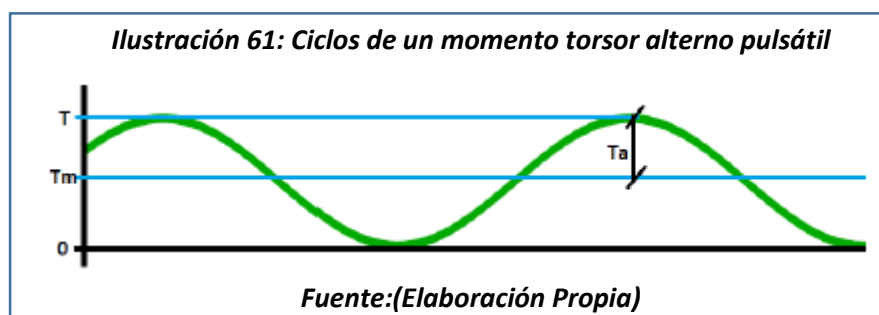
M_m ; T_m = valores medios del momento flector y torsor

Otras consideraciones que hay que tener en cuenta es lo que indican las siguientes graficas más conservadoras



Donde:

$$M_a = M \text{ y } M_m = 0$$



$$T_a = T_m = 0.5T$$

En el diagrama de cuerpo libre nuestro torque era de:

$$T = 119.94 \text{ Nm}$$

$$\mathbf{MRA = 24.51 N.m = M_a}$$

$$T_m = 0.5T$$

$$T_m = 0.5(119.94)$$

$$\mathbf{T_m = 59.97 N.m}$$

$$\sigma_a = \frac{24.51}{\frac{\pi(0.022^3)}{32}} \quad ; \quad \sigma_m = \frac{0}{\frac{\pi(0.022^3)}{32}}$$

$$\mathbf{\sigma_a = 23.44 Mpa \quad ; \quad \sigma_m = 0}$$

$$\tau_a = \frac{59.97}{\frac{\pi(0.022^3)}{16}} \quad ; \quad \tau_m = \frac{59.97}{\frac{\pi(0.022^3)}{16}}$$

$$\mathbf{\tau_a = \tau_m = 28.68 Mpa}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{23.44^2 + 3 * (28.68)^2} \quad ; \quad \sigma'_m = \sqrt{0^2 + 3 * (28.68)^2}$$

$$\mathbf{\sigma'_a = 54.92 Mpa \quad ; \quad \sigma'_m = 49.67 Mpa}$$

$$S_e = 0.839 \times 0.89 \times 1 \times 1 \times 0.897 \times 1.465 \times 1.332 \times (0.5 \times 380) \text{ Mpa}$$

$$S_e = 248.33 \text{ Mpa}$$

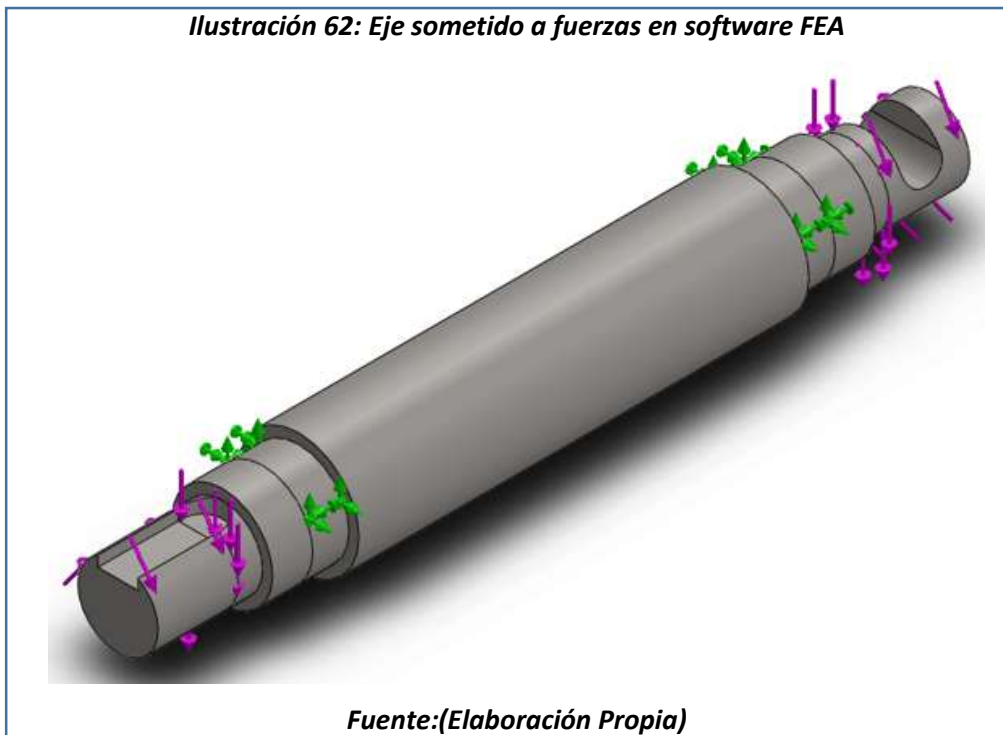
$$\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y} = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{\frac{54.92}{248.33} + \frac{49.67}{205}}$$

$$\mathbf{n = 2.15}$$

4.5.6. Análisis del eje principal con software FEA.

Se procedió primero al diseño del eje principal y posteriormente se simuló el modelo en Elementos Finitos utilizando el software Solidworks en la figura 62 se aprecia el eje sometido a fuerzas.



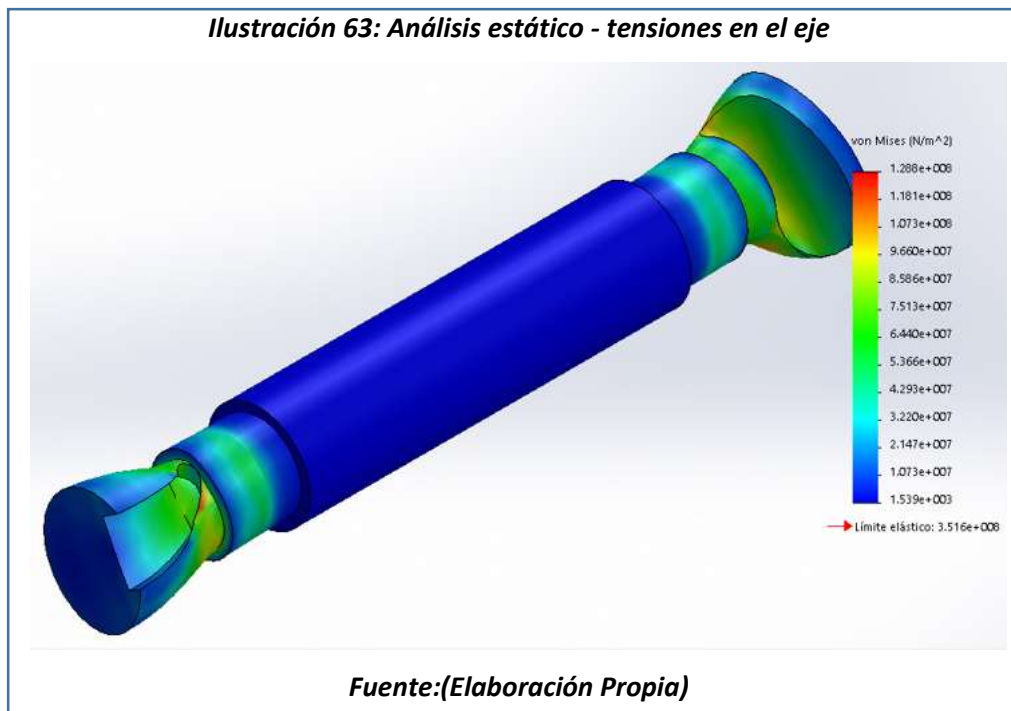
En la tabla N° 16 se aprecia los resultados del análisis. Las deformaciones previstas son más que aceptables.

Tabla 17: Resultado del análisis estático del eje principal

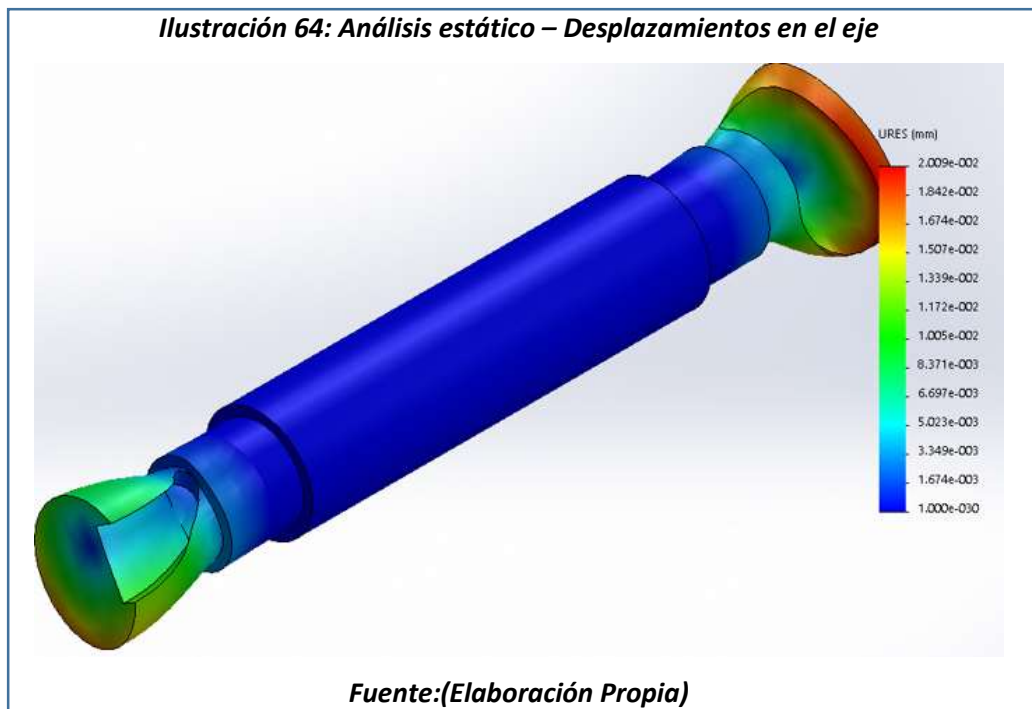
Resultados del Análisis Estático del Eje principal			
<i>Nombre</i>	Tipo	Mín.	Máx.
<i>Tensiones 1</i>	VON: tensión de von mises	1538.85 N/m ²	1.28 x 10 ⁸ N/m ²
<i>Desplazamientos</i>	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.02 mm
<i>Factor de seguridad</i>	Automático	2.72	--
Propiedades del Material			
<i>Nombre:</i>		Acero AISI 1020	
<i>Limite elástico:</i>		3.51 x 10⁸ N/m²	
<i>Límite de tracción:</i>		4.20 x 10⁸ N/m²	

Fuente:(Elaboración Propia)

De la tabla anterior se concluye que las tensiones son menores al límite elástico, el factor de seguridad es 2.7 y el desplazamiento máximo es 0.02 mm. Por lo que podemos indicar que eje no fallará por resistencia mecánica debido a que tiene un factor de seguridad mayor a 1; además el desplazamiento máximo es menor de 1 mm de este modo no afectará a nuestro elemento de máquina.



De la imagen se concluye que el esfuerzo de Von Misses oscila entre 1539 N/m^2 y $1.28 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de 351 MPa, con lo cual se concluye que el diseño del eje no fallara.



De la figura 64 podemos observar que el desplazamiento máximo es de 0.02 mm, al momento de realizar el análisis se le aumento la escala para poder ver el comportamiento de la deformación.



El factor de seguridad que tiene el eje de la maquina es de 2.7 con este valor garantizamos que el eje no fallara por resistencia mecánica.

4.5.7. Selección de rodamientos del eje principal.

La utilización de los cojinetes de rodamiento es muy importante para reducir la fricción del eje que está rotando; en este caso la fricción de deslizamiento se sustituye por fricción de rodamiento.

Se realizó el cálculo para la selección del rodamiento:

Punto A:

$$R_{ay} = 933.76 \text{ N}$$

$$R_{az} = 78.73 \text{ N}$$

Punto B:

$$R_{ay} = 182.39 \text{ N}$$

$$R_{az} = 423.78 \text{ N}$$

Por lo tanto la resultante total será:

Ecuación 37: Carga resultante de rodamientos

$$RT_A = \sqrt{(R_{ay})^2 + (R_{az})^2}$$

$$RT_A = \sqrt{(933.76)^2 + (78.73)^2}$$

$$RT_A = 936.91 \text{ N}$$

$$RT_B = \sqrt{(182.39)^2 + (423.78)^2}$$

$$RT_b = 461.36 \text{ N}$$

Seleccionaremos el rodamiento de acuerdo a la carga del punto B.

Según la tabla de rodamientos rígidos de bolas con un diámetro de 25 mm se obtuvo del catálogo de rodamientos FAG los valores de los índices de carga básica ver anexo I

$$C = 9300 \text{ N.}$$

$$C_o = 5000 \text{ N.}$$

Y a la vez para una velocidad de 64 rpm y una vida útil de 10 000 hrs tenemos los siguiente valores (ver figura 66 y 67)

$$f_n = 0.8$$

$$f_l = 2.71$$

Ilustración 66: Factor de velocidad.

▼ Valores f_n para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}}$$

n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4600	0,194	28000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4800	0,191	30000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5000	0,188	32000	0,101
36	0,975	190	0,56	1000	0,322	5500	0,182	34000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1100	0,312	6000	0,177	36000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1200	0,303	6500	0,172	38000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1300	0,295	7000	0,168	40000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1400	0,288	7500	0,164	42000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1500	0,281	8000	0,161	44000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1600	0,275	8500	0,158	46000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1700	0,27	9000	0,155	50000	0,0874

Fuente:(Catalogo FAG)

Ilustración 67: Factor de vida.

▼ Valores f_l para rodamientos de bolas

$$f_l = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500 f_l}}$$

L_h	f_l	L_h	f_l	L_h	f_l	L_h	f_l	L_h	f_l
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

Fuente:(Catalogo FAG)

Realizaremos el análisis dinámico

Ecuación 38: Carga dinámica

$$P = Fr$$

Donde $P = RT_b$

Para

$$\frac{Fa}{Fr} \leq e ; Fa = 0$$

Reemplazando los valores en la ecuación 35 tenemos

Ecuación 39: Capacidad de carga dinámica requerida.

$$C_{req} = \frac{f_l}{f_n} * P$$

$$C_{req} = 3173.78$$

$$C_{req} \leq C_{dis}$$

$$3173.78 \leq 9300$$

Como podemos observar se cumple con la condición necesaria

Para el análisis estático

Ecuación 40: Capacidad de carga estática requerida

$$C_{o_{req}} = fs * P_o$$

El valor de fs : 1,2 – 2.5 para condiciones elevadas para ello tomamos, un valor de 1.5.

Ecuación 41: Carga estática equivalente

$$P_o = X_o * Fr + Y_o * Fa$$

$X_o = 1$ factor radial

$$F_a = 0$$

Remplazando los valores en la ecuación 36

$$C_{o_{req}} = 1.5 * 936.91$$

$$C_{o_{req}} = 1405.365$$

$$C_{o_{req}} \leq C_{o_{dis}}$$

$$\mathbf{1405.4 \leq 5000}$$

Al comprobar que con los valores del rodamiento seleccionado anteriormente cumple con las condiciones planteadas, se define el rodamiento SERIE FAG 6004.

Tabla 18: Características del Rodamiento FAG 6004

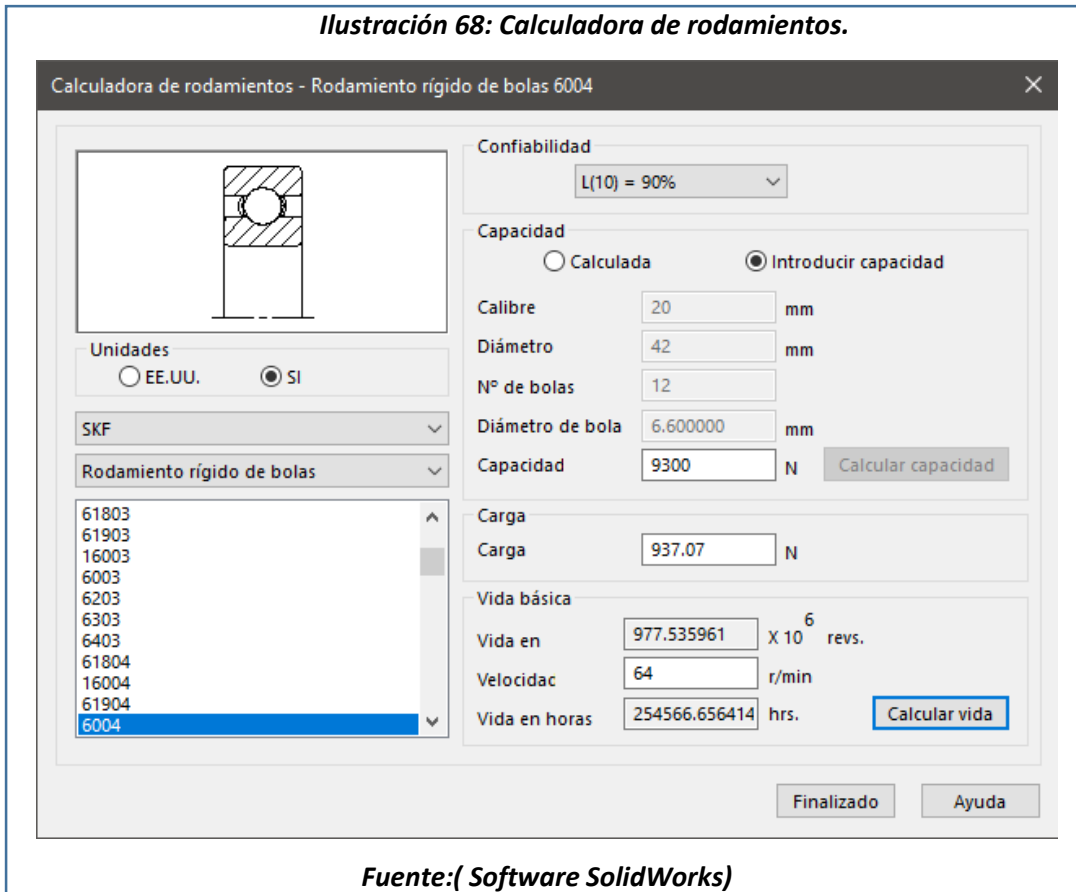
Denominación.		Rodamiento FAG 6004		
\varnothing exterior (mm)	\varnothing interior (mm)	Longitud (mm)	Capacidad de carga (N)	Peso (kg)
42	20	12	9300	

Fuente: (Catalogo FAG)

4.5.8. Análisis de rodamientos con Software Solidwork.

Con la denominación del rodamiento se utilizó la calculadora de rodamientos de SolidWorks el cual nos da la cantidad de vida en horas pero este valor varía de acuerdo a la lubricación y mantenimiento que reciba el rodamiento.

Ilustración 68: Calculadora de rodamientos.



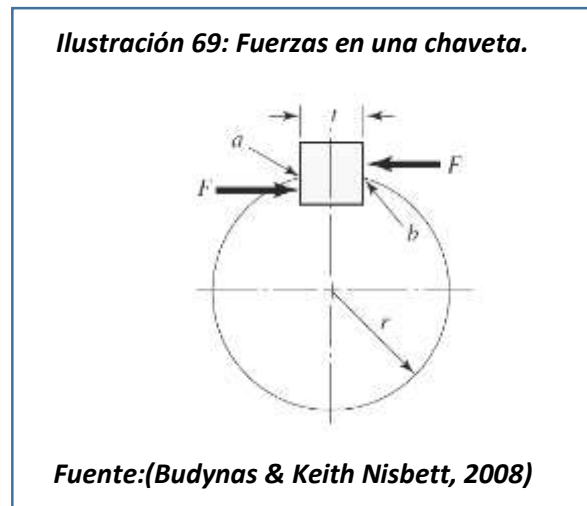
Fuente: (Software SolidWorks)

De la imagen anterior podemos observar que hemos seleccionado el rodamiento SKF 6004 a una confiabilidad del 90%, la carga que se presenta en el rodamiento debido a las fuerzas es de **937.07 N** a soportar y a una velocidad de 64 RPM nos da el valor de 254566 horas de vida.

4.5.9. Cálculo y diseño de la chaveta del eje.

El propósito de usar una cuña es transmitir el par de torsión completo además cumple la función de un sistema de seguridad. La cuña fallara por cortante antes de que falle el eje o el engranaje.

Las chavetas fallan principalmente por corte o por compresión ver figura 69:



A). Calculo de Falla por corte en la chaveta

Ecuación 42: Falla debida al corte.

$$\tau_{diseño} < \frac{S_{sy}}{n_s}$$

Donde S_{sy} es el esfuerzo de fluencia en cortante y n_s es el factor de seguridad

Para nuestro diseño tenemos una chaveta cuadrada hecha de acero AISI 1020 (ver anexo), tiene un ancho y largo de 10 mm y una longitud de 25 mm de longitud.

Ecuación 43: Esfuerzo cortante en la chaveta.

$$\tau_{diseño} = \frac{2T}{Dwl}$$

$$\tau_{diseño} = \frac{2\left(\frac{111.94}{2}\right)}{(0.011)(0.010)(0.04)}$$

$$\tau_{diseño} = \mathbf{40.70 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{perm} = S_{ys} = 0.4S_y$$

$$S_{ys} = 0.4(205)$$

$$S_{ys} = \mathbf{82 \text{ Mpa}}$$

Remplazando los datos en la ecuación 67 se tiene

$$n_s = \frac{82}{40.70}$$

$$n_s = \mathbf{2.1}$$

En el resultado de la condición se garantiza que la chaveta no fallara por corte teniendo un factor de seguridad de 2.1

B). Cálculo de Falla debida al esfuerzo de compresión en la chaveta:

Ecuación 44: Falla debido a la compresión

$$\sigma_{diseño} \leq \frac{0.90 S_y}{n_s}$$

Se procede a garantizar la falla debido al esfuerzo por compresión.

Ecuación 45: Esfuerzo normal en la chaveta.

$$\sigma_{diseño} = \frac{4T}{Dlh}$$

$$\sigma_{diseño} = \frac{4\left(\frac{111.94}{2}\right)}{(0.011)(0.025)(0.010)}$$

$$\sigma_{diseño} = \mathbf{81.41 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{perm} = S_{ys} = 0.9S_y$$

$$S_{ys} = 0.9(205)$$

$$S_{ys} = 184.5 \text{ Mpa}$$

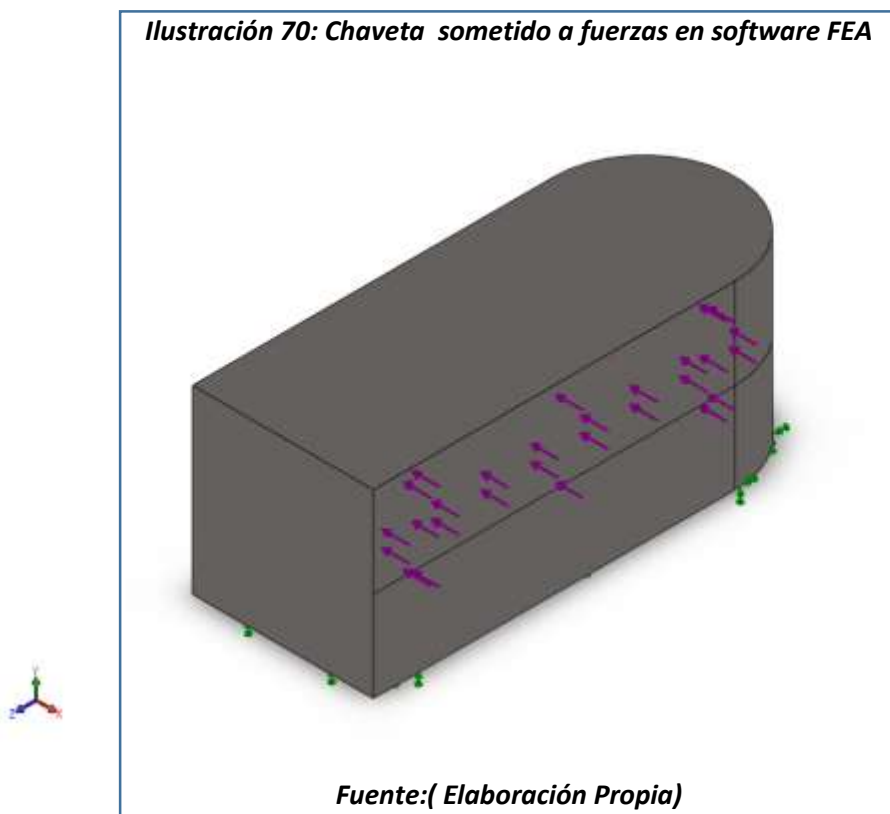
Remplazando los datos en la ecuación 42 se tiene que el factor de seguridad es:

$$n_s \leq \frac{S_{ys}}{\sigma_{diseño}}$$
$$n_s = \frac{184.5 \text{ MPa}}{81.41 \text{ MPa}}$$
$$n_s = 2.26$$

4.5.10. Análisis de la chaveta del eje con software FEA.

Se procedió primero al diseño de la chaveta y posteriormente se simuló el modelo en Elementos Finitos utilizando el software SolidWork en la figura 70 se aprecia el eje sometido a fuerzas.

Ilustración 70: Chaveta sometido a fuerzas en software FEA



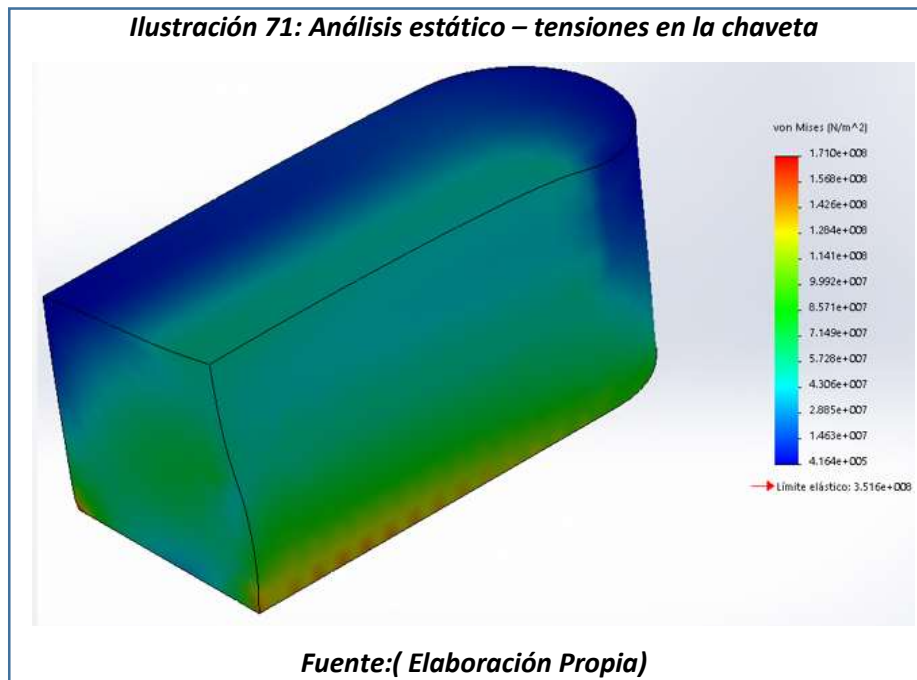
En la tabla N° 18 se aprecia los resultados del análisis y Las deformaciones previstas son más que aceptables.

Tabla 19: Resultados del análisis estático de la chaveta

Resultados del Análisis Estático de la chaveta			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones 1	VON: tensión de von mises	416407 N/m ²	1.70 x 10 ⁸ N/m ²
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.0075 mm
Factor de seguridad	Automático	2.1	--
Propiedades del Material			
Nombre:		Acero AISI 1020	
Limite elástico:		3.51 x 10 ⁸ N/m ²	
Limite de tracción:		4.2 x 10 ⁸ N/m ²	

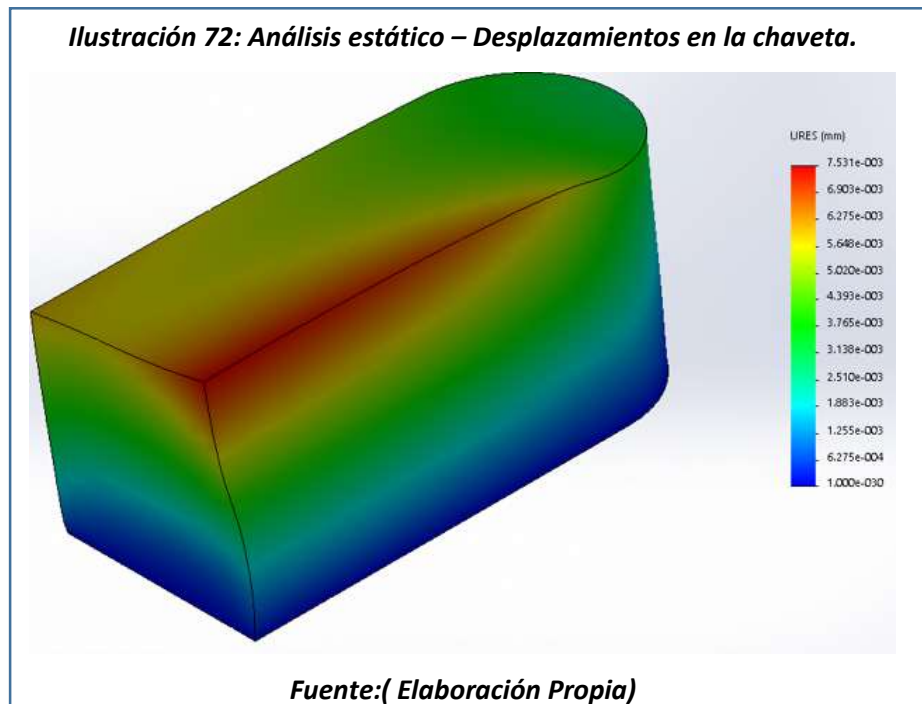
Fuente:(Elaboración Propia)

De la tabla anterior se concluye que las tensiones son menores al límite elástico, el factor de seguridad es 2.1 y el desplazamiento máximo es 0.0005 mm. Por lo que podemos indicar que la chaveta del eje principal no fallará por resistencia mecánica debido a que tiene un factor de seguridad mayor a 1.

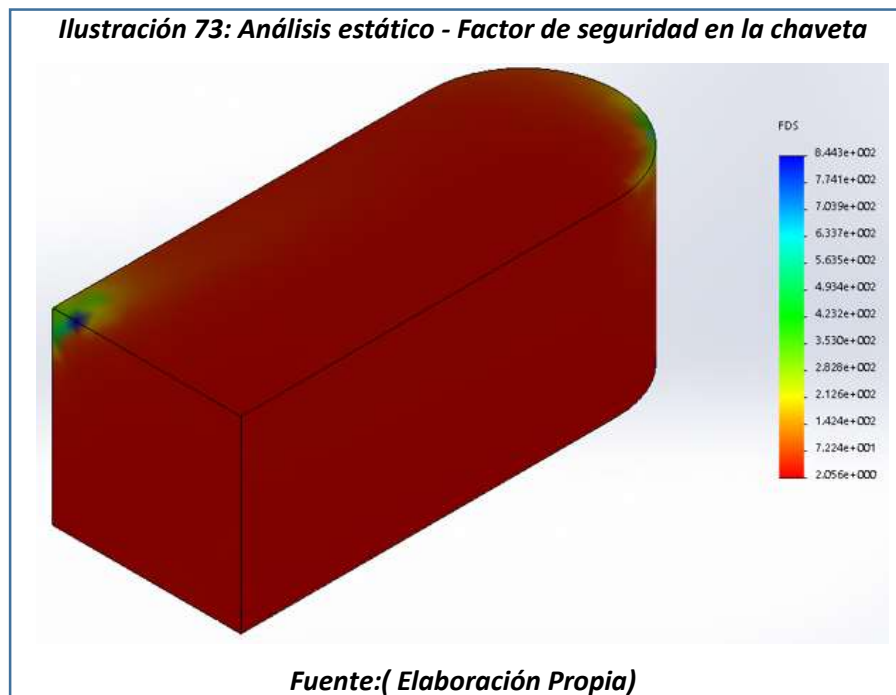


De la imagen se concluye que el esfuerzo de Von Misses para una oscila entre $4.164 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ y $1.71 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de

351 MPA, con lo cual se concluye que el diseño de la chaveta no fallara.



De la figura 72 podemos observar que el desplazamiento máximo es de 0.0075 mm, al momento de realizar el análisis se le aumento la escala para poder ver el comportamiento de la deformación.



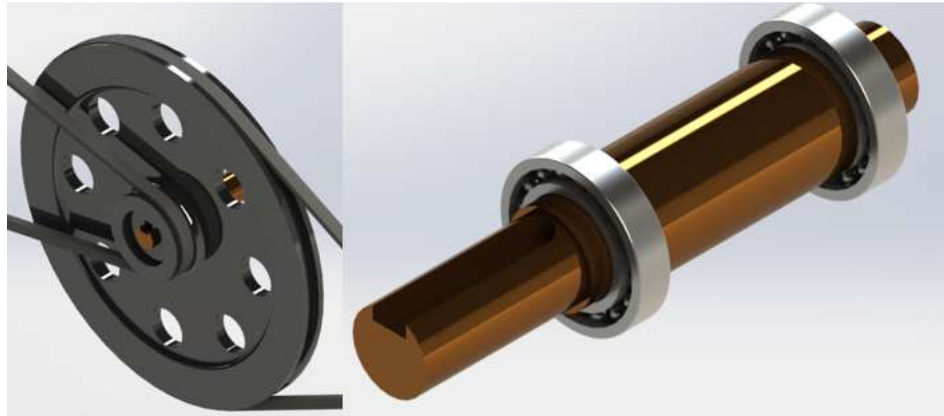
El factor de seguridad que tiene la chaveta del eje es de 2.1 con este

valor garantizamos que la chaveta no fallara por resistencia mecánica.

4.5.11. Cálculo y diseño del eje secundario.

El eje será el encargado de soportar el peso de la polea conducida de la segunda relación de transmisión.

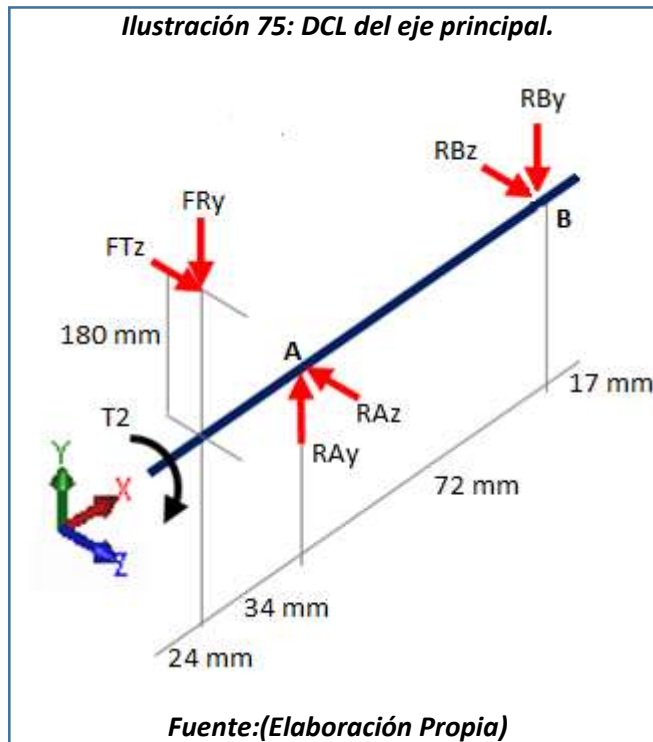
Ilustración 74: Eje principal de la maquina ordeñadora.



Fuente:(Elaboración Propia)

A continuación se muestran el DCL del eje principal donde se muestran las fuerzas que actúan sobre él.

Ilustración 75: DCL del eje principal.



Fuente:(Elaboración Propia)

A continuación se determinara el torque y otros valores que serán

necesarios para realizar el análisis en cada plano correspondiente.

En poleas se tiene la siguiente ecuación de torque:

$$T_2 = \frac{T_1 * r_2}{r_1}$$

Donde:

T_1 = torque de la polea conductora

T_2 = torque de la polea conducida

r_1 = radio de la polea conductora

r_2 = radio de la polea conducida

Remplazando los datos se tiene los siguientes resultados.

$$T_2 = \frac{111.94 * 39}{155}$$

$$T_2 = 28.165$$

Para encontrar las fuerzas que se tienen en la polea de la primera relación se tiene se tiene:

Ecuación 46: Fuerza radial en la polea

$$FRy = Ty = (T1 + T2) \cos \alpha$$

$$FRy = Ty = (4.97 + 155.2) \cos 24.69$$

$$FRy = Ty = 145.52 \text{ N}$$

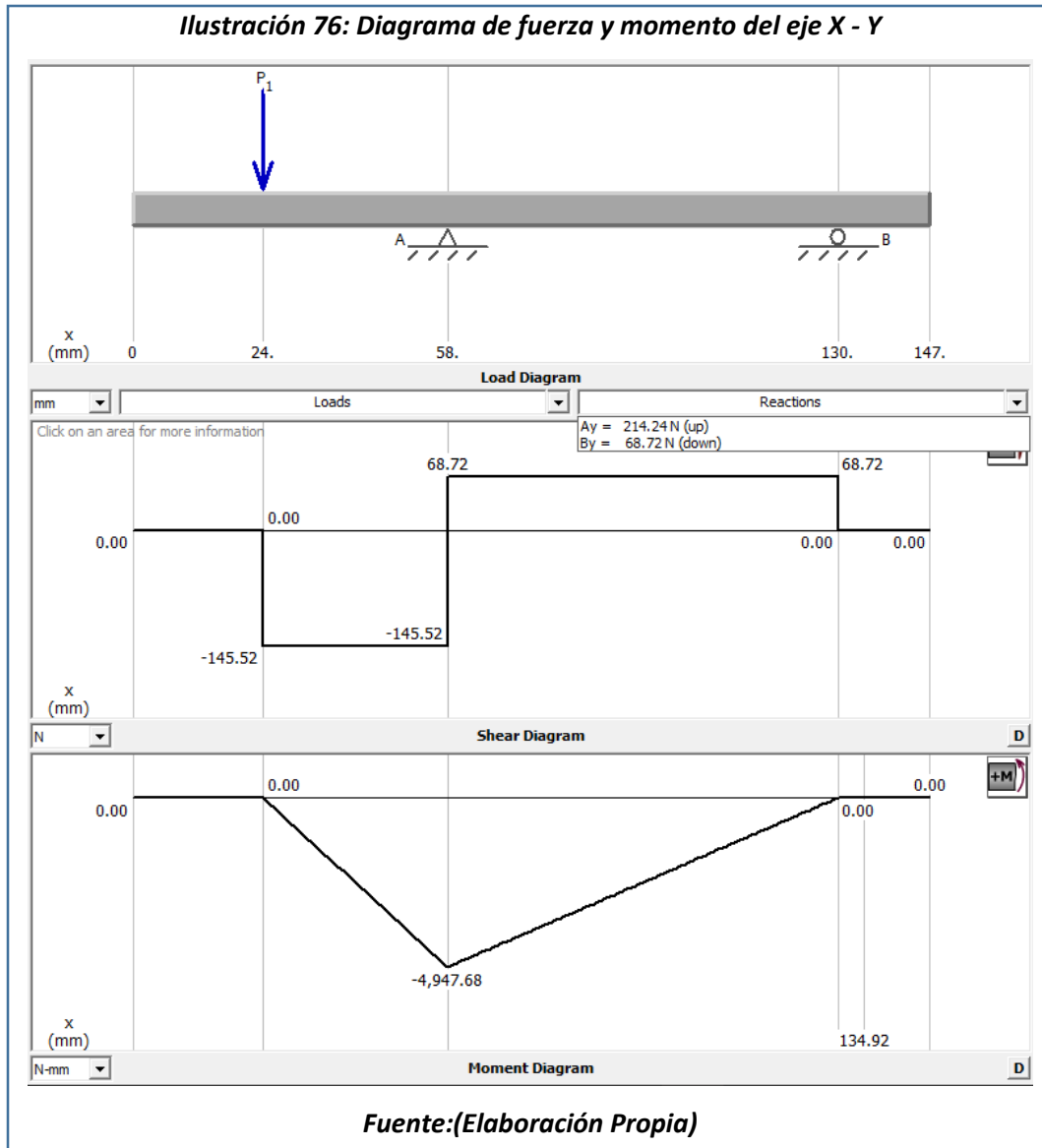
Ecuación 47: Fuerza tangencial en la polea

$$FTz = Tz = (T1 - T2) \sen \alpha$$

$$FTz = Tz = (4.97 - 155.2) \sen 24.69$$

$$FTz = Tz = 62.75 \text{ N}$$

A). Análisis en el plano X – Y.

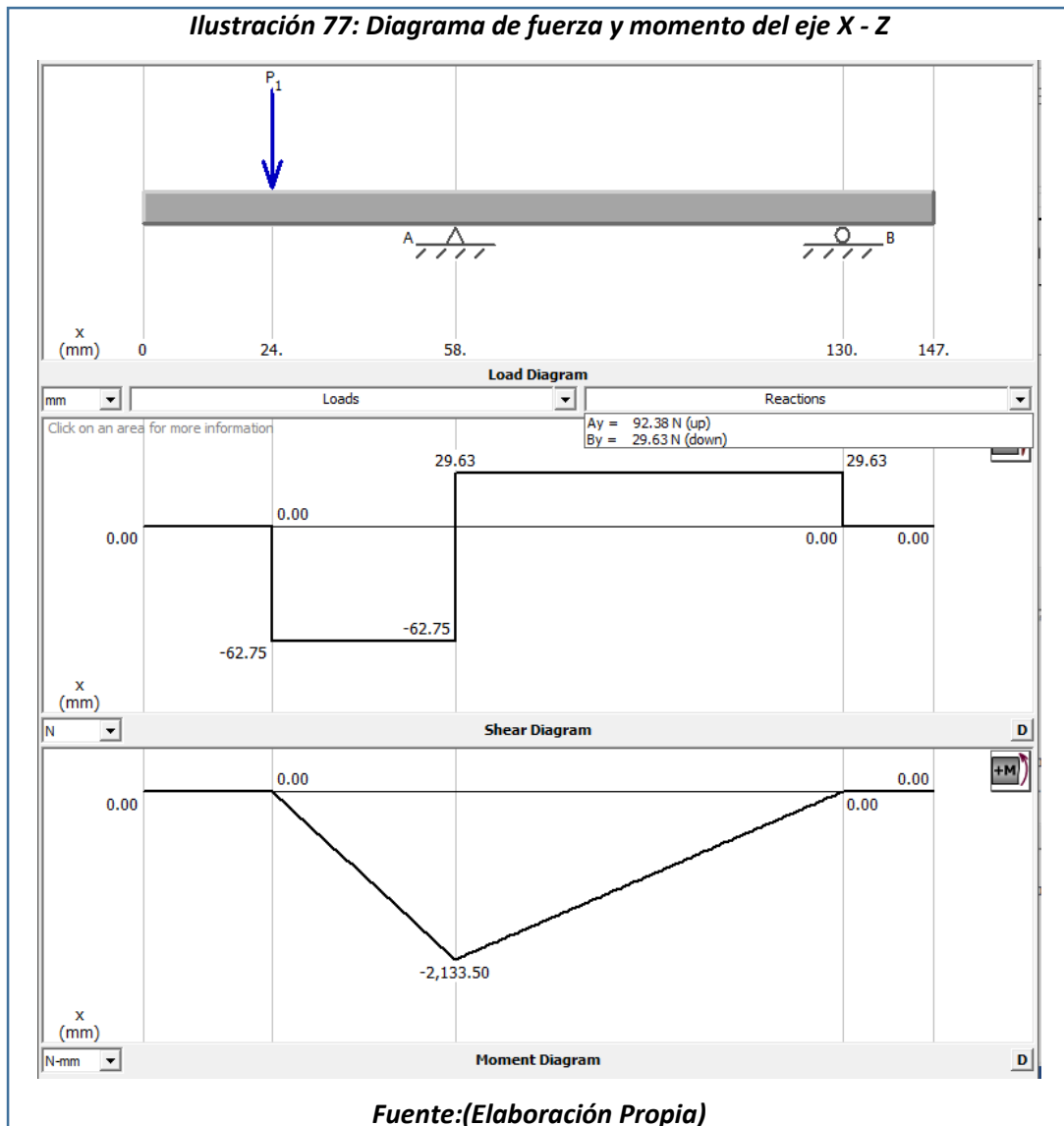


$$R_{A_y} = 214.24 \text{ N}$$

$$R_{B_y} = 68.72 \text{ N}$$

B). Análisis en el plano X – Z

A continuación se tiene los diagramas de fuerza cortante y momento flector.



$$R_{A_z} = 92.38 \text{ N}$$

$$R_{B_z} = 29.63 \text{ N}$$

Los momentos máximos que se generan son

$$M_{RA} = \sqrt{214.24^2 + 92.38^2}$$

$$MRA = 233.30 \text{ N.m}$$

$$MRB = \sqrt{33.94^2 + 29.63}$$

$$MRB = 45.05 \text{ N.m}$$

C). Cálculo del diámetro del eje por carga estática.

Usando la Teoría De La Energía De La Distorsión (DET) también conocido como el criterio de Von Mises se predice el diámetro más pequeño donde la falla empezara a ocurrir.

$$d = \left(\left(\frac{32 n_s}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + \frac{3}{4} T^2} \right) \right)^{1/3}$$

Se tomó como factor de seguridad 2 el material a utilizar será el acero AISI 1020

Calculo del diámetro para el punto A.

$$d = \left(\left(\frac{32(2)}{\pi(205)(10^6)} \sqrt{233.30^2 + \frac{3}{4} 28.165^2} \right) \right)^{1/3}$$

$$d = 0.022 \text{ m}$$

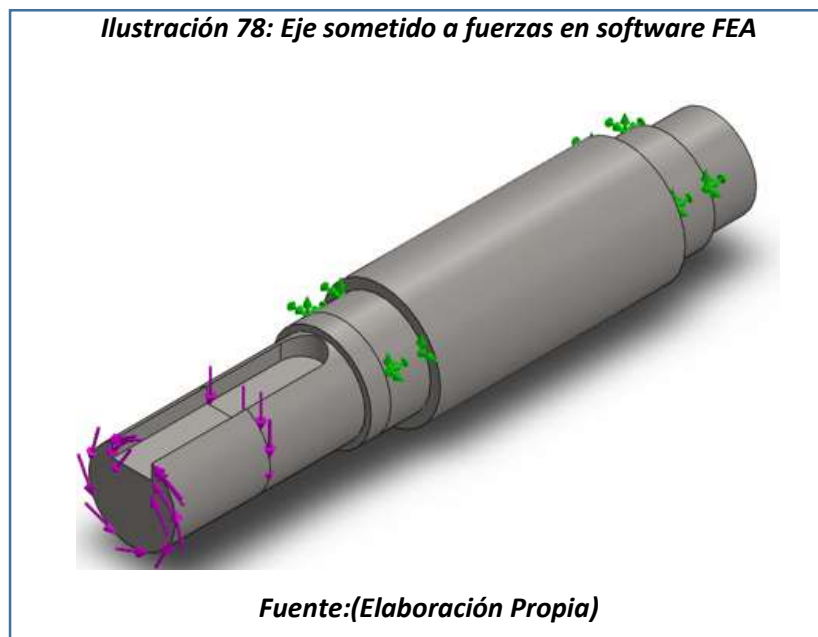
Calculo del diámetro para el punto b

$$d = \left(\left(\frac{32(2)}{\pi(205)(10^6)} \sqrt{14.22^2 + \frac{3}{4} 28.165^2} \right) \right)^{1/3}$$

$$d = 0.015 \text{ m}$$

4.5.12. Análisis del eje secundario con software FEA.

Se procedió primero al diseño del eje principal y posteriormente se simuló el modelo en Elementos Finitos utilizando el software Solidworks en la figura 78 se aprecia el eje sometido a fuerzas.



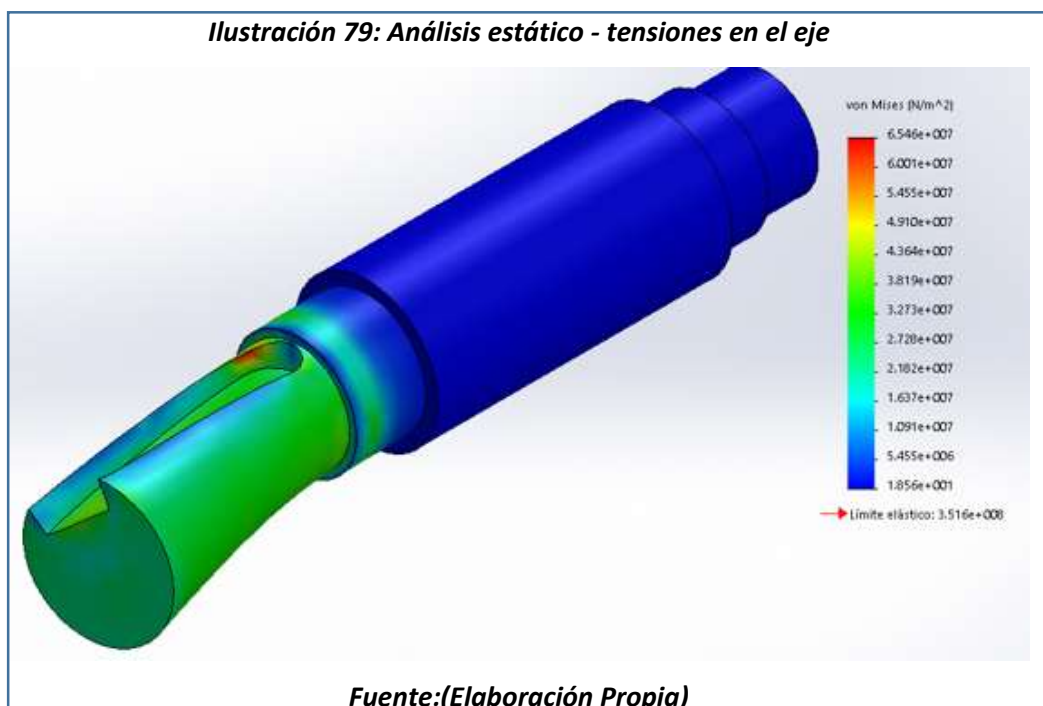
En la tabla N° 19 se aprecia los resultados del análisis. Las deformaciones previstas son más que aceptables.

Tabla 20: Resultado del análisis estático del eje principal

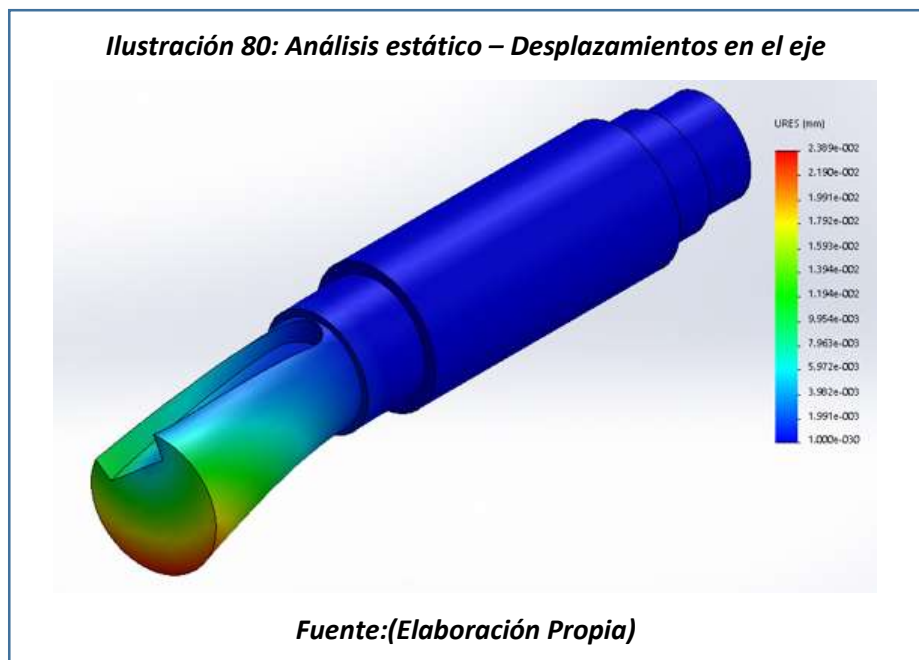
Resultados del Análisis Estático del Eje secundario			
<i>Nombre</i>	Tipo	Mín.	Máx.
<i>Tensiones 1</i>	VON: tensión de von mises	185601 N/m ²	6.54 x 10 ⁷ N/m ²
<i>Desplazamientos</i>	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.023 mm
<i>Factor de seguridad</i>	Automático	5.37	--
<i>Propiedades del Material</i>			
<i>Nombre:</i>		Acero AISI 1020	
<i>Limite elástico:</i>		3.51 x 10⁸ N/m²	
<i>Límite de tracción:</i>		4.20 x 10⁸ N/m²	

Fuente:(Elaboración Propia)

De la tabla anterior se concluye que las tensiones son menores al límite elástico, el factor de seguridad es 5.3 y el desplazamiento máximo es 0.023 mm. Por lo que podemos indicar que eje no fallará por resistencia mecánica debido a que tiene un factor de seguridad mayor a 1; además el desplazamiento máximo es menor de 1 mm de este modo no afectará a nuestro elemento de máquina.



De la imagen se concluye que el esfuerzo de Von Misses oscila entre 185601 N/m^2 y $6.54 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de 351 MPa, con lo cual se concluye que el diseño del eje no fallara.



De la figura 80 podemos observar que el desplazamiento máximo es de 0.023 mm, al momento de realizar el análisis se le aumento la escala para poder ver el comportamiento de la deformación.

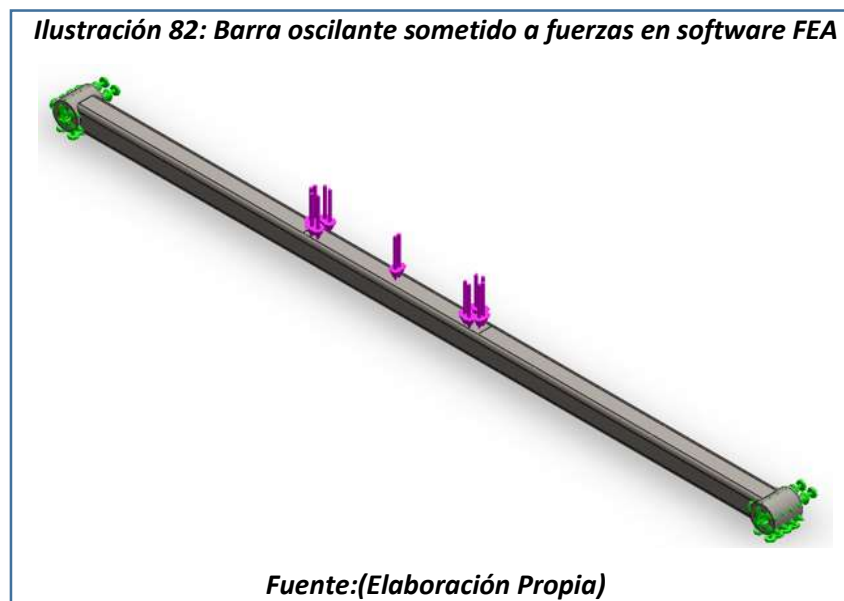


El factor de seguridad que tiene el eje de la maquina es de 5.3 con este valor garantizamos que el eje no fallara por resistencia mecánica.

4.5.13. Análisis de la barra oscilante con software FEA.

Se procedió primero al diseño de la barra oscilante y posteriormente se simuló el modelo en Elementos Finitos utilizando el software Solidworks en la figura 82 se aprecia el eje sometido a fuerzas.

La barra oscilante fue diseñada de tubo cuadrado estructural de 30x30x2.5 mm



En la tabla N° 20 se aprecia los resultados del análisis. Las deformaciones previstas son más que aceptables.

Tabla 21: Resultado del análisis estático de la barra oscilante.

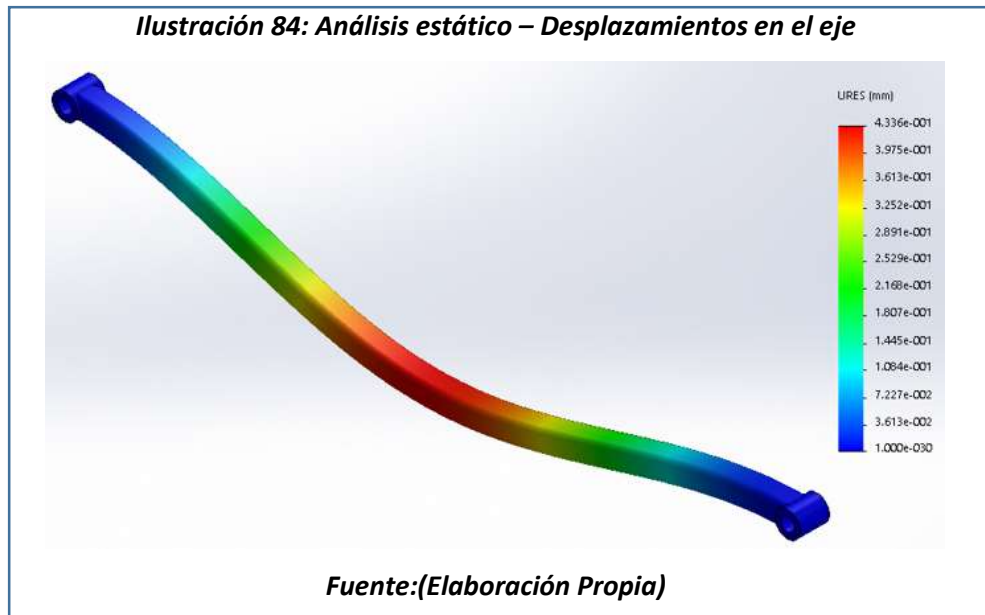
Resultados del Análisis Estático de la barra oscilante			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones 1	VON: tensión de von mises	26498.2 N/m ²	3.30 x 10 ⁷ N/m ²
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.4 mm
Factor de seguridad	Automático	6.8	--
Propiedades del Material			
Nombre:	Acero ASTM A36		
Límite elástico:	2.5 x 10 ⁸ N/m ²		
Límite de tracción:	4.0 x 10 ⁸ N/m ²		

Fuente:(Elaboración Propia)

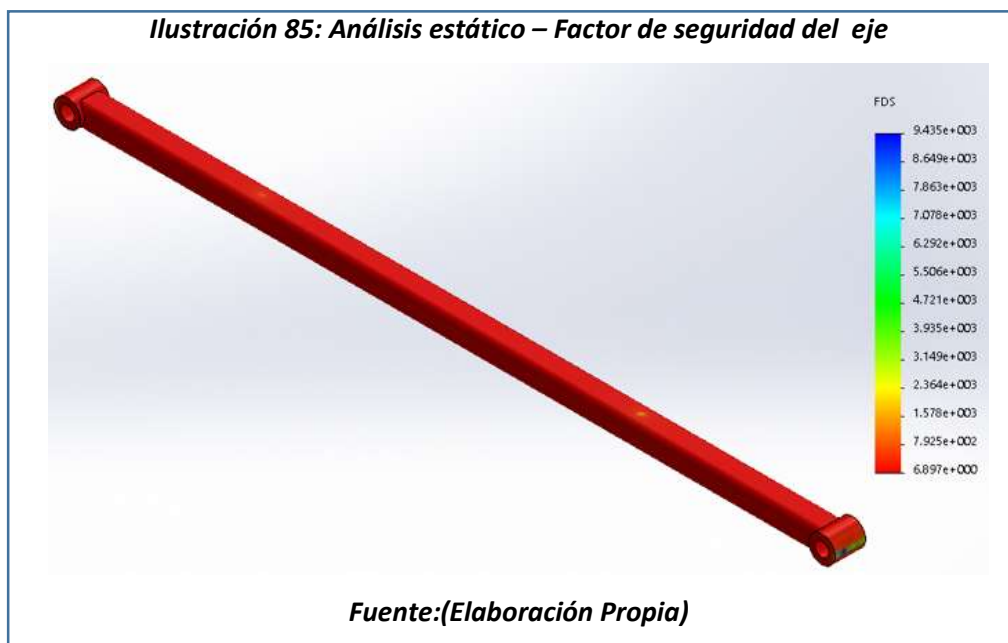
De la tabla anterior se concluye que las tensiones son menores al límite elástico, el factor de seguridad es 6.8 y el desplazamiento máximo es 0.4 mm. Por lo que podemos indicar que eje no fallará por resistencia mecánica debido a que tiene un factor de seguridad mayor a 1; además el desplazamiento máximo es menor de 1 mm de este modo no afectará a nuestro elemento de máquina.



De la imagen se concluye que el esfuerzo de Von Misses oscila entre 26498.2 N/m^2 y $3.30 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de 250 MPa, con lo cual se concluye que el diseño del eje no fallara.



De la figura 84 podemos observar que el desplazamiento máximo es de 0.4 mm, al momento de realizar el análisis se le aumento la escala para poder ver el comportamiento de la deformación.

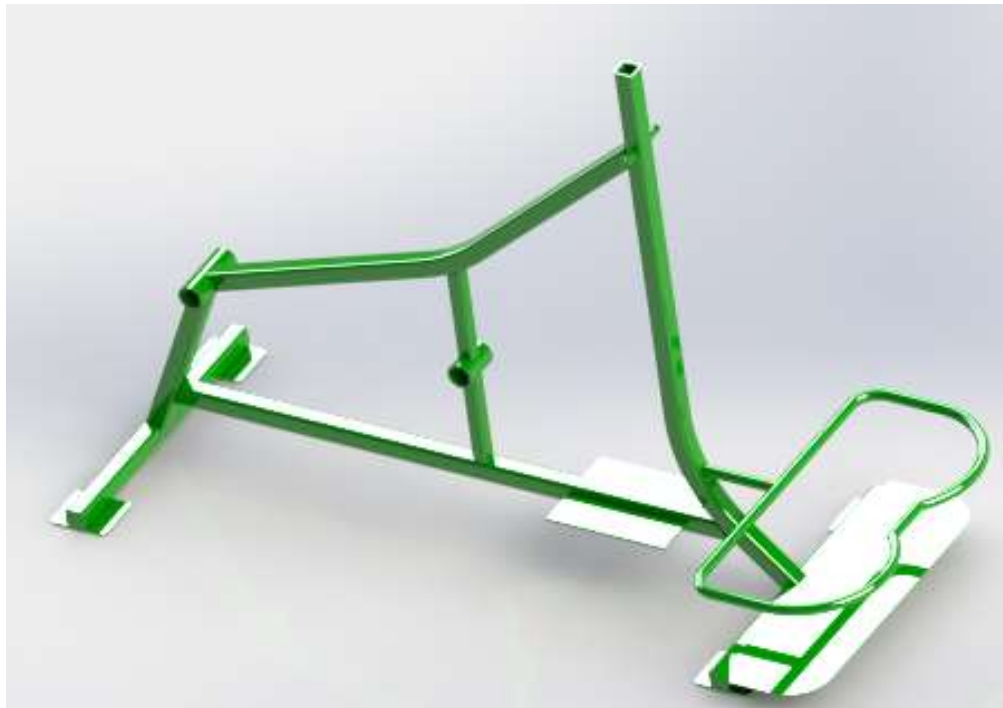


El factor de seguridad que tiene el eje de la maquina es de 6.8 con este valor garantizamos que la barra no fallara por resistencia mecánica.

4.5.14. Diseño de la estructura.

Mediante el análisis de elementos finitos se realizó el cálculo del factor de seguridad de la estructura base de la maquina ordeñadora, este factor nos determinó que el diseño funciona correctamente cuando esté sometido a las cargas de los componentes mecánicos.

Ilustración 86: Estructura base

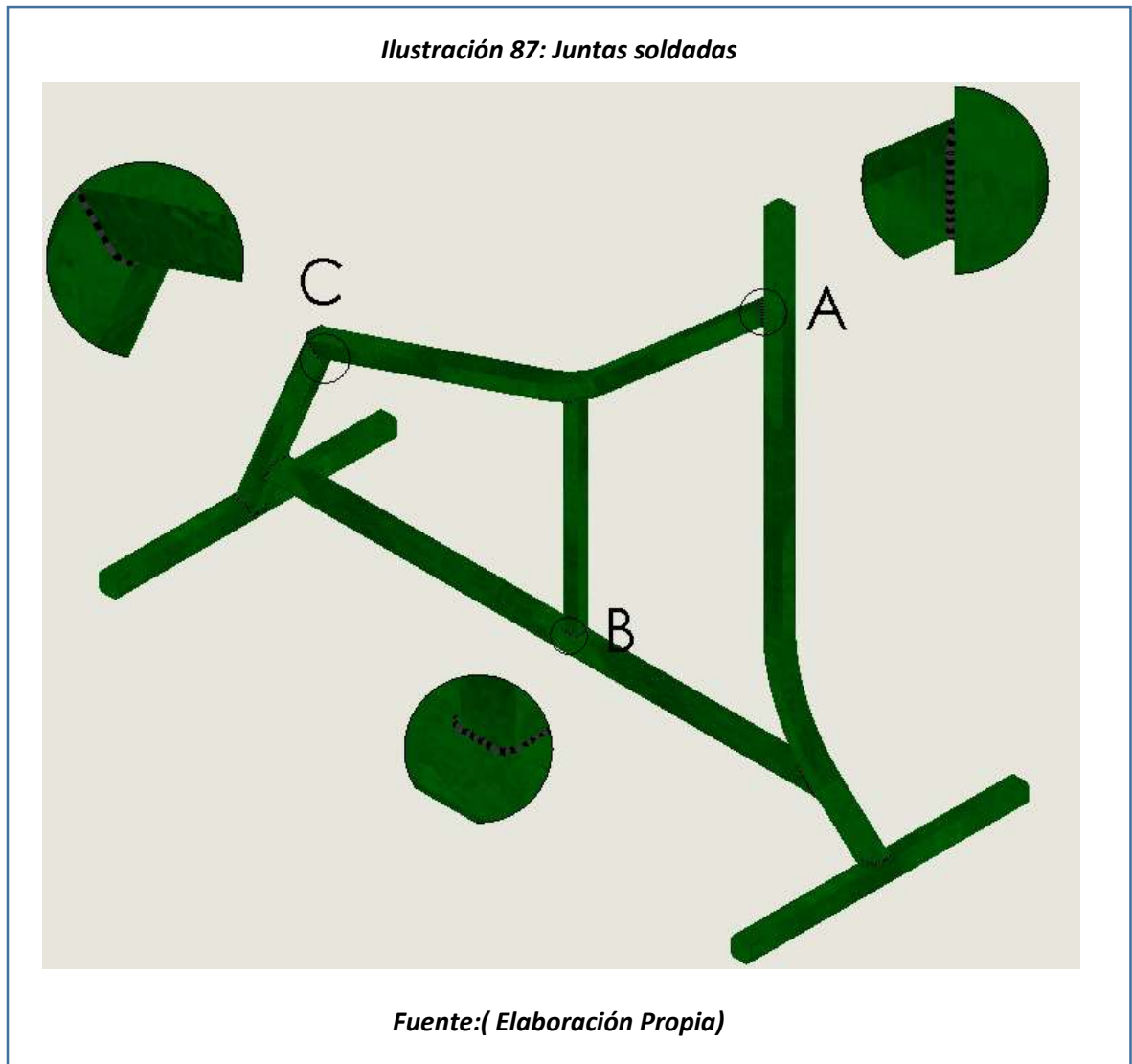


Fuente:(Elaboración Propia)

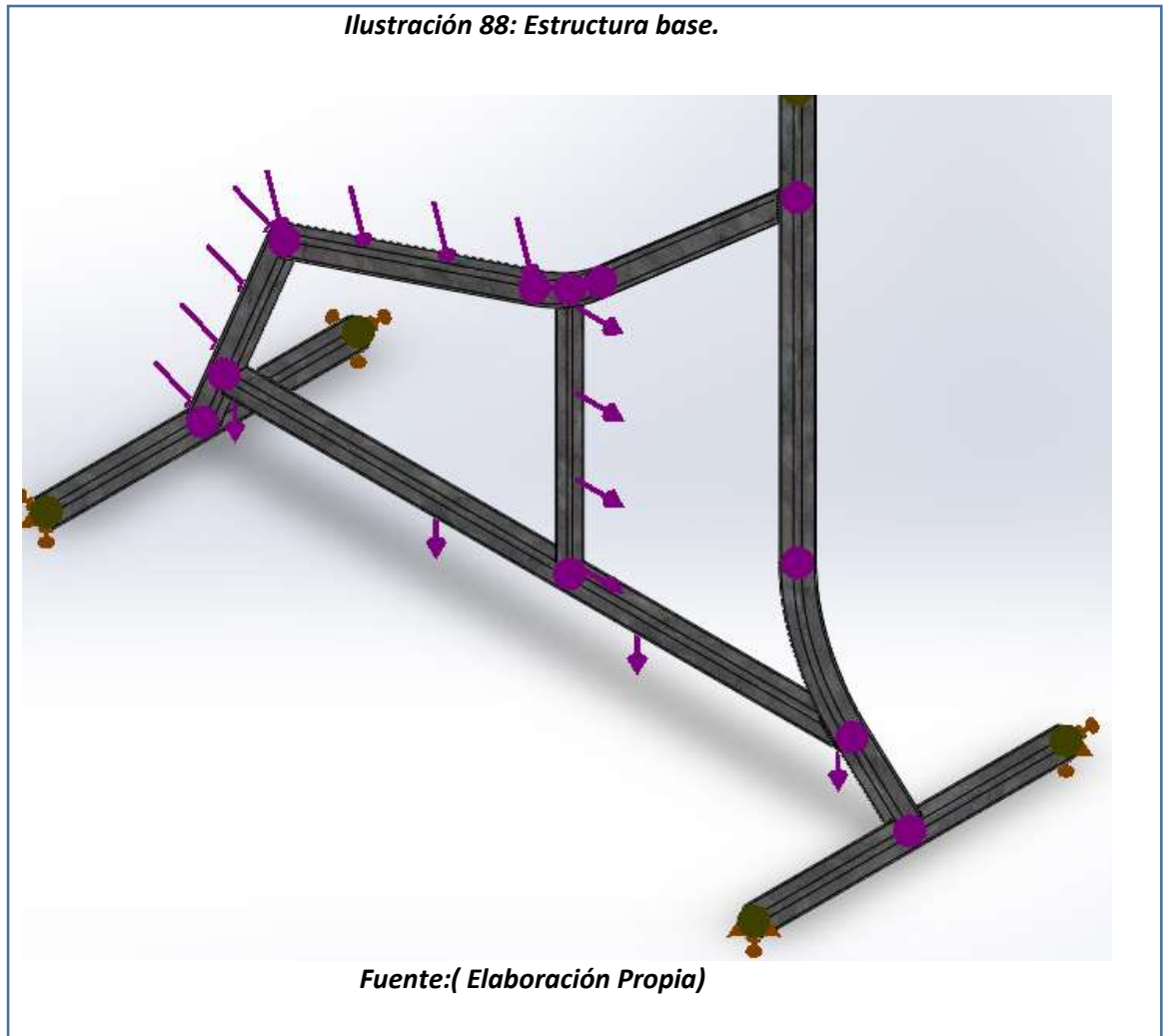
Para el modelamiento de la base se utilizó perfil estructural cuadrado de 30 x 30 x 2. mm.

Es perfil estructural galvanizado para evitar la corrosión.

En la figura 87 podemos observar las zonas que están soldadas


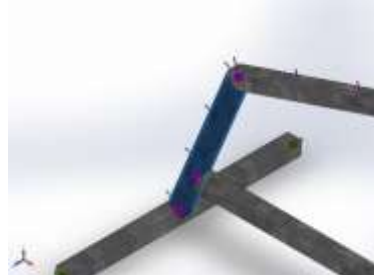
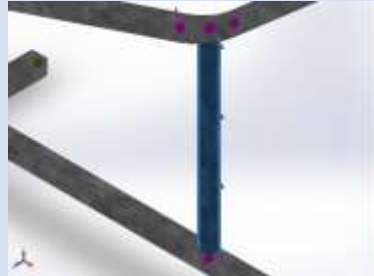



A continuación se mostrara las cargas que se presentan en la estructura base de la maquina ordeñadora.



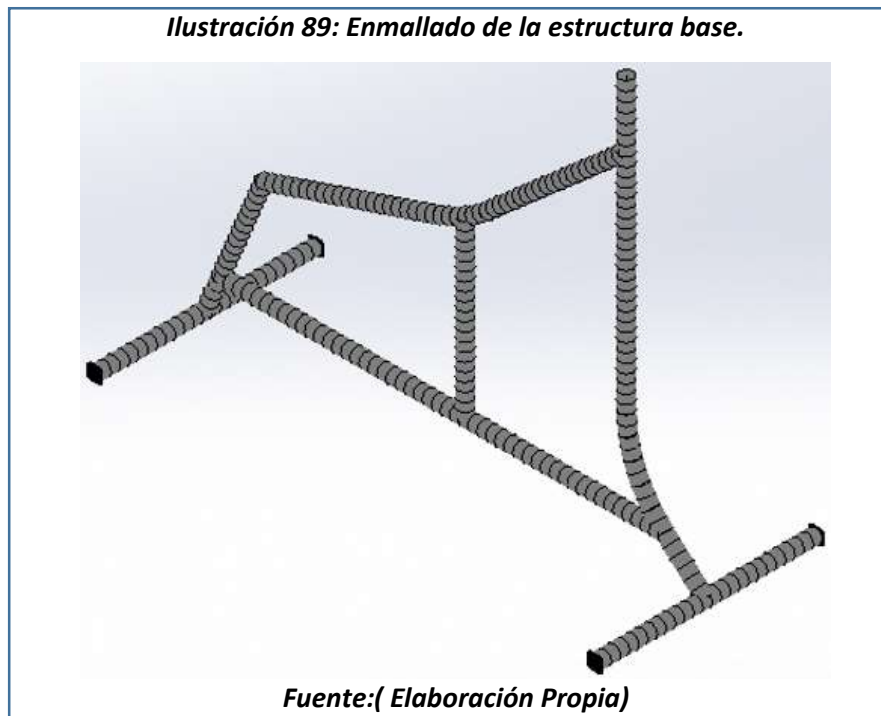
En la figura 88 se aprecia las cargas que ejercen sobre la estructura, estas cargas se obtuvieron con el software SOLIWORKS. Como se puede apreciar en la tabla 17.

Tabla 22: Cargas que soporta la estructura base.

Nombre de carga	Ubicación de la carga	Detalles de la carga
Fuerza 1		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Planta Tipo: Fuerza Valores: 608 N
Fuerza 2		Entidades: 1 VIGA Viga(s) Referencia: Planta Tipo: Fuerza Valores: 767.7 N
Fuerza 3		Entidades: 1 VIGA Viga(s) Referencia: Planta Tipo: Fuerza Valores: 155.2 N
Fuerza 4		Entidades: 1 VIGA Viga(s) Referencia: Planta Tipo: Fuerza Valores: 600 N

Fuente:(Elaboración Propia)

En la figura 89 se aprecia el enmallado de la estructura.

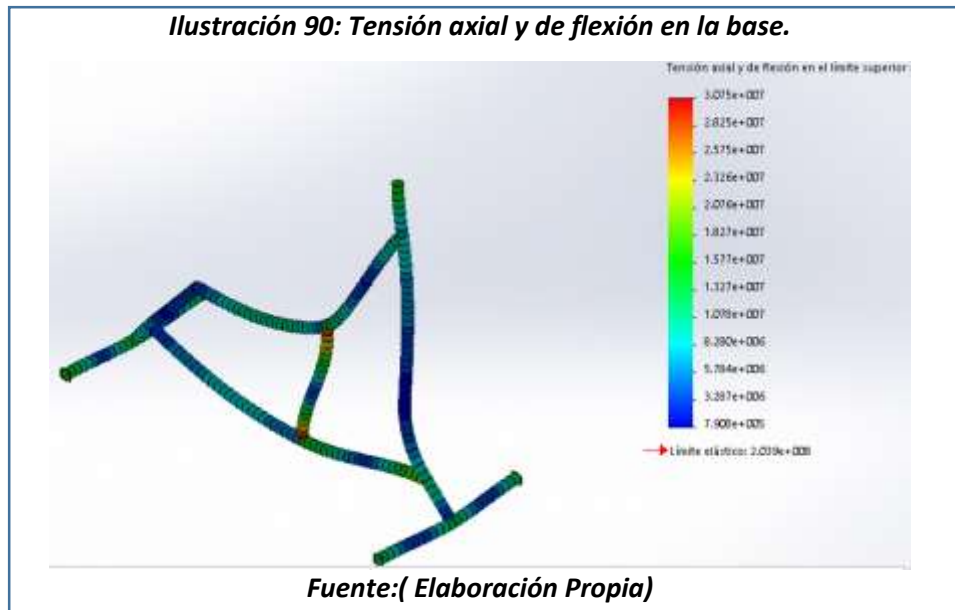


En la figura 90, 91 y 92 se aprecian los resultados del análisis de la estructura, se aprecia la tensión axial y flexión en el límite, el desplazamiento de 0.4 mm y el factor de seguridad de 6.6.

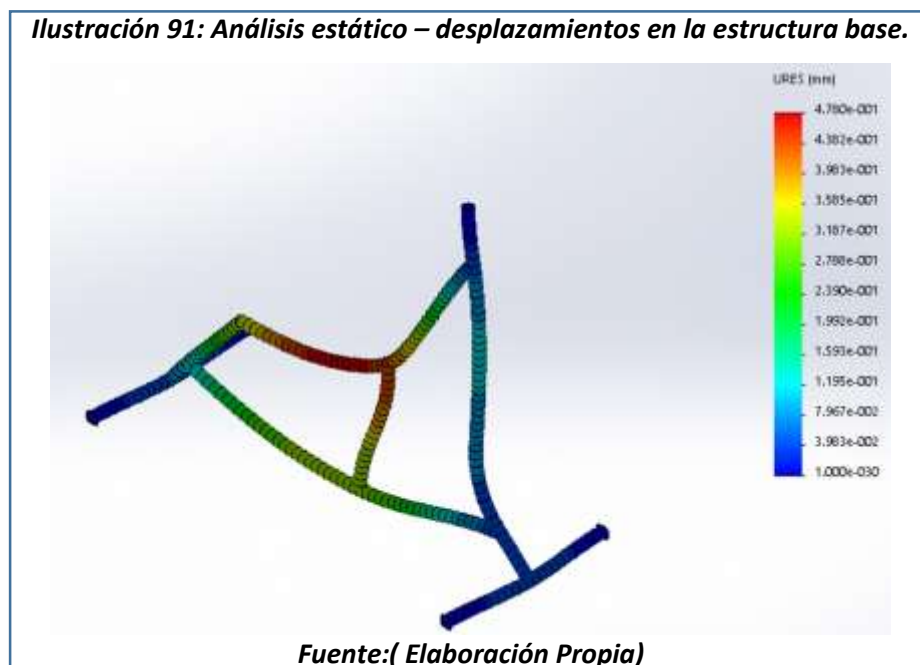
Tabla 23: Resultados del análisis de la estructura base.

Resultados del Análisis de la estructura base			
Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones 1	tensión de flexión	790837 N/m ²	3.07 x 10 ⁷ N/m ²
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0.0 mm	0.47 mm
Factor de seguridad	Automático	6.6	--
Propiedades del Material			
Nombre:		Acero Galvanizado	
Límite elástico:		2.039 x 10⁸ N/m²	
Límite de tracción:		3.56 x 10⁸ N/m²	

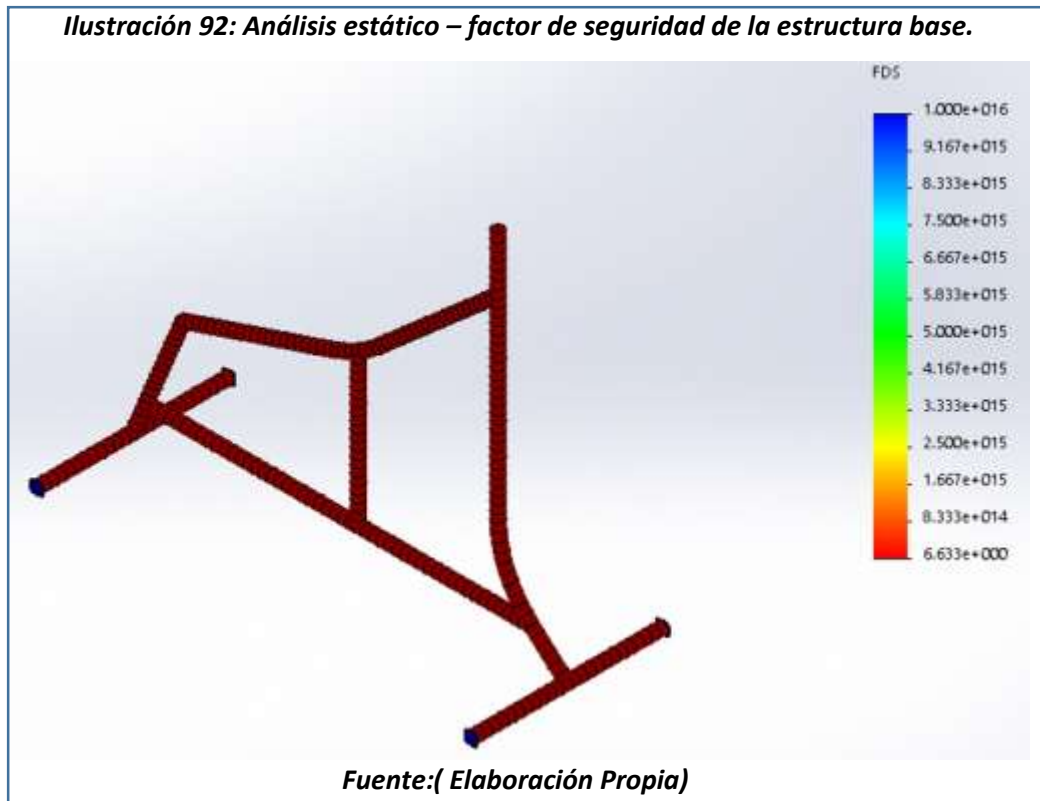
Fuente:(Elaboración Propia)



Como podemos observar en la imagen 90 el análisis ubica las zonas donde se encuentra la mayor tensión axial y de flexión como se puede apreciar que la tensión máxima axial y de flexión es 3.06×10^7 N/m².



El desplazamiento máximo generado para las cargas es de 0.13 mm y se encuentra justo por el lado está ubicado el motor.



Para garantizar que el diseño de la estructura base soporte las cargas a la que está sometida se realizó el análisis para determinar el factor de seguridad de la base; este nos dio como resultado el valor de 6.6 lo que hace que el diseño sea óptimo y adecuado para la máquina. De esta manera se garantiza el buen funcionamiento de la estructura base.

CAPITULO V. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Costos

Realizamos un análisis de costos por medio de una descripción total de gastos para tener un monto estimado de la inversión realizada en el diseño de la máquina ordeñadora no convencional.

5.1.1. Costos Directos

Tomamos en cuenta como costos directos, todo lo invertido en materiales, mano de obra y equipos, así como también componentes fabricados por proveedores externos.

Detallamos los costos de acuerdo a como lo hemos mencionado:

- a) Costos de materiales y componentes mecánicos
- b) Costos de mano de obra
- c) Costos por equipos utilizados de proveedores externos

5.1.2. Costos Indirectos

Tomamos en cuenta como costos indirectos a todos los costos de ingeniería que tienen que ver con los cálculos y diseño de la máquina.

5.1.3. Costos Totales

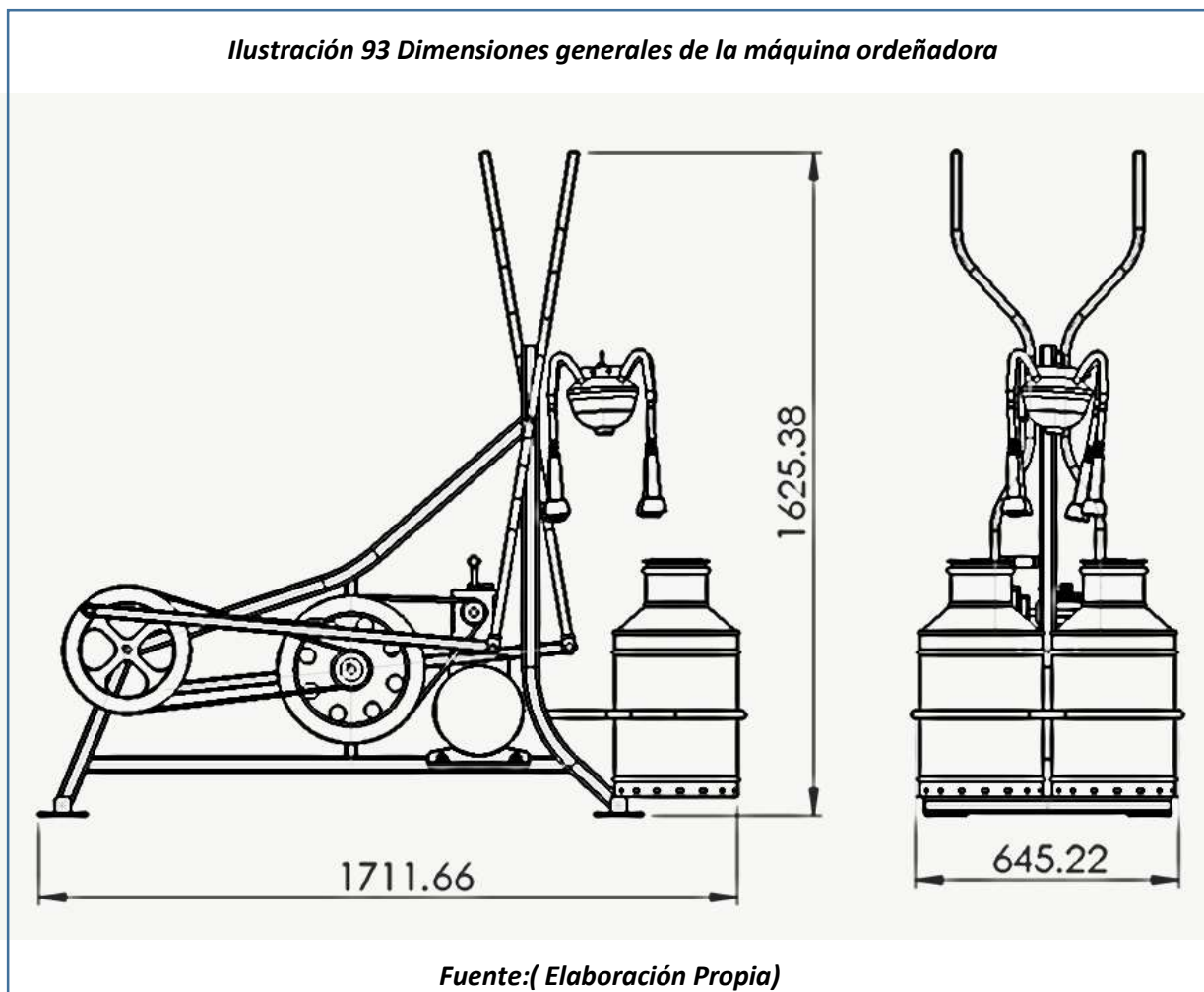
El costo total del Diseño de una máquina ordeñadora accionada con una fuerza no convencional es de S/.2115.50.

5.2. Planos

Los planos de la máquina ordeñadora se presentan en el anexo, ahí encontraremos toda la información al detalle de las piezas y montaje de la máquina.

5.3. Manual de operación y mantenimiento de la máquina ordeñadora

5.3.1. Dimensiones Generales



5.3.2. Descripción de la máquina ordeñadora

La máquina ordeñadora, está diseñada para el proceso de extracción de leche por medio de un método no convencional y se rige a las normas ya mencionadas anteriormente, el fabricante no se responsabilizara por el mal uso de esta máquina.

5.3.3. Características generales

- a) Bomba de vacío de 0.70 Kw a 1450 RPM
- b) Tanque de vacío
- c) Regulador
- d) Vacuómetro
- e) Pulsador neumático
- f) Colector
- g) Grupo de ordeño
- h) Contenedor de leche
- i) Conducto de aire
- j) Conducto de leche

5.3.4. Descripción de los accesorios

Los accesorios son los que se añaden a la instalación para realizar una función que facilita o garantiza un mejor ordeño como son el Vacuómetro, el pulsador y los reguladores.

El pulsador es el dispositivo que alternativamente, según el ciclo de pulsación, dejar entrar aire o vacío en la cámara de pulsación para abrir y cerrar las pezoneras.

5.3.5. Transporte de la máquina

Para el transporte adecuado de la máquina ordeñadora se le acondicionó 4 garruchas seleccionadas de acuerdo al peso total de la máquina y en puntos específicos para el equilibrio y resistencia, para permitir su fácil transporte.

Ilustración 94 Transporte de la máquina



Fuente: (Elaboración Propia)

5.3.6. Condiciones de almacenamiento

- a)** La máquina ordeñadora no se podrá almacenar en lugares con humedad entre 30% y 95% sin condensación.
- b)** No apilar máquinas ni objetos pesados encima.
- c)** No desmontar para almacenaje.
- d)** No almacenar la máquina sin previa limpieza de todos sus componentes que tengan contacto directo con la leche.

5.3.7. Mantenimiento general

Toda bomba de vacío necesita tanto mantenimiento como limpieza. Una bomba que este constantemente en uso necesitara de mayor atención. La revisión tendrá que ser completa y debe incluir un chequeo de las

partes que giran y las estacionarias así como las partes que se encuentran expuestas a los daños causados por la corrosión.

Para verificar que, la bomba funciones correctamente deberá estar en marcha y en vacío, y se debe de cambiar el aceite especial para bomba de vacío cada 1000 horas o cuando pierda el color original.

Para el mantenimiento de los contenedores de leche, deberá ser periódico después de cada jornada, desinfectando los conductos para evitar la propagación de bacterias que atenten la salubridad de la máquina y consecuencias mayores.

Para el sistema de transmisión se deberá supervisar las fajas y sustituir cuando se vea que ha perdido su punto de tensión adecuado, de igual forma se lubricara los ejes que son primordiales para la transmisión de potencia.

5.3.8. Rutina de mantenimiento

Debido a la importancia del Mantenimiento Preventivo en la prolongación de la vida útil de la máquina y su funcionamiento adecuado, se han determinado procedimientos generales para las rutinas de mantenimiento, constituidas por la frecuencia, materiales y herramientas a utilizar, implementos de seguridad que el personal encargado de dicha actividad debe utilizar, y las condiciones en las que se puede efectuar tal rutina, identificadas como Notas.

Las rutinas se clasifican principalmente por la frecuencia en las que se deben realizar:

a) Rutinas diarias, deben ejecutarse antes de iniciar la fase de trabajo. La máquina debe encenderse ejecutando esta actividad.

b) Las rutinas mensuales, trimestrales, semestrales y bianuales deben planificarse, con el fin de tomar previsiones en el sistema productivo.

5.3.9. Situación de la máquina

Se procurara ubicar la maquina debidamente para no tener que moverla. Se debe situar en una superficie plana para evitar las vibraciones y movimientos de esta durante la transmisión de potencia hacia la bomba de vacío, y el proceso de extracción de la leche

5.3.10. Dimensiones de la máquina y área de trabajo

Cuando se coloque la maquina se ha de tener en cuenta sus dimensiones, el área de trabajo del operario.

La máquina ordeñadora podrá utilizarla un solo operario, el cual se tiene que colocar en los lugares designados de acuerdo al diseño para poder generar la potencia adecuada para el accionamiento de la bomba de vacío.

5.3.11. Instrucciones de operación

- a) Verificar que la máquina se encuentre en la posición adecuada a la vaca para su posterior ordeñamiento.
- b) Limpiar la superficie del pezón seco de suciedad, arena y/o estiércol.
- c) Colocar y ajustar las unidades de ordeño para que sean adecuadamente balanceadas. Ajustarlas como sea necesario durante el ordeño para minimizar los deslizamientos y caídas de las pezoneras.

- d) Subir a la bicicleta elíptica acondicionada manteniendo una velocidad de 14 kph para poder accionar la bomba y dar inicio al proceso de ordeño.
- e) Después del ordeño pre enjuague las líneas de leche con agua potable (35-45C)
- f) Mida la cantidad correcta de detergente.
- g) Circule la solución de lavado por al menos 10 a 15 minutos.
- h) Haga el enjuague con agua potable.
- i) Haga que las líneas se enjuaguen y sequen.
- j) Remueva las unidades de ordeño o unidades de lavado. Deje que se sequen.

5.3.12 Advertencias

- a) No manipular componentes de la máquina en marcha.
- b) No utilizar la máquina para propósitos no descritos en el manual.
- c) Tomar medidas de higiene necesarias para la utilización y manipulación de la máquina ordeñadora.
- d) No trabajar sin la protección que equipan la máquina.
- e) Mantener una distancia de seguridad entre la máquina y la vaca durante el tiempo que la maquina este en marcha para evitar accidentes.
- f) Las matrices que puedan acoplarse a la maquina deben estar siempre fijadas.
- g) Recordar a los operarios que trabajen con la maquina deben utilizar obligatoriamente los elementos de protección personal adecuados (EPP).

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se logró diseñar una Máquina Ordeñadora accionada por una fuerza no convencional, mediante cálculos ya establecidos para el diseño de cada elemento y con ayuda del Software Solidwork para simular cada pieza y poder realizar el diseño completo de la máquina.

Con la Máquina Ordeñadora accionada por una fuerza no convencional podemos aprovechar la energía limpia que nos brinda la naturaleza para poder accionar un motor o una bomba para distintos fines en los cuales podemos aprovechar y en este caso escogimos el sector agrícola que es muy importante en la economía de nuestro país.

Determinamos parámetros ya establecidos en la máquina y gracias a fuentes externas pudimos realizar la transmisión de potencia, nos dimos cuenta que al variar los diámetros de la polea con los pedales no se obtendrían los mejores resultados, por el motivo de que existen medidas estándar ya establecidas de acuerdo a la estatura promedio de un ser humano.

Se evaluó la capacidad de energía del ser humano para accionar la máquina y la velocidad necesaria para accionar la bomba de vacío, siendo esta controlada por un regulador de velocidad para no desperdiciar energía.

Para la selección de la bomba tuvimos que tomar datos estandarizados del diámetro de la polea con pedales para poder multiplicar la potencia y así mismo transmitirla por fajas logrando llegar a 1450 RPM que fue lo que la bomba necesitaba para poder producir 700W y poder ordeñar a la vaca.

Se modeló los componentes con la ayuda del software SOLIWORK, el cual es de bastante ayuda al momento visualizar el modelo final de la pieza, mejorando la toma de decisiones al momento de diseñar componentes mecánicos.

Se obtuvo de los elementos principales los siguientes resultados: factores de seguridad mayores a 1.5, los desplazamientos son menores a 0.5 mm y las tensiones generadas se encuentran dentro del límite elástico, todos estos datos se obtuvieron con el software FEA de SOLIWORK.

Se elaboró los planos de acuerdo a las normas técnicas peruanas NTP: ICS 01.100.01 y las normas UNE 1032 de dibujo técnico en general con la necesidad de plasmar en el plano (dos dimensiones) la representación de objetos tridimensionales así como de poder construir las piezas partiendo de los planos correspondientes.

Se elaboró el plan de mantenimiento clasificando las rutinas en: diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales. Ayudando a facilitar una mejor operación y del mismo modo asegurar la vida útil de la máquina.

Se elaboró el manual instrucciones de la maquina brindando las pautas para el transporte, nivelación, área de trabajo y características principales de la máquina.

Finalmente presupuestamos la máquina con un costo total de 2115.50 nuevos soles.

6.2. Recomendaciones

La máquina ordeñadora fue diseñada exclusivamente para extraer la leche de vaca mediante un proceso de ordeño accionado por una bomba de vacío, su uso inadecuado podría perjudicar tanto al animal y como al

productor.

Es muy importante el sistema de limpieza y desinfección de los elementos de la máquina antes y después del proceso del ordeño.

Monitorear el proceso de ordeño para ver el correcto funcionamiento de la máquina, verificar el correcto paso de leche por los conductos hacia los contenedores.

Referencias

ACTUALIDAD, D. W.–N. (s.f.). Procedimientos de la máquina de ordeño: hombre, vaca y máquina trabajando en conjunto. Obtenido de <http://www.agromundo.com.mx/art3.html>

AGROBIT. (s.f.). Mastitis: Enfermedad y Transmisión. Obtenido de http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/enfermedades/GA000009en.htm

ANDINA. (02 de JUNIO de 2011). Nuevo establo modelo de Reque permitirá mejorar la calidad lechera en Chiclayo. Obtenido de <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-nuevo-establo-modelo-reque-permitira-mejorar-calidad-lechera-chiclayo-235938.aspx>

Budynas, R., & Keith Nisbett, J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (Octava edición ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Buiatría, .: D.–U. (s.f.). Funcionamiento y Evaluación de Máquinas de Ordeño y su Repercusión en la Mastitis Bovina. Obtenido de <http://www.engormix.com/MAGanaderia-leche/sanidad/articulos/funcionamiento-evaluacion-maquinas-ordeno-t476/165-p0.htm>

Callejo, A. (2009). Cálculo de la maquinaria de ordeño. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

CASAGRI. (s.f.). MANUAL DE USO ORDEÑADORAS ALPINA. Obtenido de http://www.casagri-group.com/cw_site/images/files/MANUAL%20ORDE%3%91ADORA%20ALPINA.pdf

Clasificación de los aceros inoxidables según Norma AISI. (s.f.). Obtenido de <http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>

Committee, N. M. (julio de 2001). Procedimientos para la evaluación de niveles de vacío y flujo de. Obtenido de http://milkquality.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/09/procedimientos-para-la-evaluacion-de-niveles-de-vacio-y-flujo-de-aire_spanish.pdf

COSS BU, R. (1981). ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. Ed. Limusa.

Duncan JL, M. Z. (2002). Mechanics of Sheet Metal Forming (Vol. 2 ed). Butterworth-Heinemann.

Ensayos. (s.f.). Obtenido de <http://materialesr2.galeon.com/productos734758.html>

Ernesto Madrigal, M. Á. (Diciembre de 1999). CALIDAD DE LA LECHE HIGIENE EN LA EXPLOTACIÓN LECHERA. Obtenido de Higiene en la explotación lechera: http://www.lactodata.info/docs/lib/ernesto_madrigal_marina_alvarez_ordeno.pdf

EROSSA MARTIN, V. (1987). PROYECTOS DE INVERSIÓN EN INGENIERÍA. Ed. Limusa.

Maguiña, A. R. (abril de 2012). DISEÑO DE UNA ORDEÑADORA MECÁNICA PARA EL SECTOR RURAL. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1706/MAGUINA_ALEX_ORDENADORA_MECANICA.pdf?sequence=1

Marcelo Baldan, M. B. (s.f.). ORDEÑO Y CONSERVACION DE LA LECHE. Obtenido de Equipo de trabajo JICAL III: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=10434>

METALPACK. (2016). leche y calidad. Obtenido de http://www.metalpack.net/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=22

Nueva York, T. P. (10 de MAYO de 2014). LA NACION. Obtenido de Las vacas deciden horario de ordeño en lechería robótica: http://www.nacion.com/tecnologia/avances/deciden-horario-ordeno-lecheria-robotica_0_1413658721.html

Quintero Hernandez, J. C. (2010). Diseño de un Sistema de Ordeño Mecanico Portatil. Universidad EAFIT, Medellin.

SL., D. (s.f.).

SULLIVAN, W. (2004). INGENIERÍA ECONÓMICA DE DEGARMO. Ed. Pearson Educación.

TODOAGRO. (21 de MAYO de 2009). Máquinas de ordeño y calidad de leche. Obtenido de <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=10434>

VETERINARIO, B. C.–M. (s.f.). MANEJO INTEGRAL DEL ORDENO. Obtenido de <http://s71e9806d6102a61b.jimcontent.com/download/version/1327693847/module/5172290019/name/MANEJO%20INTEGRAL%20DEL%20ORDENO.doc>

WestfaliaSurge. (2008). Recomendaciones y normas para equipamentos de ordeño. WestfaliaSurge.

Anexo B: Manguera para conducción

RAUSPIRAFLEX M

MANGUERA CON ESPIRAL DE ACERO PARA ASPIRACIÓN E IMPULSIÓN

Propiedades

- Manguera de PVC con espiral de acero
- Transparente, permitiendo observar el medio conducido
- Atóxica y de calidad alimentaria, conforme a la normativa europea 2002/72/CE
- Muy flexible y robusta
- Lisa en su interior y exterior

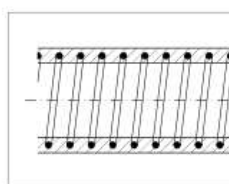
Color

Transparente

Temperatura de trabajo

-15 °C a +60 °C

También disponible sobre pedido en otros diámetros



Aplicación

Uso en la agricultura, industria alimenticia y de la construcción: conducción de granulados, extracción de aguas subterráneas

Número de material	Diámetro interno mm	Espesor de pared mm	Presión de trabajo bar (a 20° C)	Vacío m. Col. de Agua mH ₂ O (a 20° C)	Peso kg. x mt.	Radio de curvatura mm (a 20° C)	Largo del rollo m
077991.003	10	2.8	12	8.5	0.154	35	50
076941.002	13	3	11	8.5	0.206	46	50
077013.002	16	3	10.5	8.5	0.250	56	50
076531.003	19	3	10	8.5	0.320	67	50
076541.003	25	4	9.5	8	0.506	88	50

Anexo c

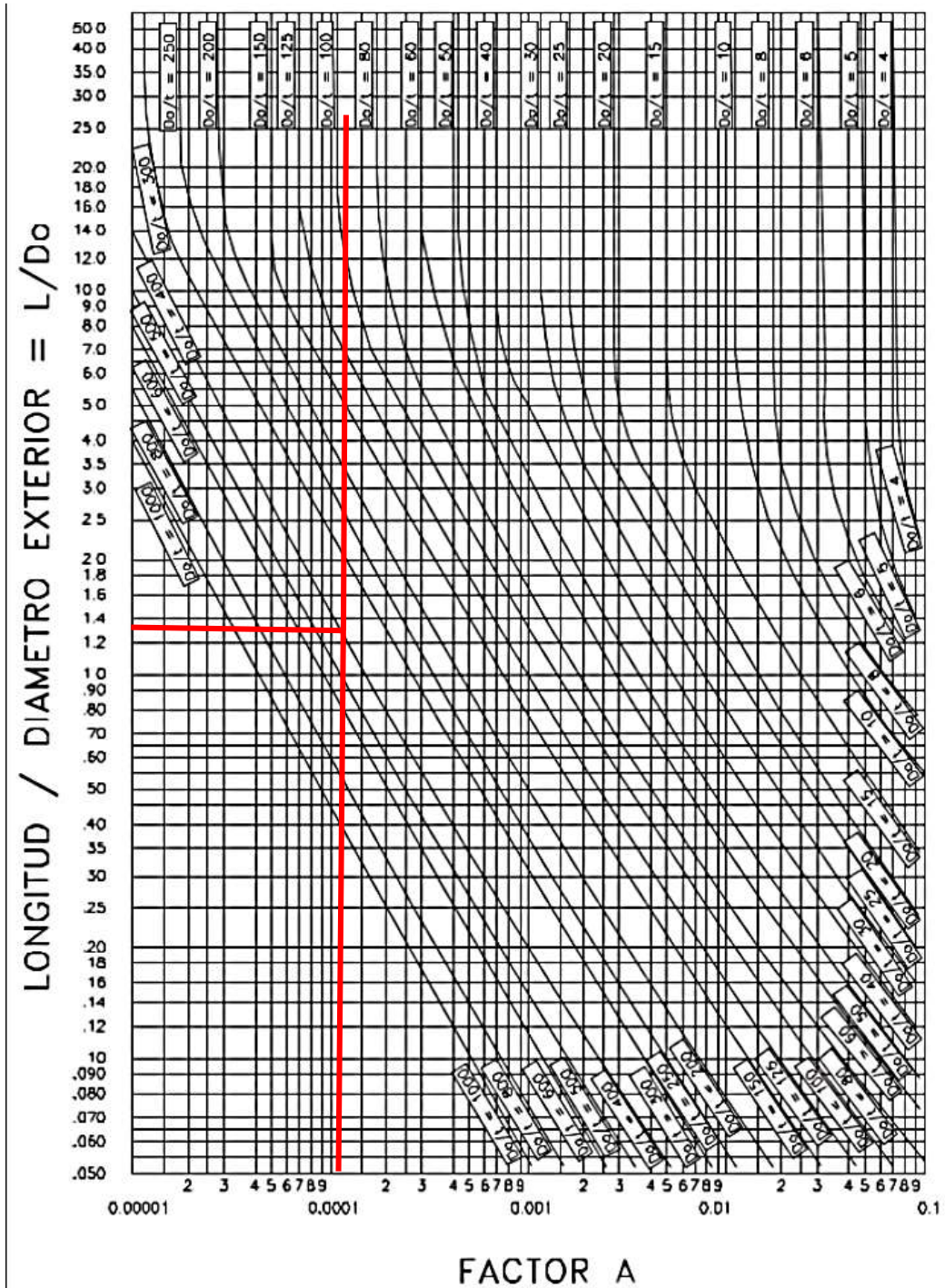
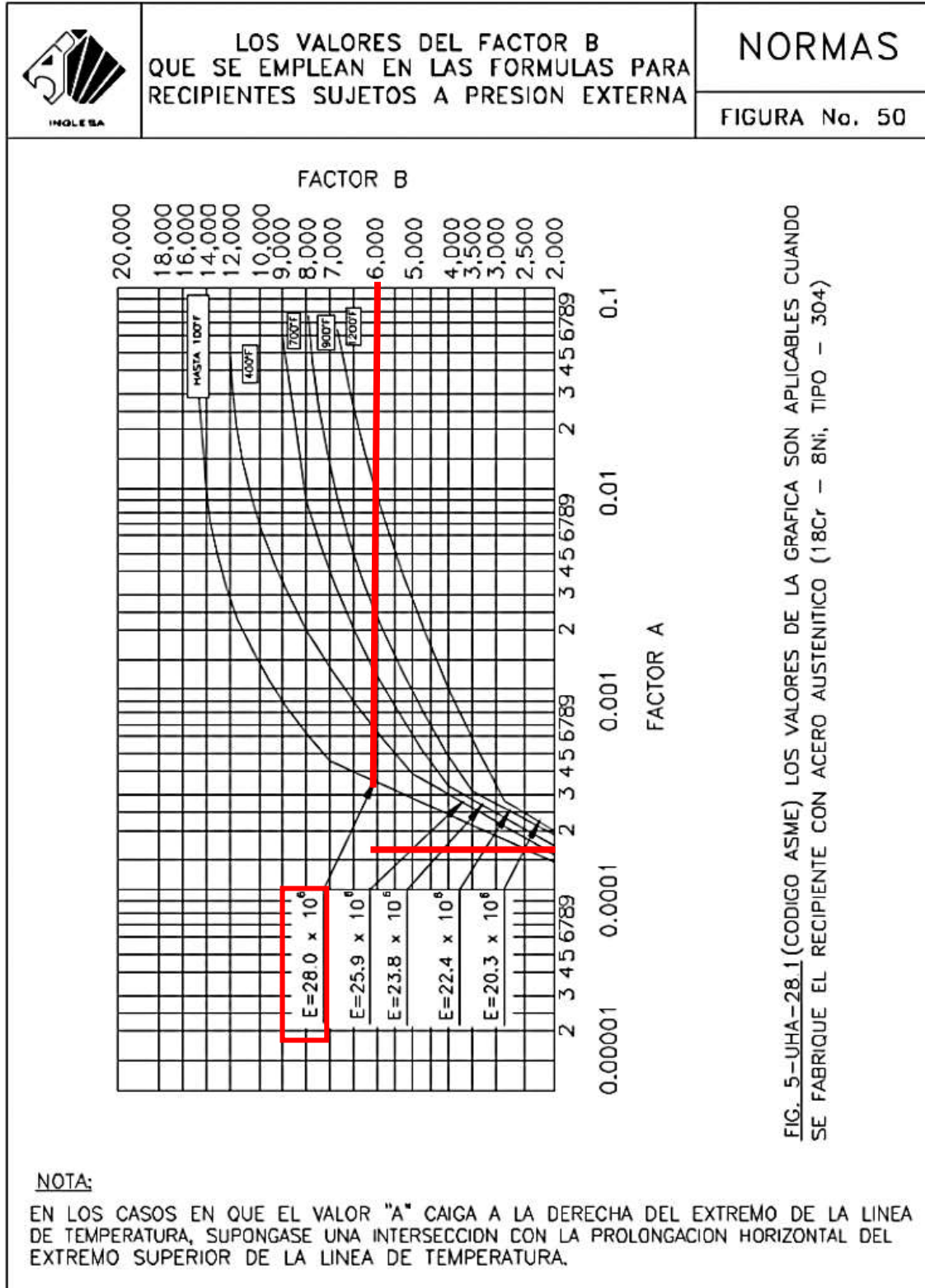


FIG.5-UGO-28.0 (CODIGO ASME) GRAFICA GEOMETRICA PARA RECIPIENTES CILINDRICOS SUJETOS A CARGAS EXTERNAS O COMPRESIVAS

Anexo D: factor B



Anexo E: Vacuómetro

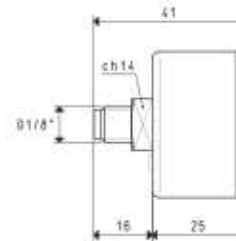
VACUÓMETROS Y MANÓMETROS



El órgano de medición de nuestros vacuómetros se fundamenta en el principio de funcionamiento del muelle Bourdon (Eugène Bourdon, Francia, 1808 - 1884).

Un extremo del muelle, realizado a partir de tubos perfilados de una aleación especial de cobre, es soldado al perno roscado del vacuómetro-manómetro, formando con este un único cuerpo; el otro extremo cerrado, en cambio, es liberado.

Al aumentar la depresión o la presión en su interior, el muelle tiende a deformarse, modificando su posición original (efecto Bourdon). El movimiento del extremo libre del muelle determina la depresión-presión. Para facilitar la lectura, este movimiento es amplificado a través de una palanca de conexión y transmitido al indicador. Todo el conjunto está protegido por una robusta caja metálica, que incluye el cuadrante y el indicador, visibles a través de un cristal. Están disponibles en distintas versiones, con conexiones radiales o coaxiales, con brida empotrable o externa, en seco o en baño de glicerina. Excepto para los vacuómetros \varnothing 40 mm, en los demás el cuadrante es de doble escala. Los vacuómetros y manómetros que describimos en esta página y en las siguientes están fabricados en conformidad con las normas de seguridad y las unidades de medida vigentes en la Comunidad Europea.



VACUÓMETRO

Art.	Escala	Doble Escala	Error de escala admitido	Temperatura de empleo	Notas	Peso
09 03 13	Kpa 0 - -100	--	2.5%	-10 °C + +50 °C	en seco	32

Anexo F: Factor de servicio

Factor de servicio	Motores eléctricos: <ul style="list-style-type: none"> • De corriente alterna monofásicos • Asíncronas • Jaula de ardilla de par normal • De corriente continua bobinado shunt Motores a gas Motores de combustión interna policilíndricos	Motores eléctricos: <ul style="list-style-type: none"> • De corriente alterna con par de gran potencia • De rotor bobinado y anillos rozantes • De corriente continua bobinado compound Motores monocilíndricos Ejes de transmisión Tomas de fuerza con embrague
	Agitadores de líquidos Ventiladores pequeños y medianos Bombas centrífugas.	1,0 a 1,2

Anexo G: Factor de Seguridad

Tabla 2.3.- Factor de seguridad F.S para el diseño de flechas según Normas ANSI-ASME

<i>Condiciones de carga</i>	<i>Factor de seguridad F.S</i>
<i>Cargas estables</i>	2.0
<i>Cargas con impacto moderado</i>	3.0
<i>Cargas con impacto fuerte</i>	4.0

Anexo H: Acero AISI 1020

ACERO ASI-SAE 1020 (UNS G10200)

1. Descripción: acero de mayor fortaleza que el 1018 y menos fácil de conformar. Responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. La soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 111 HB
Esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700 PSI)
Esfuerzo máximo 380 MPa (55100 PSI)
Elongación 25%
Reducción de área 50%
Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)
Maquinabilidad 72% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.18 – 0.23 % C
0.30 – 0.60 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: se utiliza mucho en la condición de cementado donde la resistencia al desgaste y el tener un núcleo tenaz es importante. Se puede utilizar completamente endurecido mientras se trate de secciones muy delgadas. Se puede utilizar para ejes de secciones grandes y que no estén muy esforzados. Otros usos incluyen engranes ligeramente esforzados con endurecimiento superficial, pines endurecidos superficialmente, piñones, cadenas, tornillos, componentes de maquinaria, prensas y levas.

