

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

**Tesis previa a la obtención del título de
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
COMPONENTES DE UN EQUIPO DE ORDEÑO CON CAPACIDAD DE
1200l/min**

**AUTORES:
DANIEL ALEJANDRO MONTENEGRO CAMPOVERDE
EDISON VINICIO SIMBAÑA LINCANGO**

**DIRECTOR:
ING. ORLANDO PINEDA**

Quito, marzo de 2015

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL
TRABAJO DE GRADO**

Nosotros Montenegro Campoverde Daniel Alejandro y Simbaña Lincango Edison Vinicio autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Montenegro Campoverde Daniel Alejandro
CC. 172325164-9

Simbaña Lincango Edison Vinicio
CC. 171914851-0

Quito, 07 de Marzo del 2015

Dedico...

Este proyecto a Dios por darme virtudes y fortalezas, por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

A toda mi familia quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de todo este sueño que hoy se hace realidad; a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido inspiración en mi vida para alcanzar mi meta.

Daniel Montenegro

Dedico...

Este trabajo a Dios que ha puesto su mano sobre mí a lo largo de toda mi vida, a mis padres y hermanos que me ha apoyado en este camino para lograr mi meta y en especial a mi abuelito que desde el cielo me ha bendecido, ha sido y será mi motor en todo momento.

Edison Simbaña

Agradezco...

*A la empresa SEMAGRO S.A.
por brindarnos todas las facilidades
para la elaboración del presente
trabajo, mi más profundo y sincero
agradecimiento por la confianza y
dedicación de tiempo a mis docentes los
cuales colaboraron para la realización
del presente trabajo.*

Daniel Montenegro

Agradezco...

A la Universidad Politécnica Salesiana que a través de su enseñanza y docentes, han sabido formar mi persona tanto profesional como espiritualmente, un agradecimiento especial al Ing. Orlando Pineda por brindar su colaboración para la realización y consecución de este trabajo.

Edison Simbaña

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

SEMAGRO S.A. es una empresa que brinda asistencia técnica al sector ganadero y trata de solucionar los problemas que se presenta de manera común en los elementos que conforman un equipo de ordeño.

La altura con respecto al nivel del mar (presión atmosférica) influye directamente en la generación de vacío, y ya que los equipos de ordeño funcionan principalmente con vacío, es una variable que influye en sus componentes. El principal elemento de un equipo de ordeño es la bomba generadora de vacío y es de vital importancia que ésta tenga el rendimiento adecuado para el correcto funcionamiento del equipo, adicionalmente otros componentes del equipo como reguladores de vacío, pulsadores hidroneumáticos y medidores proporcionales presentan en ocasiones parámetros de funcionamiento que están fuera del rango establecido.

El banco de pruebas asegurará los rendimientos de estas bombas y verificará el desempeño de los diferentes componentes ya mencionados, que son los elementos más importantes en un equipo de ordeño.

Además de brindar un lugar donde se pueda realizar un diagnóstico de componentes ya utilizados por un lapso de tiempo y que necesiten cambio de partes y un respectivo mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Esta tesis está orientada a desarrollar un sistema de vacío donde se pueda colocar diferentes elementos que conforman un equipo de ordeño, este sistema es responsable de circular vacío a través de tuberías y así poder realizar mediciones en estos elementos de ordeño, además de que sea desmontable para colocar diferentes tipos de bombas de vacío y accesorios de ordeño.

Es necesario verificar las características de desempeño de los elementos de un equipo de ordeño dado que la altura con respecto al nivel del mar (presión atmosférica) es un factor que influye directamente en el rendimiento de los equipos, debido a esto las bombas de vacío deben ser probadas para conocer su rendimiento más óptimo; además es indispensable realizar un control de los equipos mencionados para evaluar y tomar las debidas correcciones antes que sean instalados.

ALCANCE

El diseño y la construcción de un banco de pruebas para equipos de ordeño tendrán como alcance comprobar el estado y la eficiencia de bombas de vacío, la regulación de pulsadores, medidores proporcionales de leche y la calibración de vacuómetros.

La presente tesis demanda el cálculo de las curva del sistema y de operación de cada modelo de bomba, cálculo de relación de transmisión para las diferentes bombas de vacío, el dimensionamiento de la tubería de la línea de vacío

La comprobación de cálculos con los resultados reales que arrojen los diferentes modelos de bombas una vez construido el equipo, la generación de planos, análisis de costos también serán temas de estudio.

Los datos obtenidos en el banco de pruebas serán reflejados en un Display y/o computador para aumentar la precisión en la medición y registro de resultados.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo General

- Diseñar y construir un banco de pruebas para equipos de ordeño que permita la revisión y control de los componentes antes de ser instalados en el equipo.

Objetivo Específicos

- Conocer los factores que afectan el funcionamiento óptimo de los componentes de un equipo de ordeño.
- Elegir la mejor alternativa para el diseño y construcción del banco de pruebas.
- Construir el banco de pruebas con los argumentos de diseño y selección de equipos y accesorios.
- Obtener valores reales de operación de los componentes de un equipo de ordeño para evaluar su funcionamiento luego de su paso por el banco de pruebas.

HIPÓTESIS

Diseñar y construir un banco de pruebas para componentes de equipos de ordeño, nos va a permitir la optimización y eficiencia del producto, además garantizar el correcto funcionamiento de los mismos, una vez comprobados y evaluados para que sean instalados en los lugares donde van a funcionar.

CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	I
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	II
ALCANCE	III
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	IV
HIPÓTESIS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. MARCO TEÓRICO	2
1.1 Generalidades.	2
1.2 Conceptos básicos.	2
1.2.1 Presión atmosférica.	2
1.2.2 Vacío.	3
1.2.3 Propiedades físicas de los fluidos.	3
1.2.3.1 Viscosidad.	3
1.2.3.2 Viscosidad absoluta.	3
1.2.3.3 Densidad, volumen específico y peso específico.	4
1.2.4 Calculo del caudal de la bomba de vacío.	4
1.2.5 Caudal.	5
1.2.6 Número de Reynolds.	5
1.2.7 Flujo laminar y turbulento.	6
1.2.8 Rugosidad relativa.	7
1.2.9 Pérdidas de presión por fricción.	8
1.2.10 Ecuación de Darcy-Weisbach.	8
1.2.10.1 Factor de fricción.	8
1.2.10.2 Ecuación general del flujo de fluidos.	8
1.2.11 Ecuación de Bernoulli.	9
1.3 Equipo de ordeño.	11
1.3.1 Tipos.	11
1.3.1.1 Ordeño mecánico en el potrero.	11

1.3.1.2	Ordeño mecánico en sala.	12
1.4	Funcionamiento.	15
1.4.1	Ordeño natural.	15
1.4.2	Ordeño manual.	16
1.4.3	Ordeño mecánico.	17
1.5	Componentes de un equipo de ordeño.	18
1.5.1	Bomba de vacío.	18
1.5.2	Pulsadores.	22
1.5.3	Medidores de leche.	25
1.5.4	Vacuómetros.	26
1.5.5	Reguladores de presión.	27
1.6	Salud animal.	28
1.6.1	Máquina de ordeño e instalaciones.	28
1.6.2	Mastitis.	30
CAPÍTULO II		31
2.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	31
2.1	Generalidades.	31
2.2	Identificación de necesidades.	31
2.2.1	Bomba de vacío.	31
2.2.2	Pulsadores.	31
2.2.3	Medidores proporcionales.	32
2.2.4	Vacuómetros.	32
2.3	Requisitos a satisfacer.	32
2.4	Alternativas para la solución.	33
2.4.1	Métodos para la regulación de RPM (Revoluciones por minuto).	33
2.4.2	Control y medición de flujo y presión.	36
2.4.2.1	VPR100 DeLaval.	36
2.4.2.2	Transmisor de presión VEGABAR 14.	40
2.4.2.3	Caudalímetro VA 40.	41
2.4.2.4	Medidor de caudal tipo turbina.	42
2.5	Matriz de solución.	43
CAPÍTULO III		46
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS	46

3.1	Generalidades	46
3.2	Partes del banco de pruebas.....	46
3.3	Cálculo del caudal de la bomba de vacío	48
3.3.1	Pérdidas equipo de ordeño	49
3.3.2	Capacidad real bombas de vacío	51
3.4	Cálculo de diámetro de la tubería.....	53
3.4.1	Cálculo de diámetro en tramo 1	54
3.4.2	Cálculo de diámetro en tramo 2.	62
3.5	Curva del sistema	63
3.6	Curvas características.	66
3.7	Punto de operación.	72
3.8	Selección del motor eléctrico.	75
3.8.1	Características del motor.....	75
3.8.2	Selección de poleas.	76
3.8.3	Cálculo de correas y poleas para la transmisión de movimiento.	76
3.9	Accesorios PVC.	83
3.10	Interceptor ciclónico CIV.	83
3.11	Válvula anti retornó.....	84
3.12	Reguladores de vacío.....	85
3.13	Vacuómetros.....	85
3.14	Tanque.....	85
CAPÍTULO IV.....		86
4	PRUEBAS, RESULTADOS Y CALCULO DE COSTOS	86
4.1	Generalidades.	86
4.2	Pruebas.	86
4.2.1	Comprobaciones previas.	86
4.2.2	Puntos de ensayo.	87
4.2.3	Herramientas necesarias.....	88
4.2.4	Pruebas a realizar.	90
4.3	Resultados.	91
4.3.1	Pruebas de la bomba de vacío.....	91
4.3.2	Pruebas de vacuómetros.....	98
4.3.3	Pruebas de pulsadores.	100

4.3.4	Medidores proporcionales.....	104
4.4	Análisis de costos.	106
4.4.1	Costos Directos.	106
4.4.2	Costos Indirectos.....	108
4.4.3	Costo Total.....	109
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	112
	LISTA DE REFERENCIAS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de presión.....	2
Figura 1.2 Flujo laminar y turbulento.	6
Figura 1.3 Balance de energía para dos puntos de un fluido.	10
Figura 1.4 Equipo de ordeño portátil.	11
Figura 1.5 Equipo de ordeño fijo en establo	12
Figura 1.6 Equipo de ordeño tándem.	13
Figura 1.7 Equipo de ordeño en espina de pescado.	14
Figura 1.8 Equipo de ordeño rotativo.	15
Figura 1.9 Ordeño natural.	16
Figura 1.10 Ordeño manual.....	17
Figura 1.11 Ordeño mecánico.	18
Figura 1.12 Bomba de paletas.	20
Figura 1.13 Bomba de lóbulos.	20
Figura 1.14 Bomba de anillo líquido.	21
Figura 1.15 Funcionamiento del pulsador.....	22
Figura 1.16 Pulsador eléctrico e hidroneumático.....	23
Figura 1.17 Fases de pulsado.	24
Figura 1.18 Medidores proporcionales.	25
Figura 1.19 Medidor electrónico.....	26
Figura 1.20 Vacuometro.....	27
Figura 1.21 Regulador de vacío.	28
Figura 2.1 Cono poleas.	34
Figura 2.2 Variador de frecuencia MICROMASTER.	35
Figura 2.3 Comprobador de funcionamiento VPR100 De Laval.....	36
Figura 2.4 Puertos VPR 100.	37
Figura 2.5 VPR 100 conexion PC.....	39
Figura 2.6 Transmisor de presión VEGABAR 14.	40
Figura 2.7 Caudalimetro VA40.....	41
Figura 2.8 Medidor de caudal tipo turbina.....	42
Figura 3.1 Diagrama banco de pruebas.....	46
Figura 3.2 Diagrama tramo 1.	55
Figura 3.3 Diagrama tramo 2.	62
Figura 3.4 Curva del sistema Caudal vs Presión.....	66

Figura 3.5 Curvas características BVP300 a diferente presión atmosférica.	70
Figura 3.6 Curvas características BVP500 a diferente presión atmosférica.	71
Figura 3.7 Curvas características BVP900 a diferente presión atmosférica.	71
Figura 3.8 Curvas características BVP 1200 a diferente presión atmosférica.	72
Figura 3.9 Punto de operación BVP300.....	73
Figura 3.10 Punto de operación BVP500.....	73
Figura 3.11 Punto de operación BVP 900.....	74
Figura 3.12 Punto de operación BVP1200.....	74
Figura 3.13 Motor eléctrico 5HP.	75
Figura 3.14 Distancia entre ejes.	77
Figura 3.15 Selección de la sección de la correa.	79
Figura 3.16 Accesorios y tubería PVC.....	83
Figura 3.17 Interceptor ciclónico CIV.	84
Figura 3.18 Válvula anti retornó.	84
Figura 3.19 Tanque.	85
Figura 4.1 Puntos de ensayo.....	87
Figura 4.2 Caudalímetro AFM3000.....	88
Figura 4.3 Pezón artificial	88
Figura 4.4. Kit VPR100.	89
Figura 4.5 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP300.	93
Figura 4.6 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP500.	94
Figura 4.7 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP900.	95
Figura 4.8 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP1200.	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Rugosidad de materiales.	7
Tabla 1-2 Recomendaciones ISO pulsado.	24
Tabla 1-3 Cronograma mantenimientos.	29
Tabla 2-1 Especificaciones VPR100.	38
Tabla 2-2 Especificaciones VEGABAR 14.	40
Tabla 2-3 Especificaciones Caudalimetro VA40.	41
Tabla 2-4 Especificaciones medidor de caudal tipo turbina.	42
Tabla 2-5 Ponderación de alternativas para solución de control.	44
Tabla 2-6 Ponderación de alternativas para la solución de RPM.	45
Tabla 3-1 Partes del banco de pruebas.	47
Tabla 3-2 Flujo de aire requerido para el ordeño.	48
Tabla 3-3 Factores de corrección para bombas BVP vs nivel de vacío y presión atmosférica.	52
Tabla 3-4 Capacidad de bombas a deferente altura geográfica.	53
Tabla 3-5 Partes tramo 1.	54
Tabla 3-6 Hoja de cálculo para pérdidas en sistema.	59
Tabla 3-7 Resultados tramo 1 con diámetro de 50,5mm.	59
Tabla 3-8 Resultados tramo 1 con diámetro de 50mm.	60
Tabla 3-9 Diámetro de tubería considerando la longitud.	61
Tabla 3-10 Partes tramo 2.	62
Tabla 3-11 Resultados tramo 2 con diámetro 50mm.	63
Tabla 3-12 Variación de caudal vs presión.	65
Tabla 3-13 Selección de bomba BVP a menos de 300 msnm.	66
Tabla 3-14 Selección de bomba BVP desde 300 a 700 msnm.	67
Tabla 3-15 Selección de bomba BVP desde 900 a 1400 msnm.	67
Tabla 3-16 Selección de bomba BVP desde 1400 a 1900 msnm.	68
Tabla 3-17 Selección de bomba BVP desde 1900 a 2400 msnm.	68
Tabla 3-18 Selección de bomba BVP desde 2400 a 2800 msnm.	69
Tabla 3-19 Selección de bomba BVP desde 2800 a 3300	69
Tabla 3-20 Placa motor eléctrico.	75
Tabla 3-21 Dimensionamiento de poleas.	76
Tabla 3-22 Coeficiente corrección de potencia.	78
Tabla 3-23 Selección de diámetro primitivo.	80

Tabla 3-24 Selección de longitud primitiva nominal.....	82
Tabla 4-1 Resumen de pruebas ISO Test.....	90
Tabla 4-2 Resultados Bomba BVP300.....	92
Tabla 4-3 Resultados Bomba BVP500.....	94
Tabla 4-4 Resultados Bomba BVP900.....	95
Tabla 4-5 Resultados Bomba BVP300.....	96
Tabla 4-6 Datos de bombas de vacío comprobadas.....	97
Tabla 4-7 Vacuometro pruebas bomba BVP300.....	98
Tabla 4-8 Vacuometro pruebas bomba BVP300.....	99
Tabla 4-9 Vacuometro pruebas bomba BVP900.....	99
Tabla 4-10 Vacuometro pruebas bomba BVP1200.....	100
Tabla 4-11 Prueba en pulsador 1.....	101
Tabla 4-12 Prueba en pulsador 2.....	102
Tabla 4-13 Prueba en pulsador 3.....	102
Tabla 4-14 Prueba en pulsador 4.....	102
Tabla 4-15 Prueba en pulsador 5.....	103
Tabla 4-16 Pruebas medidor proporcional.....	104
Tabla 4-17 Elementos fijos y rotativos.....	106
Tabla 4-18 Costos materia prima.....	107
Tabla 4-19 Costos de maquinado.....	108
Tabla 4-20 Costos indirectos.....	108
Tabla 4-21 Costo total.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A: Propiedades del aire.
- Anexo B: Rugosidad de tubos.
- Anexo C: Hoja de resultados.
- Anexo D: Instructivos de ordeño y lavado.
- Anexo E: Tabla de mantenimientos de equipos de ordeño.
- Anexo F: Planos banco de pruebas.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad proveer a la empresa Semagro S.A. un banco de pruebas en el que se verifique el funcionamiento de los componentes de equipos de ordeño antes de que estos sean instalados, garantizando así su adecuado funcionamiento a quien los adquiere. El banco de pruebas está diseñado con un sistema de tuberías por donde va a circular aire a una presión negativa (vacío), mismo que es generado por una bomba de vacío. Este sistema va a permitir se efectúen pruebas de los siguientes componentes de un equipo de ordeño: bombas de vacío, vacuómetros, pulsadores, medidores, reguladores de vacío. Adicionalmente con el objetivo de controlar las revoluciones de la bomba de vacío se va a utilizar un variador mecánico o cono polea y para tener una presión de vacío constante el equipo se contará también con un regulador de vacío. La información será recolectada a través de un dispositivo electrónico portátil llamado VPR100, con el que se tomarán datos en diferentes puntos de medición, que serán colocados en el banco de pruebas; la información obtenida se descargará con un programa llamado ISO TEST. Los resultados obtenidos van a ser mostrados en formato de Excel, mismos que serán complementados con datos del equipo de ordeño, de la hacienda, del propietario previa instalación.

El proceso finaliza con la interpretación de la información obtenida de cada uno de los componentes para de acuerdo al rendimiento medido en el banco de pruebas, puedan proceder con su instalación conforme a sus características en las diferentes zonas del país.

ABSTRACT

The present job has as main purpose, to provide the company Semagro S.A. with a bank of proofs where the milking equipment's running will be verified before its installation guaranteeing this way its appropriate running for whom they are obtained. The bank of proofs is designed with a piping system where air with a negative pressure (space) will be circulating. This one is generated by a space bomb. This system will allow tests of the next components of a milking equipment to be executed: space bombs, vacumeters, push-buttons, gauges, space regulators. In addition to this and having as main objective to control the revolutions of a space bomb, we will use a mechanic variator or tackle cone and to have a constant space pressure, the equipment will count as well on a space regulator. The information will be collected through a portable electronic device called VPR100 which will be used for collecting information at the different measurement points that will be deposited into the bank of proofs; the information obtained will be downloaded with a program called ISO TEST. The results obtained are going to be displayed as an Excel format sheet which will be as well complemented with the data from the milking equipment, from the owner's previous installation.

The process finishes with the interpretation of the information obtained from each one of the components so according to the performance measured in the bank of proofs, you can proceed with its installation regarding its features at the different zones of the country.

INTRODUCCIÓN

El equipo de ordeño, es un conjunto de componentes que interactúan entre sí para lograr obtener la mayor cantidad de leche en el menor tiempo posible sin afectar la calidad, ni cantidad de leche y la salud del animal. (Sotomayor, 2011)

SEMAGRO S.A. es una empresa de asistencia técnica al sector ganadero y brinda soluciones integrales a los problemas que se presentan de manera común en los equipos que conforman un sistema de ordeño.

El objetivo de este trabajo de titulación es determinar el funcionamiento de los equipos de ordeño por medio de diferentes pruebas dinámicas y estáticas. Además, comparar los requerimientos y las normas con las medidas efectuadas y determinar las fallas presentadas en los componentes de los equipos de ordeño.

La altura con respecto al nivel del mar (presión atmosférica) influye directamente en la generación de vacío. El principal elemento de un equipo de ordeño es la bomba generadora de vacío y es de vital importancia que ésta tenga el rendimiento adecuado para el correcto funcionamiento del equipo, adicionalmente otros componentes del sistema como reguladores de vacío, pulsadores hidroneumáticos y medidores proporcionales presentan en ocasiones parámetros de funcionamiento que están fuera del rango establecido.

El banco de pruebas asegurará los rendimientos de estas bombas y verificará el desempeño de los diferentes componentes, la regulación de pulsadores, medidores proporcionales de leche y comprobación de vacuómetros.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades.

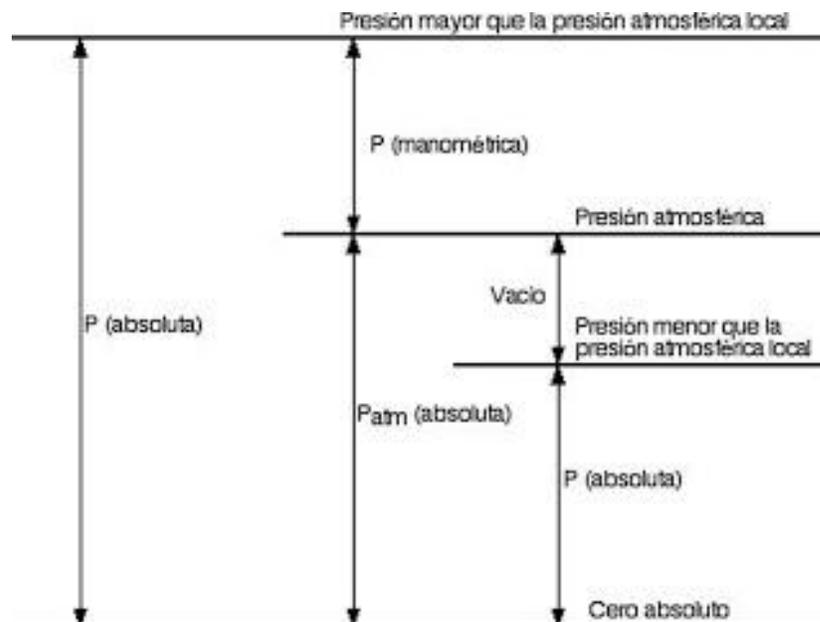
Los sistemas de vacío en equipos de ordeño han ido evolucionando con respecto al tiempo. En este capítulo se detalla definiciones y consideraciones que se deben tener en cuenta para la utilización del vacío, además de los diferentes tipos de equipos de ordeño que se pueden hallar en el mercado y los componentes que se utilizan en su fabricación.

1.2 Conceptos básicos.

1.2.1 Presión atmosférica.

Presión atmosférica es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre, es decir es el peso de una columna estática de aire que se extiende desde dicho punto a la superficie terrestre, por esta razón la presión atmosférica no es la misma en todos los lugares depende de la altura, la cual modifica la temperatura y presión al modificarse la densidad.

Figura 1.1 Tipos de presión.



Fuente: Herrera, 2009

1.2.2 Vacío.

El vacío es la depresión por debajo del nivel atmosférico. La referencia a las condiciones de vacío se hace a menudo expresando la presión absoluta en términos de altura de columna de mercurio o de agua. (CRANE, 2006)

Dentro del ambiente técnico se conoce como vacío al espacio en el cual la presión es inferior a aquella atmosférica. El vacío absoluto es considerado ausencia de materia en un espacio de volumen.

Los equipos de ordeño funcionan con presión negativa la cual es generada por las bombas de vacío, esto hace que el resto de sus componentes funcionen, la función de estos componentes es extraer la mayor cantidad de leche de la vaca, en el menor tiempo posible y con el menor esfuerzo humano, además se debe cuidar la salud del animal.

1.2.3 Propiedades físicas de los fluidos.

La solución de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo a las propiedades físicas del fluido en cuestión.

1.2.3.1 Viscosidad.

La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se aplica una fuerza externa. (CRANE, 2006)

Un ejemplo de viscosidad es la melaza la cual es un fluido más viscoso en comparación con el agua; a su vez los gases son menos viscosos que el agua.

1.2.3.2 Viscosidad absoluta.

La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo (Pa s) o también newton segundo por metro cuadrado (N s/m²), o sea kilogramo por metro segundo (kg/ms). Esta unidad se conoce también con el nombre de poiseuille (PI) en Francia, pero debe tenerse en cuenta que no es la misma que el poise (P) descrita a continuación. El poise es la unidad correspondiente en el sistema CGS (Sistema Cegesimal de Unidades) de unidades y tiene dimensiones de dina segundo por centímetro cuadrado o de gramos por centímetro segundo. El submúltiplo centipoise (cP) 10^{-2} poises, es la unidad más utilizada para expresar la viscosidad dinámica y esta

situación parece que va a continuar durante algún tiempo. La relación entre el Pascal segundo y el centipoise es:

$$1Pa = 1 \frac{N s}{m^2} = 1 \frac{kg}{m s} = 10^3 cP$$

$$1cP = 10^{-3} Pa.s$$

1.2.3.3 Densidad, volumen específico y peso específico.

La densidad de una sustancia es su masa por unidad de volumen. La unidad de densidad en el SI es el kilogramo por metro cúbico y se denota por ρ (libras por pie cúbico). Otras unidades métricas que también se usan son:

$$1 \frac{gr}{cm^3} \text{ o } 1 \frac{g}{ml} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

La densidad relativa de un líquido es la relación de su densidad a cierta temperatura, con respecto al agua a una temperatura normalizada. A menudo estas temperaturas son las mismas y se suele utilizar 60°F (15.6°C). Al redondear 15.0°C no se introduce ningún error apreciable. (CRANE, 2006)

$$S = \frac{\rho \text{ cualquier liquido a cierta temp.}}{\rho \text{ del agua a } 15^{\circ}C}$$

El peso específico (o densidad relativa) es una medida relativa de la densidad. Como la presión tiene un efecto insignificante sobre la densidad de los líquidos, la temperatura es la única variable que debe ser tomada en cuenta al sentar las bases para el peso específico.

1.2.4 Cálculo del caudal de la bomba de vacío.

La bomba de vacío debe tener suficiente capacidad para cubrir las necesidades de los equipos durante el ordeño, y suficiente reserva efectiva para compensar las entradas de aire imprevistas en la instalación. Ello permitirá que la caída de vacío en la unidad final no sea superior a 2 kPa en el transcurso de un ordeño normal, lo cual comprende la puesta y retirada de pezoneras o la caída accidental de las mismas.

1.2.5 Caudal.

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo, la cantidad de fluido puede medirse por su masa o por su volumen.

Con el flujo necesario para el funcionamiento del sistema es posible determinar la velocidad a la que se va a desplazar el fluido dentro de la línea de vacío.

Existen diferentes maneras para medir caudal en las tuberías las más conocidas son:

- Placa orificio
- Tubo Venturi
- Rotámetros
- Turbinas
- Medidor de placa

1.2.6 Número de Reynolds.

El número de Reynolds es un valor adimensional que se utiliza en mecánica de fluidos para caracterizar el movimiento que realiza este.

El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad. El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\mu / \rho} = \frac{\left(\frac{4Q}{\pi \cdot D^2}\right) \cdot D}{v} = \frac{4Q}{\pi \cdot D \cdot v}$$

Donde:

ρ = la densidad del fluido (kg/m³)

V = la velocidad media (m/s)

D = el diámetro de la tubería (m)

μ = la viscosidad dinámica o absoluta del fluido (N seg/m²)

ν = la viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

Q = el caudal circulante por la tubería (m^3/s)

El número de Reynolds muestra el régimen de flujo con el que el fluido se comporta y está dado por los siguientes valores:

$$R_e \leq 2300 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

$$2300 \leq R_e \leq 4000 \rightarrow \text{flujo en transición}$$

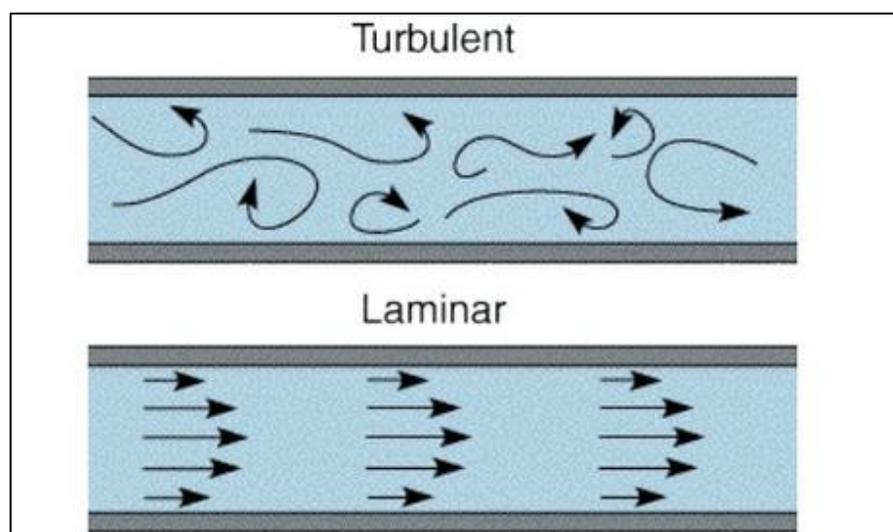
$$R_e \geq 4000 \rightarrow \text{flujo turbulento}$$

1.2.7 Flujo laminar y turbulento.

La transición de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, la temperatura de la superficie y el tipo de fluido, entre otros factores. (Yunus & Cimbala, 2006)

Los fluidos que tienen viscosidad alta y velocidades bajas tienden a tener números de Reynolds bajos, estos fluidos se comportan de forma laminar. En cambio si se tiene una viscosidad baja y velocidad elevada el número de Reynolds es alto, y el fluido tiende a comportarse de forma turbulenta.

Figura 1.2 Flujo laminar y turbulento.



Fuente: Física guía, 2000

A pesar de que existe un movimiento turbulento a través de la mayor parte del diámetro de la tubería, siempre hay una pequeña capa de fluido en la pared de la tubería, conocida como la “capa periférica” o “subcapa laminar”, que se mueve en régimen laminar. (CRANE, 2006)

1.2.8 Rugosidad relativa.

Para determinar la rugosidad relativa es necesario conocer la rugosidad del material por el cual el fluido se va a desplazar.

Algunos de los aspectos que se deben considerar en la naturaleza o rugosidad de las paredes son:

- Material empleado en la fabricación de los tubos.
- Proceso de fabricación de los tubos.
- Existencia de revestimientos especiales.

La rugosidad de algunos materiales es:

Tabla 1-1 Rugosidad de materiales.

RUGOSIDAD DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico(PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06- 0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12- 0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03- 0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03- 0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06- 0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18- 0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente: UCLM, 2012

1.2.9 Pérdidas de presión por fricción.

- **Pérdidas mayores.**

Las pérdidas mayores se deben al rozamiento del fluido que pasa a través de segmentos del sistema con área de sección constante, como las tuberías.

- **Pérdidas menores.**

Se debe a la presencia de accesorios como codos, válvulas, uniones, etc. En donde el fluido experimenta un cambio de sección considerable.

1.2.10 Ecuación de Darcy-Weisbach.

1.2.10.1 Factor de fricción.

El factor de fricción es un parámetro adimensional que depende del Número de Reynolds y la rugosidad relativa, se utiliza para calcular la pérdida de carga en tuberías debido a la fricción.

La fórmula de Darcy puede deducirse por análisis dimensional con la excepción del factor de fricción f , que debe ser determinado experimentalmente. El factor de fricción para condiciones de flujo laminar ($R < 2000$) es función sólo del número de Reynolds; mientras que para el flujo turbulento ($R > 4000$) es también función del tipo de pared de la tubería.

Si el flujo es laminar ($R < 2000$), el factor de fricción puede determinarse a partir de la ecuación:

$$f \text{ laminar} = \frac{64}{Re}$$

1.2.10.2 Ecuación general del flujo de fluidos.

La ecuación de Darcy-Weisbach relaciona las pérdidas producidas en las tuberías debido a la fricción a lo largo de la tubería por donde circula el fluido. El dimensionamiento del diámetro de la línea de vacío por medio de la ecuación de Darcy puede tener inconvenientes al principio dado que precisamente necesita el diámetro para ser planteada, con esta ecuación se comprobará que la pérdida de presión no supere la

máxima variación de presión de vacío permitida para el correcto funcionamiento del sistema.

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

$$hl = f \frac{L.V^2}{D.2g}$$

Donde:

hl = pérdida de carga debida al flujo del fluido (m)

f = factor de fricción

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interno de la tubería (m)

V = velocidad del fluido (m/s)

g = aceleración de gravedad (m/s²)

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

1.2.11 Ecuación de Bernoulli.

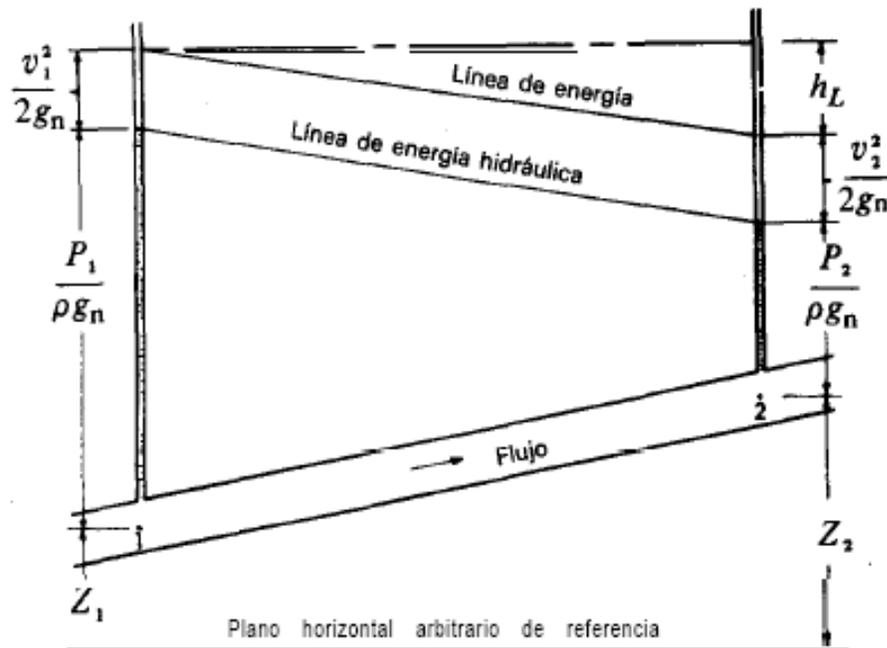
El principio de Bernoulli describe el funcionamiento de un fluido moviéndose a lo largo de un sistema, y expresa que en un fluido ideal sin viscosidad ni rozamiento la energía se mantiene a lo largo de su recorrido.

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la ley de la conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual

a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la velocidad, es decir:

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2g} = H$$

Figura 1.3 Balance de energía para dos puntos de un fluido.



Fuente: CRANE, 2006

Si las pérdidas por rozamiento se desprecian y no se aporta o se toma ninguna energía del sistema de tuberías (bombas o turbinas), la altura total H en la ecuación anterior permanecerá constante para cualquier punto del fluido. Sin embargo, en la realidad existen pérdidas o incrementos de energía que deben incluirse en la ecuación de Bernoulli. Por lo tanto, el balance de energía puede escribirse para dos puntos del fluido, según se indica en el ejemplo de la Figura 1.3.

1.3 Equipo de ordeño.

1.3.1 Tipos.

Se entiende por máquina de ordeño un conjunto de componentes, compacto o no, que es capaz de extraer la leche de las vacas, ovejas, cabras u otros animales, almacenarla y transportarla a un recipiente donde se enfría y se dispone de ella. (Ortiz, 2012)

Los distintos sistemas de ordeño mecánico pueden clasificarse en:

- Ordeño mecánico en el potrero
- Ordeño mecánico en sala

1.3.1.1 Ordeño mecánico en el potrero.

- **Con equipo portátil.**

Estos equipos se encuentran con más frecuencia en haciendas pequeñas donde la producción de leche no es el único ingreso de la misma, este sistema es muy sencillo y de bajo costo.

Estos sistemas no requieren de instalaciones fijas, excepto si el equipo consta de una toma eléctrica.

Figura 1.4 Equipo de ordeño portátil.



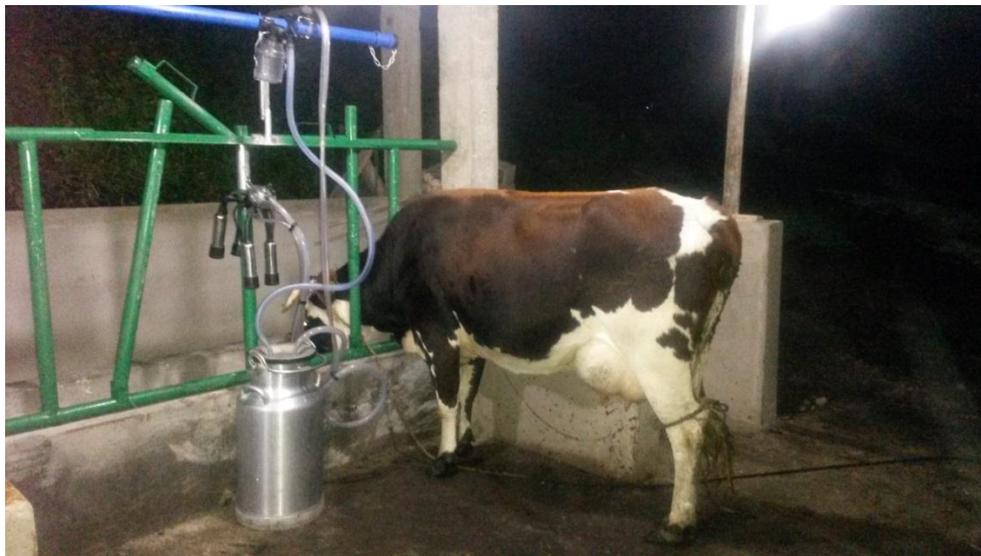
Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Su configuración consta principalmente de un motor eléctrico o gasolina, una bomba generadora de vacío, vacuometro, regulador de vacío, sistema de pulsación, unidades de ordeño y bidón de recogida de leche.

- **Con equipo fijo en establo.**

En este tipo de instalaciones todos los componentes están fijos en el establo, la tubería está dispuesta por encima de los comederos, y en esta va colocado el sistema de pulsación y unidades de ordeño.

Figura 1.5 Equipo de ordeño fijo en establo



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

1.3.1.2 Ordeño mecánico en sala.

El ordeño en sala se puede realizar de las siguientes formas:

- Ordeño en Tándem.
- Ordeño en forma de espina de pescado.
- Ordeño rotativo.

- **Ordeño en Tándem.**

Un sistema de ordeño en tándem es un sistema reducido de difusión, las vacas están dispuestas una tras de otra en jaulas individuales, pueden ser simples o dobles, cada una de estas tiene una entrada y salida independiente de las demás.

Figura 1.6 Equipo de ordeño tándem.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña

Vallejo (2008) describe las siguientes ventajas y desventajas de este tipo de ordeño.

Ventajas:

- Acceso a toda la ubre.
- Hay menor riesgo de accidentes a causa de golpes de la vaca.
- La vaca recibe un tratamiento individual, sin retrasar el ordeño, ya que cada una de ellas sale y entra en la sala individualmente.
- Existe un rendimiento muy elevado entre 50 y 80 vacas por hombre y hora, siempre y cuando la sala este bien diseñada y automatizada.

Desventajas:

- Necesita mayor espacio por cada plaza (2.5m entre ubres).
- Las distancias recorridas por los operarios es mayor y estos están dispuestos a fatiga bajando el rendimiento, por lo que se recomienda la automatización.
- Los sistemas de puertas son complicados.

- Por estos motivos el costo de esta sala es elevado.

- **Ordeño en forma de espina de pescado.**

Las vacas están dispuestas inclinadas respecto a la fosa lo que permite más capacidad y un ordeño lateral más cómodo.

Estas salas suelen ser siempre dobles, y tienen la ventaja de adaptarse para diferentes tamaños de explotaciones, existen salas tradicionales y también con salida rápida mejorando la eficiencia.

Figura 1.7 Equipo de ordeño en espina de pescado.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- **Ordeño rotativo.**

En este tipo de salas las vacas van montadas en una plataforma en donde giran mientras se ordeñan. Estas salas están pensadas para granjas que tengan un número de ganado elevado, obteniendo altos rendimientos.

Figura 1.8 Equipo de ordeño rotativo.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

1.4 Funcionamiento.

La extracción de la leche de la ubre de la vaca se realiza de dos formas básicas:

- La forma natural que realiza el becerro.
- La artificial realizada por el humano ya sea de forma manual o mecánica.

1.4.1 Ordeño natural.

MVZ Tellez (2002) describe que el becerro efectúa el ordeño natural sujetando la glándula mamaria entre la lengua y el paladar, de esta manera presiona el pezón desde la parte superior entre la lengua y el paladar hacia abajo, después digiere ligeramente la

mandíbula a la parte inferior del pezón, permitiendo el llenado del mismo, esto se repite con una frecuencia entre 80 y 120 veces por minuto.

Figura 1.9 Ordeño natural.



Fuente: Brujulea, 2013

1.4.2 Ordeño manual.

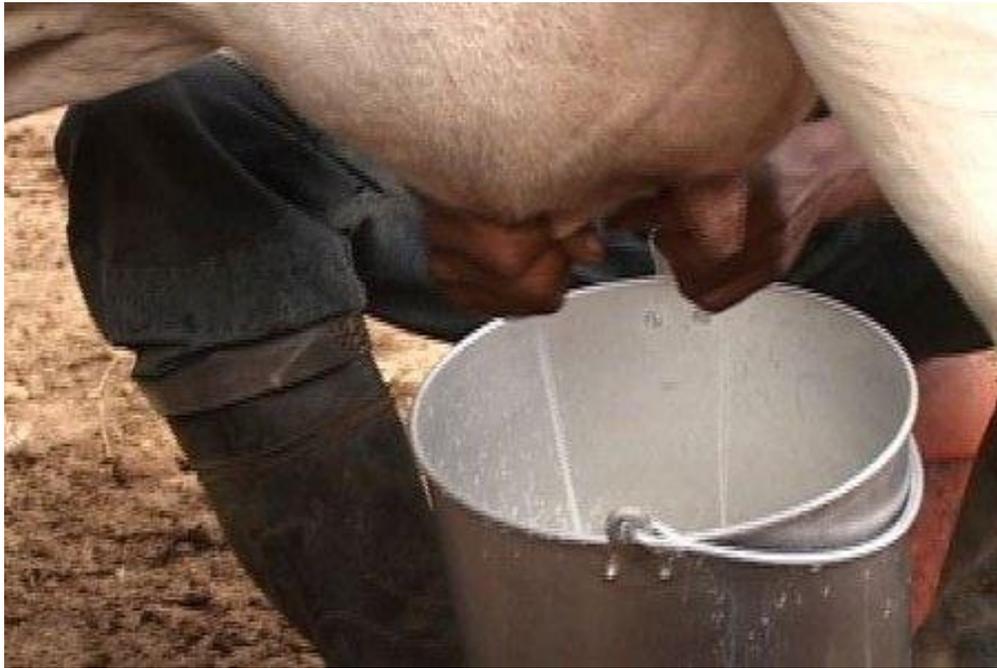
Este ordeño se realiza de forma simultanea tomando dos pezones del animal estos pueden ser los dos delanteros traseros, o simplemente uno delantero y uno trasero.

MVZ Tellez (2002) menciona que el ordeño manual llamado a mano o a puño consiste en tres momentos: en el primero, el pezón se toma entre la palma de la mano y con los dedos índice y pulgar se presiona la base del pezón, de tal manera que la leche que se encuentre en el pezón se impulse hacia abajo, evitándose con esto el retroceso de la leche del pezón al seno lactífero glandular.

En el segundo momento, se procederá a cerrar la mano, iniciando la actividad apretando y empujando con suavidad la leche hacia afuera con el dedo medio y progresivamente se continua con el anular y por ultimo con el meñique, venciendo la resistencia del conducto papilar y así la leche es expulsada del pezón.

En el tercer momento sin soltar el pezón, la mano se abre permitiendo que la leche pase del seno lactífero glandular al seno lactífero del pezón, llenándose de nuevo este. Durante este tiempo, también se restablece la circulación vascular. Posteriormente, se regresa a efectuar el primero y segundo movimientos ya descritos.

Figura 1.10 Ordeño manual.



Fuente: Vivetabio, 2014

1.4.3 Ordeño mecánico.

Es la extracción de leche de la ubre mediante máquinas que simulan la acción del becerro mediante la aplicación de vacío.

La presión negativa oscila entre los -48Kpa y -50Kpa, la parte que se pone en contacto con la ubre del animal es la pezonera esta simula la boca del becerro, la pezonera está en un casquillo metálico en la cual está ajustada, esta pezonera se abre y se cierra mediante la acción de un pulsador.

El trabajo del pulsador es provocar de forma intermitente o cíclica el vacío parcial entre el casquillo y la pezonera provocando la relación ordeño masaje.

Cuando el pulsador abre el espacio entre el casquillo y la pezonera al vacío, se igualan las presiones que hay entre el interior y el exterior de la pezonera, tomando esta una posición de apertura normal, en este periodo fluye la leche del pezón al interior de la pezonera. Cuando el aire se introduce entre el casquillo y la pezonera, la presión fuera de la pezonera aumenta causando la contracción de esta.

Figura 1.11 Ordeño mecánico.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

1.5 Componentes de un equipo de ordeño.

1.5.1 Bomba de vacío.

Las fuentes encargadas de crear la presión negativa más conocida como vacío parcial, son las bombas de vacío, en el mercado existen varios tipos de bombas dependiendo de su capacidad y diseño mecánico.

Según el diseño mecánico existes:

- Bomba de paletas.
- Bomba de lóbulos.
- Bomba de anillo líquido.

- **Bomba de paletas.**

Es la más común en el mercado industrial, trabaja a altas revoluciones, genera caudales desde 300 l/min hasta 2000 l/min, tiene un bajo nivel sonoro, no contamina, es para trabajo rudo, y no necesita mucho mantenimiento.

Estas bombas constan de una serie de paletas con cinética radial, ubicadas en un rotor hueco con ranuras radiales sobre las cuales se deslizan las paletas.

El rotor está colocado de forma excéntrica respecto al eje del cuerpo de la bomba, las paletas realizan durante la rotación del rotor movimientos alternativos o de vaivén respecto al rotor.

Las paletas se aprietan con sus extremos a la superficie interior del estator y deslizan por éste.

El producto llena la cámara de trabajo entre dos paletas vecinas y las superficies correspondientes del estator y del rotor.

El volumen crece durante el giro del rotor, hasta alcanzar un valor máximo. Después se cierra y se traslada a la cavidad de impulsión de la bomba.

Al mismo tiempo se inicia el desalojo del líquido de la cámara de trabajo en una cantidad igual a su volumen útil.

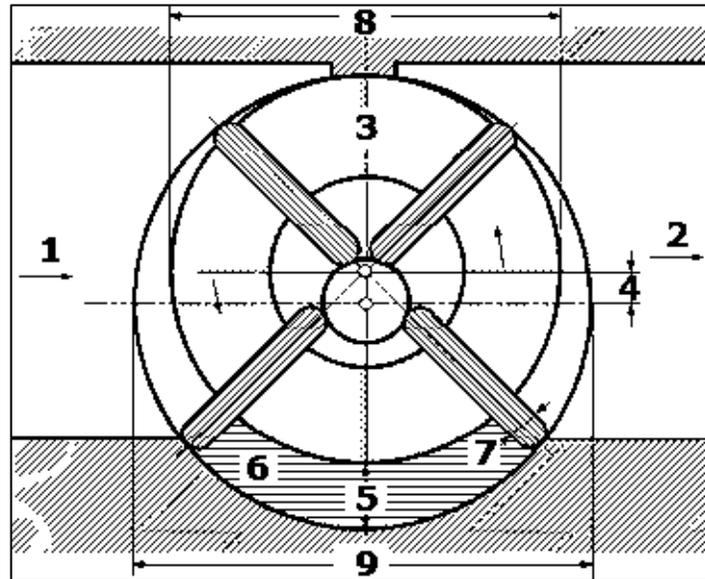
No tienen el mismo grado de hermeticidad como otras bombas rotativas. Esto se puede mejorar aumentando el número de paletas.

Las partes que conforman una bomba de paletas son las siguientes:

1. Entrada a la bomba de paletas.
2. Salida de la bomba de paletas.
3. Cuerpo de la bomba de paletas.
4. Distancia entre los dos ejes.
5. Distancia máxima entre rotor y estator.
6. Cámara de trabajo.
7. Espesor de las paletas.

- 8. Diámetro del rotor.
- 9. Diámetro del estator.

Figura 1.12 Bomba de paletas.

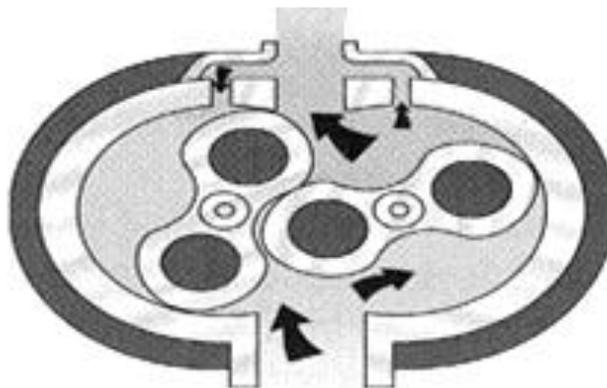


Fuente: Quiminet, 2008

- **Bomba de lóbulos.**

La bomba de engranajes tipo lóbulos es una bomba mecánica, volumétrica y de desplazamiento positivo. Son unas cámaras de trabajo las que desplazan el líquido.

Figura 1.13 Bomba de lóbulos.



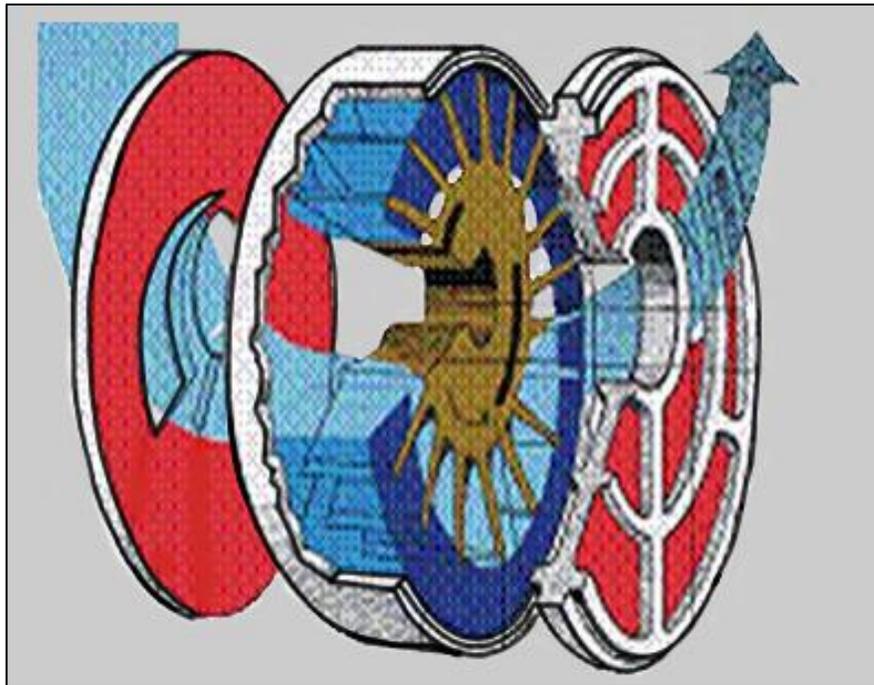
Fuente: DeLaval, 2013.

- **Bomba de anillo líquido.**

El anillo líquido toma su nombre por su principio de operación. Un líquido frío es introducido alrededor de la cubierta del impulsor y debido a la fuerza centrífuga, forma un anillo concéntrico alrededor de la cubierta del impulsor. El impulsor está excéntricamente montado en la cubierta formando celdas en la parte donde está más cerca de la cubierta debido a los alabes del impulsor. Un puerto de succión es colocado en la parte donde los álabes están más separados de la cubierta.

Este puerto conduce el gas dentro de las celdas donde la presión es más baja. El gas introducido dentro de las celdas es comprimido por la operación del líquido en el área donde los alabes están más separados de la cubierta. Un puerto de descarga es colocado como conducto para descargar el gas comprimido de la bomba. Ya que el líquido absorbe el calor generado durante la compresión, una pequeña cantidad de líquido frío es continuamente introducido por el puerto de servicio de líquido y el exceso de líquido caliente es descargado con el gas en una corriente de gas/líquido. El líquido que se usa para formar el anillo líquido debe estar frío para mejorar el funcionamiento.

Figura 1.14 Bomba de anillo líquido.



Fuente: Tecbovac, 2010.

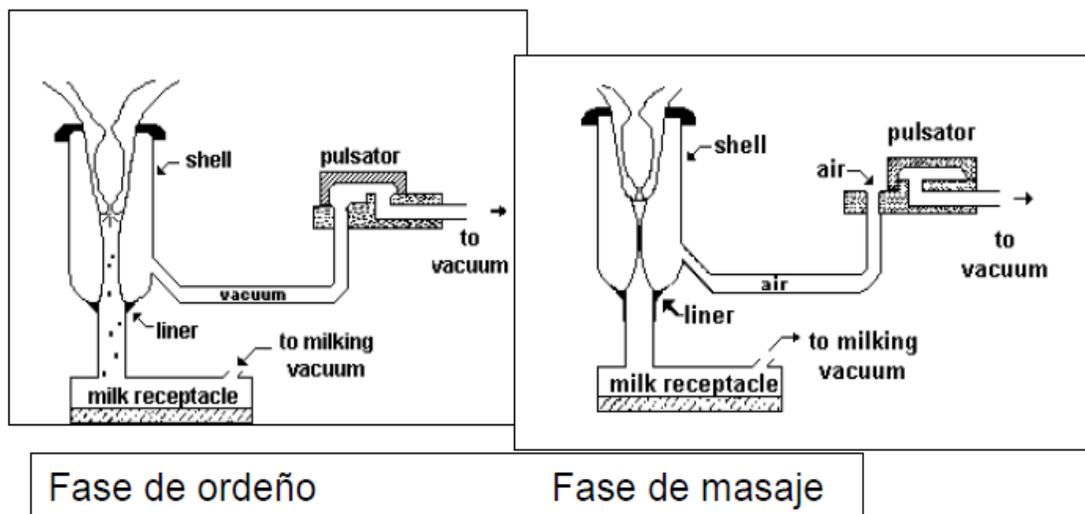
1.5.2 Pulsadores.

El propósito de los pulsadores es proporcionar un vacío alternado a la unidad de ordeño es decir alternar el vacío y la presión atmosférica entre el casquillo y la pezonera.

El mecanismo de la pulsación se realiza en el pulsador que es un dispositivo que produce cambios cíclicos de presión atmosférica y vacío, transmitiéndolos a la cámara de pulsación a través del tubo largo de pulsación, distribuidor del colector y tubo corto de pulsación.

Existen diversos tipos de pulsadores, pero el principio de funcionamiento es el mismo, cortar el vacío de forma intermitente de las mangueras largas de pulsado, para lo cual el pulsador posee dos cámaras diferentes para la conducción de vacío y presión atmosférica normal, ver Figura 1.15.

Figura 1.15 Funcionamiento del pulsador.



Fuente: Fundamentos físicos del ordeño mecánico.

Los diferentes tipos de pulsadores son:

- Pulsador neumático.
- Pulsador eléctrico.
- Pulsador electrónico.

Figura 1.16 Pulsador eléctrico e hidroneumático.



Fuente: DeLaval, 2013.

El movimiento de la pezonera necesita un pulso de vacío para masajear, este pulso es creado por el pulsador, las granjas lecheras modernas utilizan pulsadores electrónicos, estos proveen de un pulso constante cuando son mantenidos correctamente.

- **Medición de la pulsación.**

El buen funcionamiento del sistema de pulsación es crítico para el proceso de extracción de leche.

Las recomendaciones definidas por ISO son una guía para la correcta operación del sistema de pulsado, aunque los valores medidos variarán en cada instalación dependiendo de:

- Combinación Pulsador.
- Unidad de Ordeño.
- Pezoneras.
- Largo, diámetro y condición de los tubos de pulsado.
- Nivel de vacío de trabajo.

- **Recomendaciones de pulsado.**

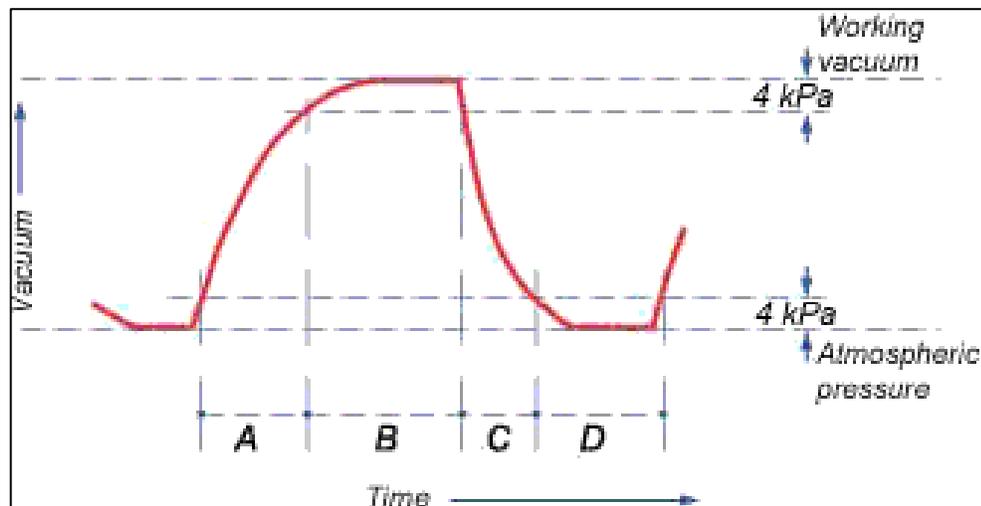
Tabla 1-2 Recomendaciones ISO pulsado.

Fase de pulsado	Rango
Mínima duración de la fase B	30%
Mínima duración de la fase D	15%,150msec
Relación de Pulsado	Dentro del 5% de lo recomendado
Frecuencia de Pulsación	Dentro de las 5 unidades de porcentaje
Máximo Cojeo	5%
Máximo vacío durante fase D	4kPa
Fluctuación de vacío en fase B	4kPa
Mínimo valor del máximo vacío en la cámara de pulsado	Dentro de 2kPa del vacío de trabajo

Fuente: ISO6690, 2007.

El pulso está dividido en 4 fases:

Figura 1.17 Fases de pulsado.



Fuente: DeLaval, 2013.

1.5.3 Medidores de leche.

Los medidores de leche han ido mejorando conforme con las necesidades de las granjas, existen diferentes tipos de medidores como:

- Depósito medidor de leche.
- Medidores proporcionales.
- Medidores electrónicos.

- **Depósito medidor de leche.**

Es un recipiente de cristal con una escala graduada, el cual está conectado entre la unidad de ordeño y la tubería de leche y que le permite al ordeñador medir la totalidad de leche producida por cada animal.

- **Medidores proporcionales.**

Tienen el mismo funcionamiento que los depósitos medidores de leche, pero estos toman una proporción de leche y almacenan en un recipiente más pequeño y con una escala calculada según el tipo de medidor proporcional.

Figura 1.18 Medidores proporcionales.



Fuente: DeLaval, 2013.

- **Medidores electrónicos.**

Los medidores electrónicos son de alta precisión, diseñados para el registro de la producción de leche de las vacas.

La estructura interna consta de un tubo corto y flexible que permite el paso libre de la leche, y con sensores infrarrojos detectan las capas de la que están formado la leche, estas capas se analizan y permiten procesar: velocidad, duración, aceleración y densidad, analizando todo estos datos pueden obtenerse datos precisos del peso de la leche.

Figura 1.19 Medidor electrónico.



Fuente: DeLaval, 2013.

1.5.4 Vacuómetros.

Son instrumentos destinados a la medición de presiones por debajo de la presión atmosférica.

En lo que se refiere al aforamiento existen varias escalas. Tienen dos puntos o extremos fijos en su aforamiento; el cero, que es el punto de partida, o sea el punto atmosférico normal, y el máximo en donde por reglas generales de construcción de equipos de ordeño y además por salud del animal es de 48 kPa, los vacuómetros De Laval tienen una aguja fija de color rojo que marca 50 kPa esto es una advertencia la cual le permite al granjero observar en qué estado de vacío está el equipo.

Figura 1.20 Vacuometro.



Fuente: DeLaval, 2013.

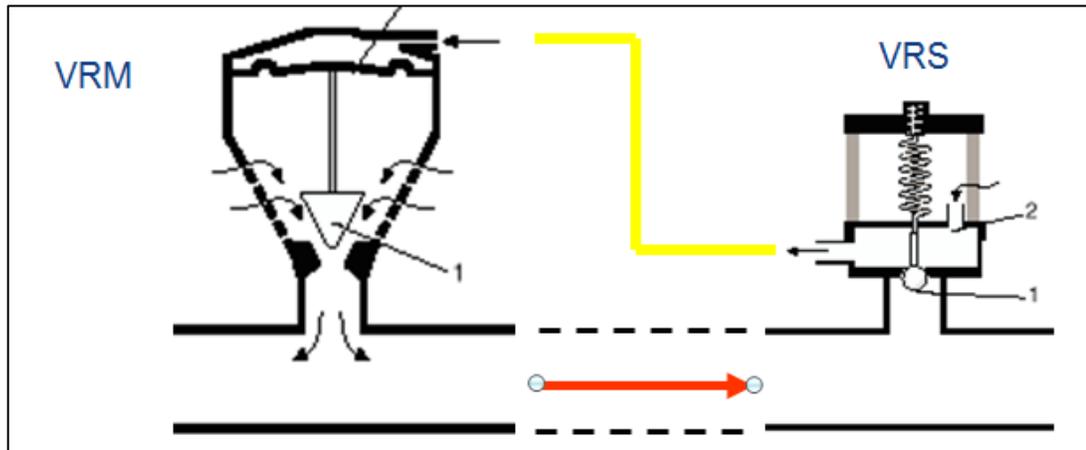
1.5.5 Reguladores de presión.

Los reguladores de presión permiten establecer un caudal de aire comprimido a una presión constante y ajustada al punto de trabajo independientemente de las fluctuaciones producidas en la red de distribución. (Carnicer, 1997)

La bomba de vacío extrae siempre el mismo caudal de aire, a un nivel de vacío determinado, independientemente de las variaciones que haya en el sistema. Como ya se ha visto, para que en cualquier circunstancia se mantenga el mismo nivel de vacío en la instalación de ordeño hay que disponer de un dispositivo de regulación. Este dispositivo recibe el nombre de regulador.

El principio de funcionamiento del regulador se muestra en la Figura 1.21; este dispositivo consta de dos componentes el regulador y el sensor de vacío, este último tiene un orificio conectado con el exterior (presión atmosférica), en el que se ajusta una válvula con un muelle o una combinación de pesos y membranas, cuyo movimiento puede cerrar la entrada de aire o dejarla abierta, parcial o totalmente dependiendo de la presión que se encuentre en el sistema y la calibración del mismo.

Figura 1.21 Regulador de vacío.



Fuente: DeLaval, 2013.

1.6 Salud animal.

1.6.1 Máquina de ordeño e instalaciones.

Una vaca sana producirá más leche y vivirá más tiempo, un equipo de ordeño calibrado y una buena rutina de ordeño tienen influencia directa en la salud del animal.

El equipo de ordeño es un factor que contribuye a la incidencia de mastitis, si no existe el vacío recomendado para el equipo, el sistema de pulsación no cumple los parámetros recomendados y las pezoneras están rotas, estos son factores primordiales en la contaminación de los cuartos de la ubre de la vaca.

Para evitar este tipo de enfermedades el equipo debe estar correctamente calibrado además de cumplir un plan de mantenimiento para que todos los componentes del equipo de ordeño cumplan los parámetros de diseño.

Tabla 1-3 Cronograma mantenimientos.

TABLA DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE ORDEÑO		
Mantenimiento	Tipo de trabajo	Tiempo de recambio
Unidad de ordeño	Cambio de pezoneras	6 meses o 2500 ordeños
	Cambio de profes	6 meses
	Cambio de kit colector	1 año
	Cambio de manguera de leche	1 año
	Cambio de manguera de pulsado	2 años
Bomba de vacío	Inspección y lavado	1000 horas / 6 meses
	Bandas	2000 horas / 1 año
	Mantenimiento completo	8000 horas / 4 años
Bomba de leche	Kit de la bomba de leche	4000 horas / 2 años
	Sello carbón	3 años
Regulador de vacío	Revisión y limpieza	1000 horas / 6 meses
	Mantenimiento completo	4000 horas / 2 años
Pulsadores y repetidoras	Limpieza, lavado y calibración	1000 horas / 6 meses
	Mantenimiento completo	4000 horas / 2 años
Tanque de enfriamiento	Mantenimiento completo	6 meses
	Cambio de empaque de válvula	1 año

Fuente: DeLaval, 2013

1.6.2 Mastitis.

Identificada como la principal enfermedad que afecta al ganado bovino de leche, la mastitis es la inflamación de la glándula mamaria ocasionada por factores físicos, químicos, mecánicos o en la mayoría de los casos por microorganismos que alteran el epitelio glandular. (Vidal, 2014)

Sotomayor Liliana (2011) describe que la enfermedad se divide en:

- Mastitis Clínica
 - Detectable a simple vista, ubre hinchada y vaca enferma
 - Leche anormal, grumos, cambio de color y consistencia
- Mastitis subclínica
 - Detectable por medio de pruebas en la leche, CMT y conteo de c. somáticas
 - Leche visiblemente normal
 - Conteo de células somáticas mayores a 200000

La mastitis es una de las principales enfermedades que se ocasionan por presiones inadecuadas en el equipo, además de no tener una buena rutina de ordeño y lavado.

CAPÍTULO II

2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1 Generalidades.

El siguiente capítulo se enfoca en dar a conocer las diferentes necesidades al momento de la selección de los componentes de un equipo de ordeño, de sus características técnicas, de las capacidades de funcionamiento y de la ubicación de los mismos, además de verificar diferentes alternativas para su construcción que van a estar directamente relacionadas con los costos, tamaño de la granja y número de animales.

2.2 Identificación de necesidades.

2.2.1 Bomba de vacío.

Para la comprobación de la bomba, el banco de pruebas se ve obligado a dotar de movimiento a diferentes velocidades de giro, puesto que las revoluciones por minuto varían conforme el tipo de bomba, es por ello que se necesita diseñar un sistema donde se pueda transmitir el giro de manera gradual para que este componente sea comprobado a la velocidad real de trabajo.

El correcto funcionamiento de la bomba se verá reflejado en el flujo que brinda su trabajo, es por ello que el banco necesita medir y recolectar datos del mismo para que mediante un ordenador se pueda obtener física y digitalmente los resultados de comprobación que garantice la fidelidad de los datos.

2.2.2 Pulsadores.

El movimiento de la pezonera necesita un pulso de vacío para masajear y ordeñar, este pulso es creado por el pulsador, dentro de la comprobación de estos componentes está el recolectar datos de las pulsaciones por minuto en el que opera este equipo dado que el rango de trabajo es importante para la salud del animal.

La extracción de la leche de la glándula mamaria se realiza de dos formas básicas: la forma natural que realiza el becerro y la artificial realizada por el humano ya sea de forma manual o mecánica.

2.2.3 Medidores proporcionales.

Estos componentes necesitan ser evaluados mediante un sistema de verificación que muestre la cantidad de fluido que éste medidor está aforando, los datos arrojados por el banco de pruebas determinarán si el medidor proporcional está cuantificando la cantidad de leche extraída de la vaca en el rango de operación para el cual fue diseñado.

2.2.4 Vacuómetros.

El último componente a verificar es el vacuómetro, éste demanda un método mediante el cual se pueda conocer si la medición que este equipo refleja durante la fase de ordeño es la correcta.

2.3 Requisitos a satisfacer.

Los principales problemas que se presentan en la instalación de un equipo de ordeño es el lugar donde van a estar dispuestos, la dificultad de acceso en las haciendas y la falta de equipos para poder realizar pruebas es la dificultad más grande.

Los elementos de un equipo de ordeño que tienen más dificultades son las bombas de vacío, pulsadores, medidores proporcionales, vacuómetros. Los cuáles serán los componentes que serán sometidos a sus respectivas evaluaciones.

Estos elementos son principales en el funcionamiento de los equipos de ordeño y es primordial que su rendimiento sea el adecuado, además para poder realizar mantenimientos es necesario disponer de herramientas que no pueden llevarse al lugar donde está el equipo.

La empresa Semagro S.A. con la ayuda del banco de pruebas va a satisfacer y eliminar estos problemas que se presentan en la instalación de los equipos.

El banco de pruebas tiene la finalidad de comprobar el funcionamiento y los parámetros de trabajo como flujo, presión, pulsaciones por minuto y volumen de leche extraída de la vaca, los flujos de las bombas de vacío necesitan ser comprobados según su rango de operación, dado que a medida que cambia la presión atmosférica del lugar donde van a ser instaladas afecta directamente a su rendimiento, es necesario comprobar su real comportamiento, el banco de pruebas comprobará a estos equipos hasta bombas que

trabajen con flujos de 1200 l/min, los datos que arroje el banco de pruebas necesitan ser obtenidos de forma digital y físicamente.

En la fase de ordeño los pulsadores hidroneumáticos necesitan trabajar en el orden de las 60 pulsaciones por minuto, rango que es primordial para el bienestar y salud de la vaca dado que si esta fuera de este rango afectará el pezón del animal que directamente están que en contacto con la pezonera del equipo, esta comprobación regulará la relación de ordeño masaje y pulsaciones de éstos componentes.

En cuanto a los medidores proporcionales es importante que estén correctamente calibrados puesto que son los indicadores que muestran el volumen de leche extraída de la vaca, éstos equipos suelen mostrar errores en sus mediciones por lo que es necesario que el banco compruebe su correcta calibración en cuanto a la cantidad que miden y la que en teoría deben mostrar.

Los vacuómetros son componentes del equipo de ordeño importantes a comprobar, y miden la presión de vacío en el proceso de ordeño, éstos al igual que los componentes anteriores son los que más errores presentan, es por ello que el banco necesita comprobar que la medición de presión que muestran estos elementos sea la acertada.

Con la construcción de un banco de pruebas para componentes de equipos de ordeño Semagro S.A. tendrá la garantía de que todos los componentes funcionarán en perfecto estado al momento de su instalación, además de contar con un equipo para poder realizar mantenimientos cuando lo requieran.

2.4 Alternativas para la solución.

2.4.1 Métodos para la regulación de RPM (Revoluciones por minuto).

En las pruebas de las bombas de vacío se mencionó la necesidad de transmitir el movimiento gradualmente puesto que no todas las bombas a comprobar trabajan a la misma velocidad de giro y es necesario diseñar un sistema mediante el cual el banco de pruebas este dotado de esta regulación de giro que satisfaga velocidad y potencia; además de ser un método económico y sencillo al momento de la instalación.

Un equipo accionado mediante un variador de velocidad emplea generalmente menor energía que si dicho equipo fuera activado a una velocidad fija constante. Las bombas en nuestro caso representan las aplicaciones más llamativas. Por ejemplo, cuando una bomba es impulsada por un motor que opera a velocidad fija, el flujo producido puede ser mayor al necesario. Para ello, el flujo podría regularse mediante una válvula de control dejando estable la velocidad de la bomba, pero resulta mucho más eficiente regular dicho flujo controlando la velocidad del motor, en lugar de restringirlo por medio de la válvula, ya que el motor no tendrá que consumir una energía no aprovechada.

- **Transmisión por poleas.**

La primera opción de diseño que se plantea es un sistema de relación de transmisión convencional mediante engranajes, poleas, ejes, etc.

La principal desventaja es que por medio de este sistema no se podrá tener un diferencial de velocidad muy corto, es decir que no se tendrá alta precisión en la velocidad de giro de salida.

Sería necesario diseñar la relación de transmisión de tal manera que brinde las revoluciones exactas que demandan las bombas a comprobar en el banco, pero ya que se van a probar a rangos normales de trabajo se toman medidas de las poleas que existen en el mercado.

Figura 2.1 Cono poleas.



Fuente: Aliexpress, 2013

- **Variadores eléctrico-electrónicos.**

Un sistema de variación de velocidad para el motor es por medio de un variador de frecuencia, se trata de dispositivos electrónicos que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de c.c. (corriente continua), y de c.a. (corriente alterna), los más utilizados son los motores trifásicos de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla), a estos elementos también se los denominan inversores (inverter) o variadores de velocidad.

Ventajas:

- Se consigue paradas y arranques suaves
- Protege al motor
- Mediante un bypass se puede variar la velocidad a varios motores

Desventajas:

- La programación instalación y mantenimiento deben ser realizadas por personal especializado
- Deben estar bien aislados de lo contrario afecta la red eléctrica
- Costo elevado

Figura 2.2 Variador de frecuencia MICROMASTER.



Fuente: Catalogo Siemens INASEL, 2013, pág. 2.

2.4.2 Control y medición de flujo y presión.

2.4.2.1 VPR100 DeLaval.

El comprobador de funcionamiento VPR100 del fabricante DeLaval es una pieza fundamental del equipamiento de ensayo. Está diseñado para la comprobación de la máquina de ordeño, realiza cálculos basados en el resultado de los ensayos que se toman de diferentes componentes del equipo de ordeño, transfiere los datos al ordenador personal para su análisis y almacenamiento además configura algunos componentes clave de las instalaciones de ordeño.

Figura 2.3 Comprobador de funcionamiento VPR100 De Laval.



Fuente: DeLaval, 2013.

- **Funcionalidad de operación:**

- Un diseño altamente resistente para gestión compleja.
- Alojamiento perfectamente sellado que protege al dispositivo de las condiciones ambientales de la granja.
- Interfaz basado con iconos fáciles de comprender.
- Gran pantalla LCD retro iluminada para una mayor claridad de las lecturas.
- Alarmas en pantalla para indicar cualquier lectura que se encuentre fuera de los parámetros fijados.
- Transferencia simple de datos al PC.
- Ligero y fácil de manejar y utilizar.

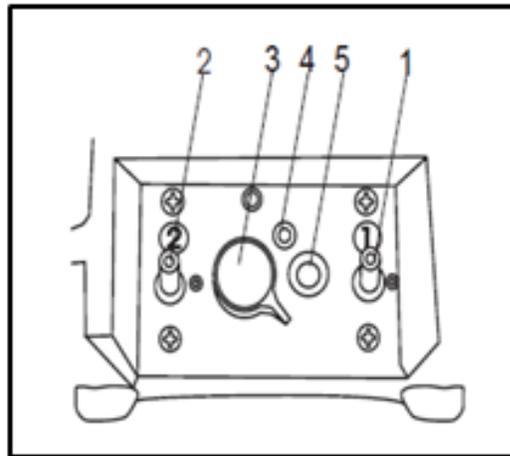
- Válvula de auto desagüe interno para evitar que el líquido penetre en los transductores de presión.

- **Puertos de conexión.**

EL VPR100 consta de diferentes puertos para las conexiones con el banco de pruebas, las cuales están destinadas para las diferentes pruebas.

Todas las conexiones del VPR100 se realizan en el lateral del instrumento, según se indica a continuación:

Figura 2.4 Puertos VPR 100.



Fuente: DeLaval, Comprobador de funcionamiento VPR100, 2013, pág. 6.

- 1 y 2 Puertos de vacío: se conectan a este punto la señal de vacío a medir
- 3, puerto de comunicación: conexión para impresora o PC
- 4, sensor de tacómetro: mide rpm
- 5, puerto de carga: para cargar la batería del VPR100

- **Especificaciones y rangos.**

Tabla 2-1 Especificaciones VPR100.

Pulsación	
Índice	40 a 200 CPM (Ciclos por minuto)
Inexactitud	menos de ± 1 CPM (Ciclos por minuto)
Proporción	± 10 mseg
Índice de muestra	1000 muestras/seg.
Presión	
Rango	+ 10 a -80 kPa
Inexactitud	± 0.6 kPa
Repetitividad	$\pm 0,3$ kPa
Resolución	0,1 kPa
Tacómetro	
Rango	0 - 10.000 RPM
Inexactitud	menos de 5 RPM
Resolución	1 RPM

Fuente: DeLaval, Comprobador de funcionamiento VPR100, 2013, pág. 9.

- **Performance manager PC100.**

El Performance Manager PC100 de DeLaval es un paquete de software para PC que se utiliza en conjunto con el comprobador de funcionamiento VPR100. Con estas dos herramientas es posible lo siguiente:

- Mantener un registro permanente de los datos correspondientes a los resultados de los ensayos desde el VPR100.

- Exportar los datos de ensayo a una hoja de cálculo para la impresión de los informes al cliente.
- Gestionar los datos de la granja o explotación y de los comprobadores
- Enviar los archivos de configuración del ensayo al VPR100.

Figura 2.5 VPR 100 conexión PC.



Fuente: DeLaval, Performance manager PC100, 2013, pág. 3.

2.4.2.2 Transmisor de presión VEGABAR 14.

El VEGABAR 14 es un transmisor de presión de uso universal para medición de gases, líquidos y vapores.

La parte principal de este transmisor de presión es la celda de medida, que transforma la presión aplicada en una señal eléctrica. Esa señal en función de la presión es evaluada por la electrónica integrada y convertida en una señal de salida normalizada. (VEGA)

Figura 2.6 Transmisor de presión VEGABAR 14.



Fuente: Vega, 2014.

- **Especificaciones.**

Tabla 2-2 Especificaciones VEGABAR 14.

Rangos de medición	-1 a +60bar/-100 a +6000kPa
Rango de medición mínimo	+0.1 bar/ +10kPa
Error de medición	< 0,3%
Conexión a proceso	Conexión de manómetro G ½ A, ½ NPT
Temperatura de proceso	-40... +100 °C, (-40...+212 °F)

Fuente: Vega, 2014.

2.4.2.3 Caudalímetro VA 40.

El caudalímetro VA40 es adecuado para mediciones de volumen de líquidos, gases y vapor de agua. El medidor de flujo está diseñado para instalarse en un tramo de tubería vertical con flujo de abajo a arriba. El caudal real puede leerse en el borde superior del flotador.

Figura 2.7 Caudalímetro VA40.



Fuente: KROHNE, 2014.

- **Especificaciones.**

Tabla 2-3 Especificaciones Caudalímetro VA40.

Máxima pérdida de presión	1mbar a 55mbar, 0,014psig a 0,80psig
Máxima presión de operación	7bar a 10bar, 102psig a 145psig
Temperatura media	-40 a 120 °C, -40 a 248 °F
Temperatura ambiente	-20 a 100 °C, -4 a 212 °F

Fuente: KROHNE, 2014.

2.4.2.4 Medidor de caudal tipo turbina.

El medidor de caudal opera bajo el principio de rueda de turbina. El líquido fluye primero a través de un elemento de flujo laminar para eliminar la turbulencia y llevar la corriente de flujo a la rueda de turbina. La turbina empieza entonces a rotar, este movimiento rotatorio es censado sin contacto por magnetos acoplado en la turbina y convertido a una señal de frecuencia. La frecuencia es proporcional a la velocidad del caudal.

Figura 2.8 Medidor de caudal tipo turbina.



Fuente: KOBOLD, 2014.

- **Especificaciones.**

Tabla 2-4 Especificaciones medidor de caudal tipo turbina.

Rango de caudal	2-40 L/min agua
Presión de operación máxima	200 bares
Temperatura máxima	80 °C
Rango de viscosidad	baja
Conexión	G $\frac{1}{2}$ rosca hembra/rosca macho, $\frac{3}{4}$ NPT rosca macho/ rosca hembra

Fuente: KOBOLD, 2014.

2.5 Matriz de solución.

Existen dos propuestas para solucionar las alternativas de control al diseño y por ende dos opciones a elegir.

Implementar sensores en cada punto de interés además de un PLC para poder comprobar los datos en un Computador o utilizar el VPR100 para la comprobación total de los componentes, y obtener un informe a través de este y del PC100.

Para decidir cuál de estos sistemas se utilizara se pone en consideración los siguientes puntos:

- Bajo costo
- Facilidad de Mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos
- Consumo de energía
- Seguridad en el área de trabajo
- Precisión del trabajo

Ponderando estos puntos (B=2; MB=4), los resultados se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 2-5 Ponderación de alternativas para solución de control.

Variable	Nivel de importancia	Sensores		VPR100	
Bajo costo	5	B	10	MB	20
Facilidad de mantenimiento	6	B	12	B	12
Disponibilidad de repuestos	8	B	16	B	16
Consumo de energía	10	B	20	MB	40
Seguridad en el área de trabajo	7	MB	28	MB	28
Precisión del trabajo	5	MB	20	B	10
Resultado			106		126

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Después de realizar la ponderación de datos se establece que la mejor opción para controlar y verificar datos en el banco de pruebas es el VPR100 por su costo y ahorro de energía.

Para controlar las revoluciones del banco de pruebas se pone a consideración los mismos puntos y valores de ponderación que en el caso anterior.

Tabla 2-6 Ponderación de alternativas para la solución de RPM.

Variable	Nivel de importancia	Variador mecánico (Cono polea)		Variador de frecuencia	
Bajo costo	5	MB	20	B	10
Facilidad de mantenimiento	6	MB	32	MB	32
Disponibilidad de repuestos	8	B	16	B	16
Consumo de energía	10	MB	40	B	20
Seguridad en el área de trabajo	7	B	14	MB	28
Precisión del trabajo	5	B	10	MB	20
Resultado			132		126

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Por lo tanto para la solución de RPM del motor y las bombas se considera un variador mecánico o cono polea por las características sobresalientes mostradas en la tabla anterior.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS

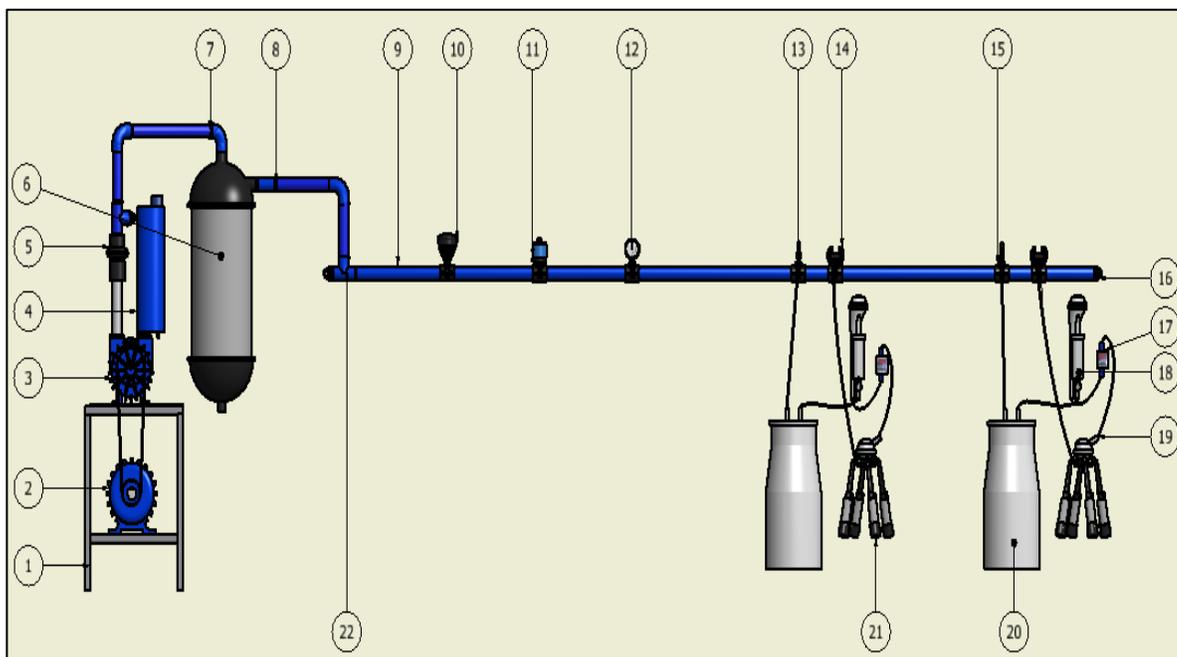
3.1 Generalidades

En el presente capítulo se realizarán los cálculos necesarios para el dimensionamiento de elementos y selección de los mismos así como la obtención de curvas características y puntos de operación de las bombas, los cuales satisfagan parámetros máximos y/o mínimos requeridos para el correcto funcionamiento del banco de pruebas, para que el mismo arroje resultados muy precisos o muy cercanos a ellos, es necesario dimensionarlo como si fuese un equipo de ordeño real.

3.2 Partes del banco de pruebas

El banco de pruebas propuesto para analizar los elementos de un equipo de ordeño de hasta 1200 l/min consta de las partes que se muestra en la Figura 3.1.

Figura 3.1 Diagrama banco de pruebas.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Las partes que conforman el banco de pruebas son:

Tabla 3-1 Partes del banco de pruebas.

#	Descripción	Unidades	Cantidad
1	Mesa metálica	u	1
2	Motor eléctrico WEG 5HP	u	1
3	Bomba de vacío BVP 1200 l/min	u	1
4	Modulo Escape	u	1
5	Válvula Anti retorno 50mm	u	1
6	CIV (Tanque de vacío)	u	1
7	Codo PVC Azul 50mm	u	3
8	Unión PVC Azul 50mm	u	1
9	Tubería PVC Azul 50mm	m	6
10	Regulador Servo 1500 VRM	u	1
11	Regulador Servo 1500 VRS	u	1
12	Vacuometro	u	1
13	Robinete	u	2
14	Pulsador HP101	u	2
15	Collarín 50mm	u	2
16	Tapón caucho 50mm	u	3
17	Medidor electrónico FI5	u	2
18	Medidor proporcional	u	2
19	Manguera de leche	m	5
20	Recipiente 40 l	u	2
21	Unidad ordeño STD12	u	2
22	Tee PVC Azul 50mm	u	2

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

3.3 Cálculo del caudal de la bomba de vacío

Para garantizar el correcto funcionamiento del banco de pruebas, es necesario obtener el flujo mínimo del sistema con el cual se pueda cubrir posibles cambios bruscos de caudal, producidos por caídas accidentales de las pezoneras en las unidades del equipo durante su funcionamiento, dichos incidentes ocasionarían una caída considerable en la presión y caudal.

Con la ayuda de las ecuaciones obtenidas de la Tabla 3.2, se obtendrá el flujo mínimo necesario para el correcto funcionamiento del sistema de vacío así como el necesario para cubrir posibles caídas bruscas de presión y caudal mencionadas anteriormente.

Tabla 3-2 Flujo de aire requerido para el ordeño.

N de Unidades	Máquinas de ordeño a conducción					Equipos al tarro				
	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
Consumo de aire (A) 40 l/min por unidad	80	120	160	200	240	40	80	120	160	200
Reserva Efectiva (B) $n=2-10 \rightarrow 200+30n$ $n>10 \rightarrow 500+10(n-10)$	260	290	320	350	380	105	130	155	180	205
Fugas del sistema de leche(C) $10+2n$	14	16	18	20	22	na	na	na	na	na
Pérdidas de regulación (D) (0,1/0,9)B	29	32	36	39	42	12	14	17	20	23
Fugas en línea de aire $5/95(A+B+C+D)$	20	24	28	32	36	8	12	15	19	23
Demanda total	403	482	562	641	720	165	236	308	379	450
DL Formula simplificada $n=2-10 \rightarrow 250+80n$ $n>10 \rightarrow 1050+55(n-10)$	410	490	570	650	730	166	237	308	379	450
Otros equipos Extra= $100+20n$	140	160	180	200	220					
Demanda total	550	650	750	850	950	166	237	308	379	450

Fuente: In Service, Dimensionamiento ISO, Instalaciones de ordeño para vacas

3.3.1 Pérdidas equipo de ordeño

Es necesario conocer las pérdidas de flujo en el sistema para poder obtener el flujo mínimo necesario, se considerarán 2 unidades de ordeño (puestos).

- **Consumo de Unidades (CU)**

Como indica la Tabla 3.2 este consumo de flujo depende directamente del número de puestos instalados en el banco

$$CU = 40 \frac{lt}{min} \cdot n \quad \text{Ec.3-1}$$

Donde:

CU= Consumo de unidades

n= Número de unidades

$$CU = 40 \frac{l}{min} \cdot 2$$

$$CU = 80 \frac{l}{min}$$

- **Reserva efectiva**

La reserva efectiva garantizará el flujo necesario para el correcto funcionamiento del sistema de ordeño en caso de variaciones bruscas de caudal producidas por posibles caídas de las pezoneras.

$$RE = 80 \frac{l}{min} + 25 \cdot n \quad \text{Ec.3-2}$$

Donde:

RE= Reserva efectiva

n= Número de unidades

$$RE = 80 \frac{l}{min} + 25(2)$$

$$RE = 130 \frac{l}{min}$$

- **Pérdidas en el sistema de leche**

No aplica dado que el sistema diseñado no contiene una línea de extracción para la leche.

- **Pérdidas de regulación**

Las pérdidas por regulación son el 11% de la reserva efectiva o 35 l/min, esta cantidad es la que requiere el Regulador de vacío para su funcionamiento.

$$PR = \frac{0,1}{0,9} \cdot RE \quad \text{Ec.3-3}$$

Donde:

PR= Pérdidas de regulación

RE= Reserva efectiva

$$PR = \frac{0,1}{0,9} \cdot 130 \frac{l}{min}$$

$$PR = 14,44 \frac{l}{min}$$

- **Fugas en línea de aire**

Las fugas en la línea de aire son pérdidas de flujo por posibles fugas en el sistema de vacío.

$$FLA = \frac{5}{95} (CU + RE + PR) \quad \text{Ec.3-4}$$

Donde:

FLA= Fugas en línea de aire

CU= Consumo de unidades

PR= Pérdidas de regulación

RE= Reserva efectiva

$$FLA = \frac{5}{95} (80 + 130 + 14,44) \frac{l}{min}$$

$$FLA = 11,81 \frac{l}{min}$$

- **Demanda total de vacío**

La demanda total de vacío es la suma de todas las pérdidas de flujo obtenidas anteriormente.

$$DT = CU + PR + RE + FLA \quad \text{Ec.3-5}$$

Donde:

DT= Demanda total de vacío

FLA= Fugas en línea de aire

CU= Consumo de unidades

PR= Pérdidas de regulación

RE= Reserva efectiva

$$DT = (80 + 14,44 + 130 + 11,81) \frac{l}{min}$$

$$DT = 236,25 \frac{l}{min}$$

3.3.2 Capacidad real bombas de vacío

Una vez encontrada la demanda total de flujo, se selecciona una bomba que cubra con esta necesidad, dentro de los modelos a comprobar, la bomba seleccionada es la modelo BVP 300 que en teoría trabaja a 300 (l/min), pero debido a que la altura geográfica afecta con el rendimiento de las bombas, este flujo teórico disminuirá al ser instalada en Quito, la Tabla 3.3 nos indica el factor de corrección el cual nos ayudará a conocer un valor de flujo más real.

Tabla 3-3 Factores de corrección para bombas BVP vs nivel de vacío y presión atmosférica.

Altitud (m)	Presión atmosférica estándar (kPa)	Factor de corrección H		
		40 kPa	45 kPa	50 kPa
<300	100	0,80	0,89	1,00
desde 300 a 700	95	0,84	0,94	1,07
desde 700 a 1200	90	0,88	1,00	1,16
desde 1200 a 1700	85	0,93	1,08	1,28
desde 1700 a 2200	80	1,00	1,19	1,45
desde 2200 a 2800	72	1,11	1,36	1,65
desde 2800 a 3300	53	1,37	1,76	2,10

Fuente: In Service, Dimensionamiento ISO, instalaciones de ordeño para vacas

Tomando la altura de la zona que en donde se va a instalar el banco de pruebas se tiene:

Altura de Quito= 2800 msnm

Factor de corrección= 1,65

Dividiendo los flujos ideales de los diferentes modelos de bombas a comprobar por el factor de corrección (1,65) se obtienen los siguientes valores:

Tabla 3-4 Capacidad de bombas a diferente altura geográfica.

Capacidad de bomba (l/min)	Flujo real (l/min)	
	0 (msnm)	2800 (msnm)
BVP300	300	181
BVP500	510	309
BVP900	900	545
BVP1200	1200	727

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Para el flujo que demanda el sistema, si se considera que operara a nivel de la ciudad de Quito, la bomba BVP500 cubriría el caudal de diseño y no la BVP 300, la presente tesis tiene como objetivo el análisis de las 4 bombas de vacío mencionadas anteriormente, el dimensionamiento general del equipo debe realizarse con la bomba de vacío que genere el máximo caudal por lo que se utilizara la bomba BVP1200, ya que su rendimiento debe ser comprobada en el banco de pruebas y su flujo ideal cubre con el que demanda el sistema.

3.4 Cálculo de diámetro de la tubería

Una vez calculado el flujo y seleccionada la bomba, se debe dimensionar el diámetro de la línea de vacío, para ello se plantean las siguientes condiciones y parámetros de diseño:

- **Condiciones del aire en la ciudad de Quito, (2800 msnm)**

Temperatura=20 °C

Densidad del aire $\rho=1,204 \frac{Kg}{m^3}$

Viscosidad cinemática $\nu=1,51 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$

- **Parámetros de diseño**

Caudal $Q=1200 \frac{l}{min}$ (Capacidad bomba BVP1200)

Presión de diseño $P=50$ kPa (Presión basada en normas de diseño para equipos de ordeño)

ΔP máx.=2 kPa; (Presión de vacío)

Velocidad $V \leq 10 \frac{m}{s}$; (Velocidad del flujo en la línea de vacío)

3.4.1 Cálculo de diámetro en tramo 1

El primer tramo consta de las siguientes partes:

Tabla 3-5 Partes tramo 1.

Accesorios de Tubería	Unidades	Cantidad
Tubería PVC Azul	m	2,18
Codo PVC Azul	u	2
Tapón caucho	u	1
Válvula antiretorno	u	1
Tubería HG	m	0,3
Tee PVC Azul	u	1

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Mott (2006) recomienda que para el dimensionamiento del tramo 1 como se muestra en la Figura 3.2 se diseñará con los siguientes parámetros:

- **Condiciones de la tubería**

Rugosidad $e=3,0 \times 10^{-7}$ m (Tubería PVC)

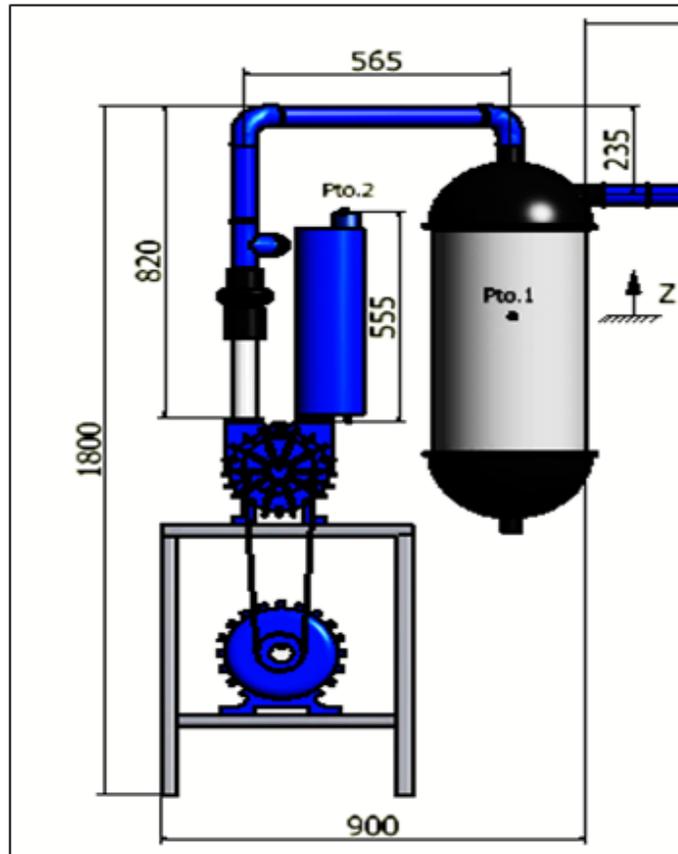
Diámetro $D_1=30$ mm (Diámetro interno, estimado para los dos tramos)

Longitud real $l_1=2,18$ m

Longitud diseño $L_1=2,61$ m (incluye 20% longitud de l_1)

Diámetro $D_1=30$ mm =0,03 m (estimado)

Figura 3.2 Diagrama tramo 1.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Debido a que el método a utilizar para el dimensionamiento de la tubería de vacío requiere conocer el diámetro interno de la tubería (ecuación de Darcy), se utilizarán valores estimados del diámetro hasta encontrar uno, el cual satisfaga necesidades del sistema como variación de presión y velocidad de flujo, parámetros a cumplir para el correcto funcionamiento del sistema, para ejemplificar el proceso en el cálculo, se utilizará el diámetro estimado anteriormente, y se comprobará si cumple con los requisitos de diseño.

- **Comprobación de parámetros a cumplir con el Diámetro $D_1=30$ mm**

$$Q = 1200 \frac{l}{min} = 0,02 \frac{m^3}{s}$$

$$A = \pi r^2 = \pi (15mm)^2 = 706,86mm^2 = 7,06 \times 10^{-4} m^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,02 \frac{m^3}{s}}{7,06 \times 10^{-4} m^2} = 28,33 \frac{m}{s}$$

- **Cálculo de número de Reynolds**

$$R_e = \frac{DV}{\nu} \quad \text{Ec.3-6}$$

Donde:

D=Diámetro interno de la tubería (m)= D_1

V=Velocidad del fluido ($\frac{m}{s}$)

ν = Viscosidad cinemática ($\frac{m^2}{s}$)

$$R_e = \frac{D_1 V}{\nu}$$

$$R_e = \frac{(0,03m)(28,33 \frac{m}{s})}{1,51 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}}$$

$$R_e = 56284,77$$

$$R_e > 4000$$

Por lo tanto el régimen de flujo es turbulento para lo cual se utiliza la siguiente fórmula para hallar el factor de fricción f.

$$f = \frac{0,25}{\left\{ \log \left[\frac{1}{3,7 \left(\frac{D}{\epsilon} \right) + \frac{5,74}{R_e^{0,9}}} \right] \right\}^2} \quad \text{Ec.3-7}$$

Donde:

D = Diámetro interno de la tubería (m) = D_1

ϵ = Rugosidad (m)

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left[\frac{1}{3,7 \left(\frac{0,03m}{3,0 \times 10^{-7}} \right)} + \frac{5,74}{56284,77^{0,9}} \right] \right)^2}$$
$$f = 0,020$$

- **Cálculo de pérdidas mayores**

En este análisis influye directamente la longitud de tubería del tramo1 y se calcula por la siguiente ecuación:

$$H_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad \text{Ec.3-8}$$

Donde:

f = Factor de fricción

L = Longitud diseño (m)

D = Diámetro interno de la tubería (m) = D_1

V = Velocidad $\left(\frac{m}{s} \right)$

g = Gravedad $\left(\frac{m}{s^2} \right)$

$$H_L = 0,020 \left(\frac{2,61 m}{0,03m} \right) \left(\frac{(28,33 \frac{m}{s})^2}{2(9,8 \frac{m}{s^2})} \right)$$

$$H_L = 71,25 \text{ m}$$

- **Cálculo de variación de presión**

Para la obtención de las pérdidas mayores en kPa se aplica la siguiente ecuación:

$$\Delta P = h_L \cdot \rho \cdot g \quad \text{Ec.3-9}$$

Donde:

h_L = Pérdidas mayores

ρ = Densidad ($\frac{Kg}{m^3}$)

g = Gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

$$\Delta P = (71,25m) \left(1,204 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$\Delta P = 840,98 Pa = 0,84 kPa$$

Analizando los resultados obtenidos con el diámetro de 30(mm) encontramos que la variación de presión cumple con los requerimientos de diseño pero la velocidad no, para encontrar el diámetro que cumpla con estos parámetros es necesario realizar una serie de cálculos estimando diferentes valores de diámetro, los cuales demandarían demasiado tiempo, para simplificar este proceso se ha realizado una hoja de cálculo en Excel el cual nos ayudará a encontrar el diámetro de manera más rápida y precisa.

Comprobando los resultados obtenidos anteriormente con la ayuda de la hoja de cálculo se obtiene:

Tabla 3-6 Hoja de cálculo para pérdidas en sistema.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR INGRESO DE DATOS			
DATOS GENERALES		DATOS DE AIRE	
Q: CAUDAL DE DISEÑO [l/min]	1200	TEMPERATURA DE AIRE [°C]	20
DIÁMETRO INT. DE TUBERÍA [mm]	50	ρ : DENSIDAD [Kg/m ³]	1
E: RUGOSIDAD TUBERÍA [m]	0,0000003	ν : VISCOSIDAD CINEMATICA [m ² /s]	0,0000151
LONGITUD DE TUBERÍA [m]	2,61	PRESIÓN DE DISEÑO [Kpa]	50
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR RESULTADOS			
VELOCIDAD [m/s]	10,19	f	0,023
NÚMERO DE REYNOLDS	33726,772	H: PERDIDAS MAYORES [m]	6,29
D/E	166666,67		
Δ : PÉRDIDA DE PRESIÓN [KPa]	0,07		
PRESION DE DISEÑO -PERDIDA DE PRESIÓN [Kpa]	49,93		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Como muestra la Tabla 3.6 se comprueban los resultados obtenidos anteriormente con diámetro 30 (mm).

Luego de una serie de cálculos, estimamos el valor de diámetro de 50,5 (mm) con el cual la hoja arrojó los siguientes resultados:

Tabla 3-7 Resultados tramo 1 con diámetro de 50,5mm.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR RESULTADOS			
VELOCIDAD [m/s]	9,98	f	0,023
NÚMERO DE REYNOLDS	33392,843	H: PERDIDAS MAYORES [m]	11,26
D/E	168333,33		
Δ : PÉRDIDA DE PRESIÓN [KPa]	0,13		
PRESION DE DISEÑO -PERDIDA DE PRESIÓN [Kpa]	49,87		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Con el diámetro de 50,5 mm se satisfacen los parámetros del diseño tanto de velocidad como variación de presión, como esta medida de tubería no esta disponible comercialmente se recurre a la mas cercana que es 50mm, se realiza la verificación de resultados con este diámetro, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 3-8 Resultados tramo 1 con diámetro de 50mm.

 RESULTADOS			
VELOCIDAD [m/s]	10,19	f	0,023
NÚMERO DE REYNOLDS	33726,8	H: PERDIDAS MAYORES [m]	6,29
D/ε	166667		
Δ: PÉRDIDA DE PRESIÓN [KPa]	0,07		
PRESION DE DISEÑO -PERDIDA DE PRESIÓN [Kpa]	49,93		

Los valores arrojados por la hoja de cálculo satisfacen los parámetros de diseño en cuanto a la variación de presión requerida, mas no de velocidad, al tener ésta un error de 0,19 m/s por encima del valor recomendado, se puede considerar despreciable, adicionalmente se selecciona este diámetro debido a que comercialmente la empresa DeLaval distribuye esta tubería con el diámetro mencionado.

Recurriendo a fuentes de consulta (Bou-Matic Guidelines) para comprobar los resultados obtenidos, la tabla que se muestra a continuación recomienda:

Tabla 3-9 Diámetro de tubería considerando la longitud.

Capacidad de bomba		Diámetro interior de la tubería de aire considerando la longitud de la línea en metros(m) y pies (ft)								
l/min	ft ³ /min	5m	10ft	15m	20ft	20m	40ft	25m	60ft	80ft
		mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	Pul
1500	50	50	2	75	2	75	3	75	3	3
2000	60	75	2	75	3	75	3	75	3	3
3000	70	75	3	75	3	75	3	75	3	3
4000	100	75	3	100	3	100	3	100	3	3
5500	150	100	3	100	4	100	4	100	4	4

Fuente: Bou-Matic Guidelines, 1994

Dado que la longitud de diseño es 2,61 m y el flujo máximo en el sistema es de 1200 l/min según la Tabla 3.9 se debe utilizar una tubería de diámetro 50 mm el cual corrobora los cálculos realizados y parámetros de diseño utilizados, con lo que se selecciona la tubería de diámetro interno de 50 mm.

3.4.2 Cálculo de diámetro en tramo 2.

El segundo tramo consta de las siguientes partes:

Tabla 3-10 Partes tramo 2.

Accesorios de Tubería	Unidades	Cantidad
Tubería PVC Azul	m	4,08
Codo PVC Azul	u	1
Tapón caucho	u	2
Unión PVC Azul	u	1
Tee PVC Azul	u	1

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Para el dimensionamiento del tramo 2 como se muestra en la Figura 3.3 se utilizará el método anterior y con los siguientes parámetros:

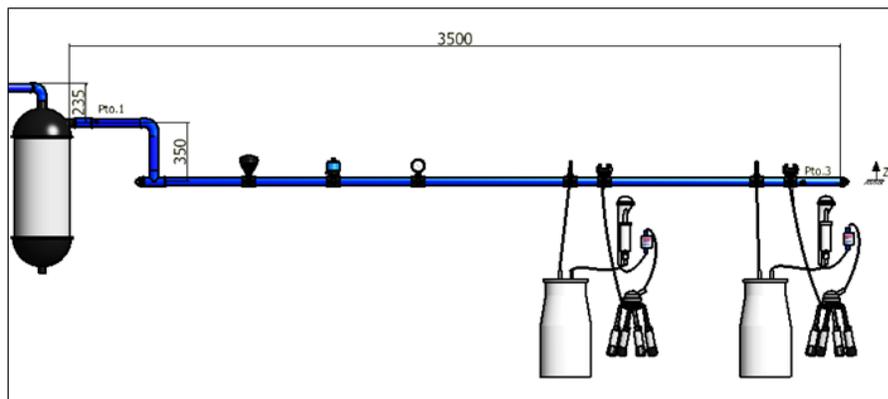
- **Condiciones de la tubería.**

Rugosidad $\epsilon=3,0 \times 10^{-7}$ (m)

Longitud real $l_2 = 4,08$ (m)

Longitud diseño $L_2 = 4,90$ (m) (incluye 20% longitud de l_2)

Figura 3.3 Diagrama tramo 2.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Variando el diámetro de tubería hasta encontrar el valor que satisfaga los parámetros de diseño, se encuentra que el diámetro de 50 mm cumple con las condiciones de variación de presión y velocidad.

Tabla 3-11 Resultados tramo 2 con diámetro 50mm.

 RESULTADOS			
VELOCIDAD [m/s]	10,19	f	0,023
NÚMERO DE REYNOLDS	33726,772	H: PERDIDAS MAYORES [m]	11,80
D/E	166666,67		
Δ: PÉRDIDA DE PRESIÓN [KPa]	0,14		
PRESION DE DISEÑO -PERDIDA DE PRESIÓN [Kpa]	49,86		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Por lo tanto en la Tabla 3.11 se comprueba que el diámetro interior de tubería para el tramo 2 es 50 mm.

3.5 Curva del sistema

Para obtener la curva del sistema es necesario realizar una serie de iteraciones con las cuales nos permitan encontrar una curva Q (Caudal) vs P (Presión), mediante la hoja de cálculo que permitió encontrar el diámetro de la tubería variaremos el caudal para obtener nuevos valores de presión y de esta manera encontrar la curva que refleja el comportamiento del sistema.

Planteando la ecuación de Bernoulli en el tramo 1 como muestra la Figura 3.2, donde el sentido de flujo es: 2 ← 1

$$h_a + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L \quad \text{Ec.3-10}$$

Donde:

$P_1=50$ (kPa) (vacío)

$z_1= 0$ (m) (punto de referencia)

$$V_1 = 0 \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$P_2 = 0 \text{ (kPa) (atmosférica)}$$

$$z_2 = 0 \text{ (m) (altura despreciable)}$$

$$h_a = \text{cabeza de la bomba}$$

$$h_L = \text{pérdidas mayores por fricción}$$

$$\gamma = 11,81 \left(\frac{N}{m^3}\right)$$

$$h_a = -\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

$$h_a = -\frac{-50000 \frac{N}{m^2}}{11,81 \frac{N}{m^3}} + \frac{\left(10,19 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,8 \frac{m}{s}\right)} + 6,29m$$

$$h_a = 4245,55 \text{ (m)}$$

Reemplazando

$$P = \gamma \cdot h_a \quad \text{Ec.3-11}$$

$$P = 4245,55 \text{ m} \left(11,81 \frac{N}{m^3}\right)$$

$$P = 50144,40 \text{ (Pa)} = 50,14 \text{ (kPa)}$$

Variando los valores de caudal se obtienen nuevos valores de velocidad con lo que el resultado de la Ec.3-10 cambia, de esta manera se obtienen nuevos valores de presión, con estos se puede graficar la curva del sistema diseñado, la Tabla 3.12 que se muestra a continuación detalla los nuevos valores obtenidos de caudal y presión.

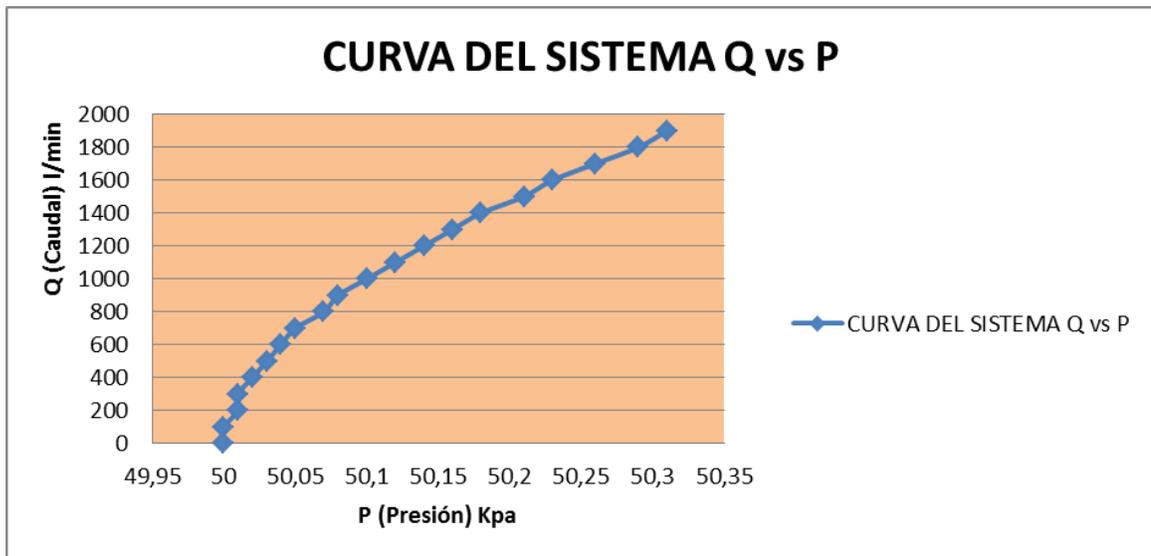
Tabla 3-12 Variación de caudal vs presión.

Q(l/min)	P(kpa)
1900	50,31
1800	50,29
1700	50,26
1600	50,23
1500	50,21
1400	50,18
1300	50,16
1200	50,14
1100	50,12
1000	50,1
900	50,08
800	50,07
700	50,05
600	50,04
500	50,03
400	50,02
300	50,01
200	50,01
100	50
0	50

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

La Figura 3.4 muestra la curva obtenida con los valores anteriores.

Figura 3.4 Curva del sistema Caudal vs Presión.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

3.6 Curvas características.

Para encontrar las curvas características de cada modelo de bomba a comprobar, se recurre a los datos mostrados en las tablas siguientes en las cuales el caudal de cada tipo de bomba varía conforme su presión atmosférica cambia, con estos valores se realizarán las curvas características de cada bomba, a continuación se detallan los valores:

Tabla 3-13 Selección de bomba BVP a menos de 300 msnm.

Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 100kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar < 300m					
	kPa	42	44	46	48	50
BVP300	350	340	330	310	300	290
BVP500	600	580	550	530	510	490
BVP900	1060	1020	980	940	900	860
BVP1200	1530	1480	1410	1350	1300	1250

Fuente: DeLaval, 2013.

Tabla 3-14 Selección de bomba BVP desde 300 a 700 msnm.

Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 95kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar, desde 300 m hasta 700 m					
kPa	42	44	46	48	50	52
BVP300	340	320	310	300	280	260
BVP500	570	550	530	500	480	460
BVP900	1010	970	930	890	850	810
BVP1200	1460	1400	1340	1290	1230	1170

Fuente: DeLaval, 2013.

Tabla 3-15 Selección de bomba BVP desde 900 a 1400 msnm.

Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 90kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar, desde 900 m hasta 1400 m					
kPa	42	44	46	48	50	52
BVP300	320	310	290	280	260	240
BVP500	550	520	500	470	450	430
BVP900	970	920	880	830	790	750
BVP1200	1400	1330	1270	1200	1140	1080

Fuente: DeLaval, 2013.

Tabla 3-16 Selección de bomba BVP desde 1400 a 1900 msnm.

Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 85kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar, desde 1400 m hasta 1900 m					
kPa	42	44	46	48	50	52
BVP300	300	290	270	260	240	220
BVP500	510	490	460	440	410	380
BVP900	910	860	820	780	730	680
BVP1200	1310	2400	2270	2150	2020	980

Fuente: DeLaval, 2013.

Tabla 3-17 Selección de bomba BVP desde 1900 a 2400 msnm.

Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 80kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar, desde 1900 m hasta 2400 m					
kPa	42	44	46	48	50	52
BVP300	280	270	250	230	220	210
BVP500	480	450	430	400	370	340
BVP900	850	800	760	700	660	620
BVP1200	1230	1160	1090	1020	950	880

Fuente: DeLaval, 2013.

Tabla 3-18 Selección de bomba BVP desde 2400 a 2800 msnm.

Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 72kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar, desde 2400 a 2800msnm					
kPa	42	44	46	48	50	52
BVP300	248	238	218	208	188	168
BVP500	406	412	356	362	306	250
BVP900	826	740	700	614	574	534
BVP1200	1184	1078	1018	876	816	756

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 3-19 Selección de bomba BVP desde 2800 a 3300

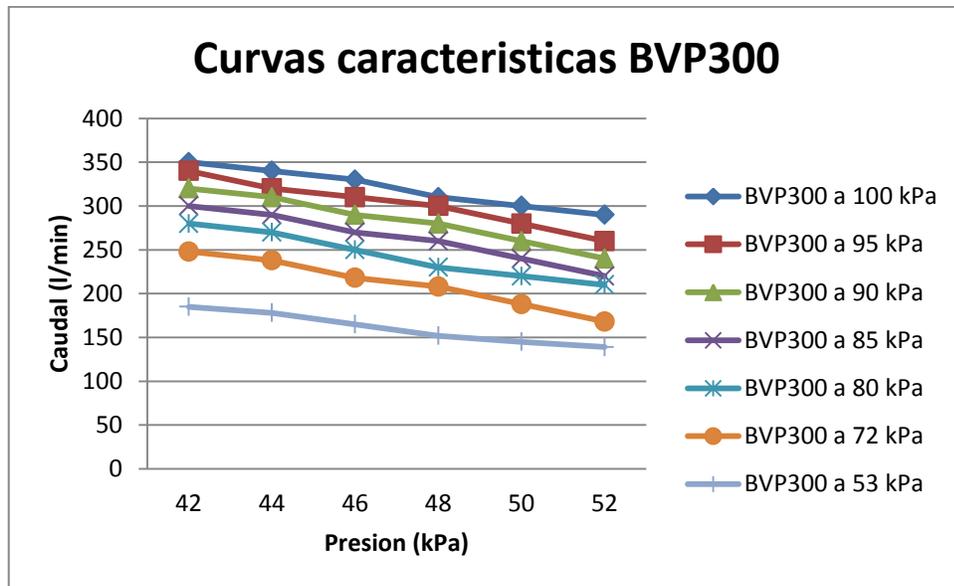
Tipo de bomba de vacío	Presión atmosférica ambiental 53kPa					
	Capacidad de la bomba de vacío, l/min, a nivel del mar, desde 2800 a 3300msnm					
kPa	42	44	46	48	50	52
BVP300	185	178	165	152	145	139
BVP500	318	298	284	265	245	225
BVP900	563	530	503	463	437	410
BVP1200	815	768	722	675	629	583

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Las siguientes graficas muestran las curvas obtenidas con los valores del fabricante para diversas presiones atmosféricas dependiendo de la altura, los datos fueron obtenidos de las tablas anteriores:

- **Curva característica de la bomba modelo BVP 300 (300 l/min).**

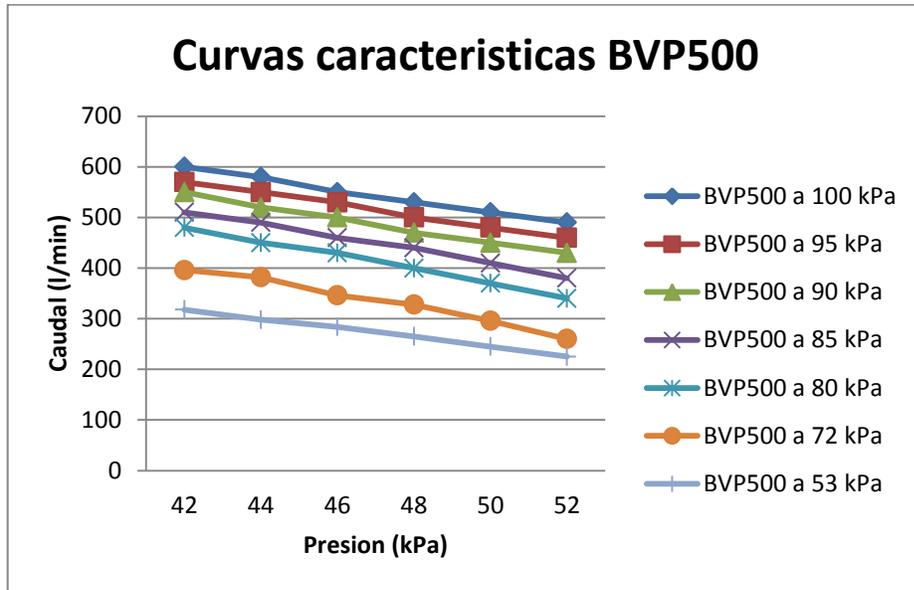
Figura 3.5 Curvas características BVP300 a diferente presión atmosférica.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- Curva característica de la bomba modelo BVP 500 (500 l/min).

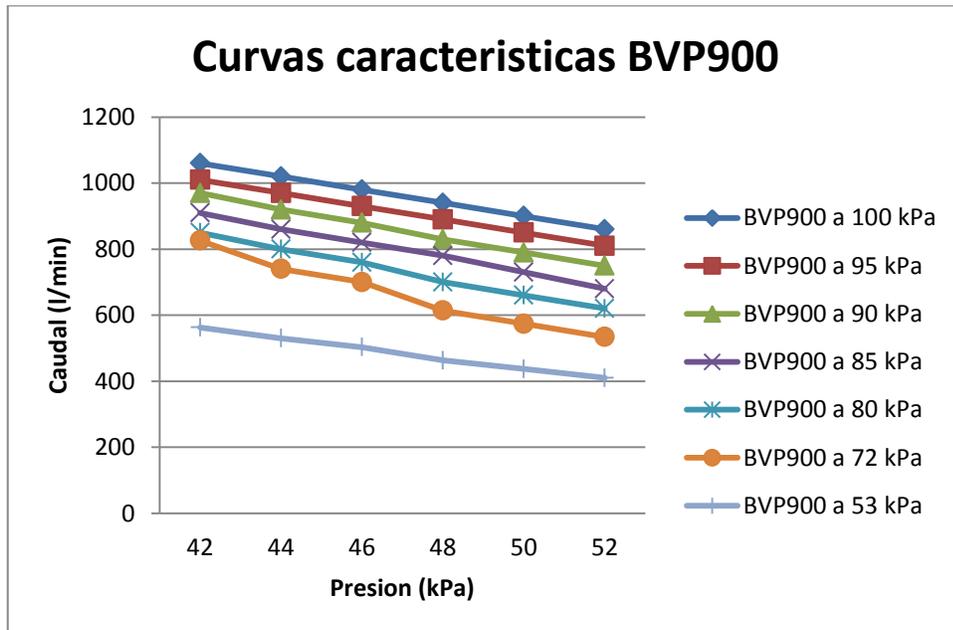
Figura 3.6 Curvas características BVP500 a diferente presión atmosférica.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- Curva característica de la bomba modelo BVP 900 (900 l/min).

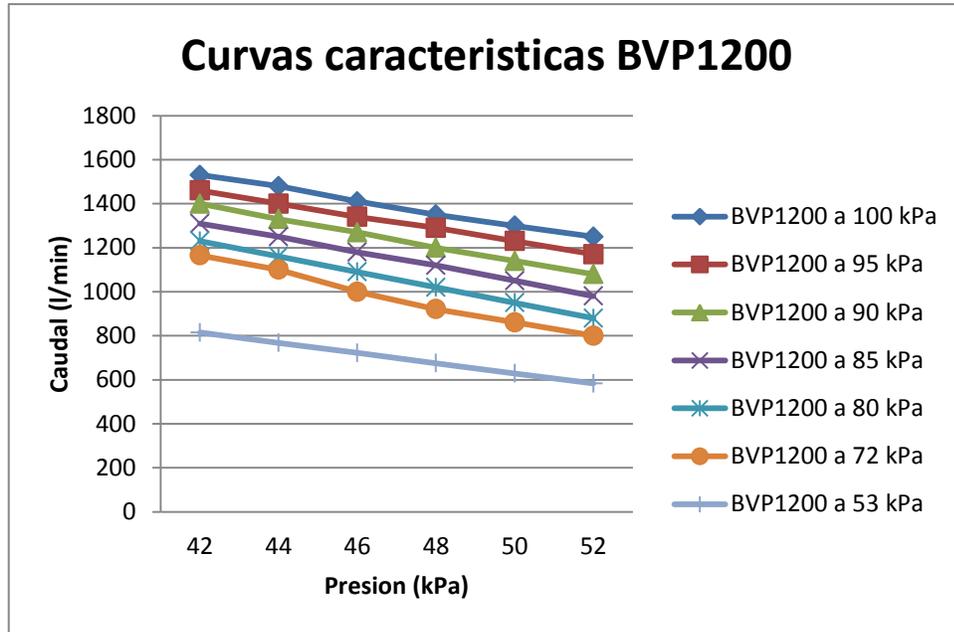
Figura 3.7 Curvas características BVP900 a diferente presión atmosférica.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- Curva característica de la bomba modelo BVP 1200 (1200 l/min).

Figura 3.8 Curvas características BVP 1200 a diferente presión atmosférica.



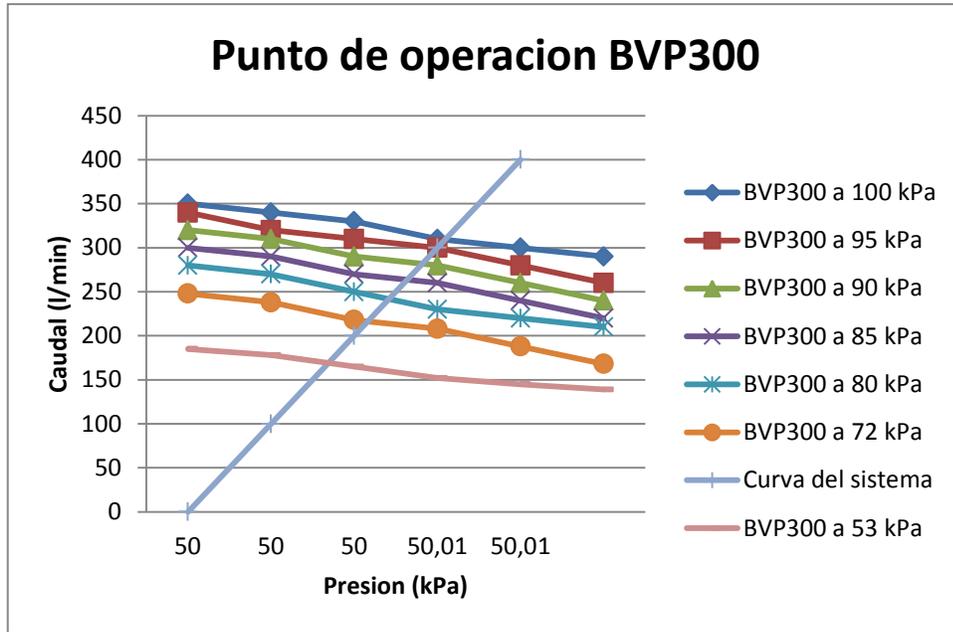
Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

3.7 Punto de operación.

Para encontrar el punto de operación del sistema se superpone la curva del sistema encontrada en la Figura 3.4 con las curvas características de las bombas, las cuales se han prolongado ligeramente hasta el punto de cruce con la curva del sistema, el punto que se obtiene al cruzar las curvas determina el punto en el cual trabaja la bomba, este procedimiento se realiza para todos los modelos de bombas y se presentan a continuación:

- Punto de operación bomba BVP 300.

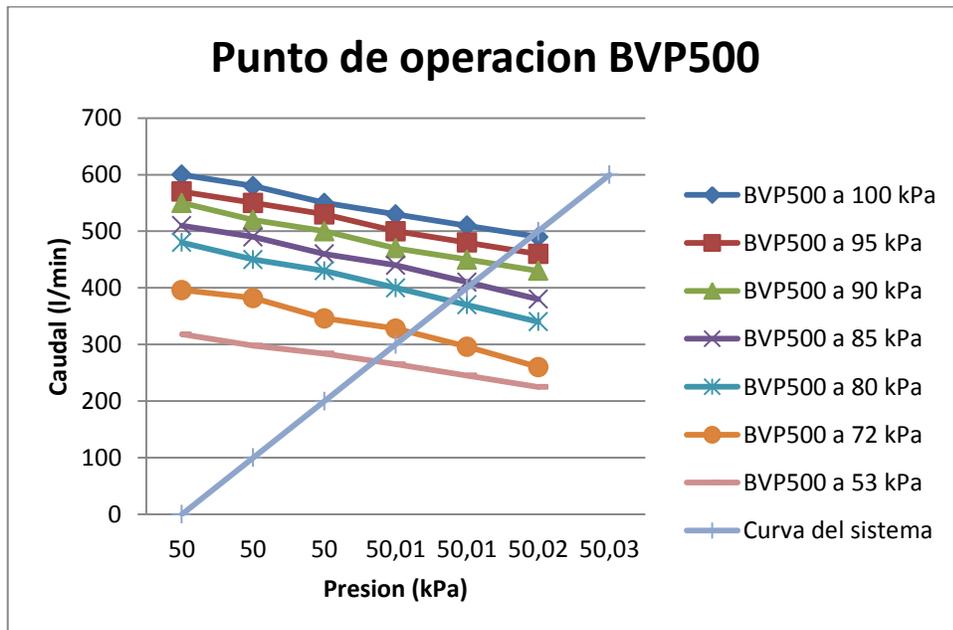
Figura 3.9 Punto de operación BVP300.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- Punto de operación bomba BVP 500.

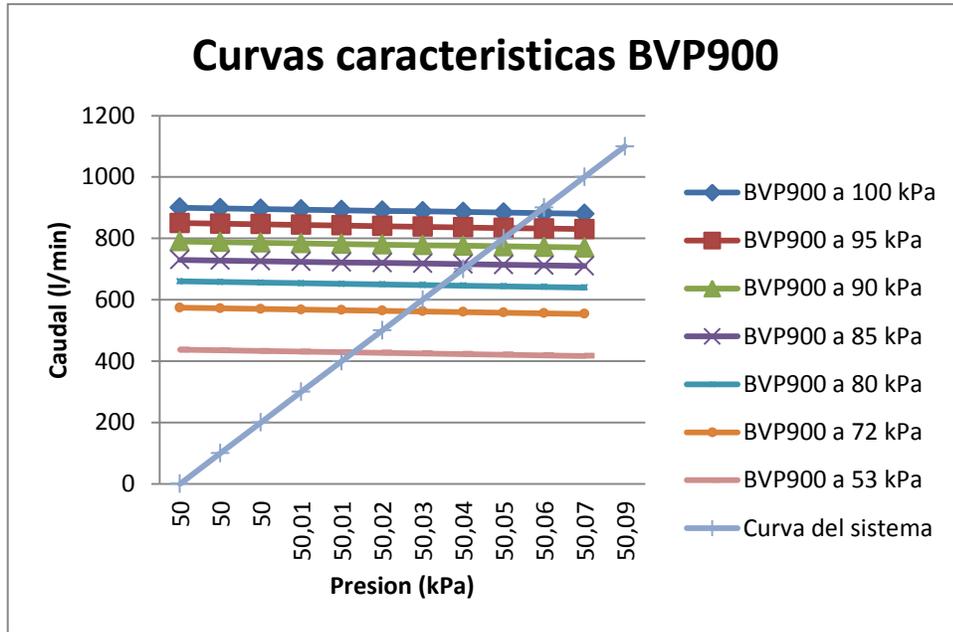
Figura 3.10 Punto de operación BVP500.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- Punto de operación bomba BVP 900.

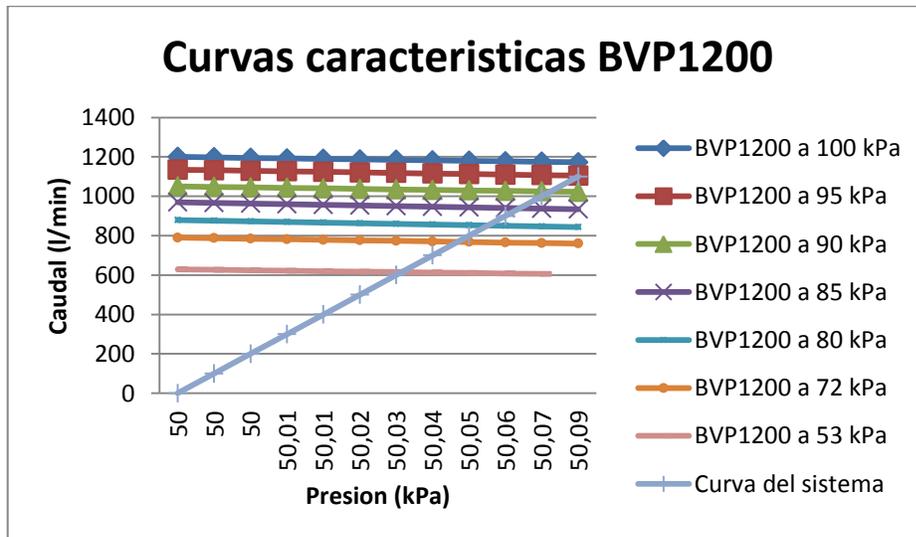
Figura 3.11 Punto de operación BVP 900.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- Punto de operación bomba BVP 1200.

Figura 3.12 Punto de operación BVP1200.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

3.8 Selección del motor eléctrico.

El banco de pruebas tiene el alcance de una bomba BVP1200 y para su funcionamiento el fabricante solicita un motor de 5HP, con esto lograríamos la potencia requerida. Dado que este motor ofrece la mayor potencia, se utilizará para comprobar todos los modelos de bombas, para esto se utilizará el debido arreglo de poleas para transmitir el movimiento.

Figura 3.13 Motor eléctrico 5HP.



Fuente: WEG, 2014.

3.8.1 Características del motor.

Las características que se necesita en el banco de pruebas más destacables son la potencia y revoluciones por minuto que el motor proporcione.

Para este caso la potencia sería la máxima para poder accionar la bomba de vacío mayor, y las revoluciones serían variables, ya que se usará un variador de frecuencia mecánico (Cono polea).

Tabla 3-20 Placa motor eléctrico.

Características del motor eléctrico	
HP(KW)	5,00 (3,70)
V	220/440
A	22,00/11,00
Hz	60
RPM	1745

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

3.8.2 Selección de poleas.

Cada bomba de vacío trabaja con un juego de poleas diferentes, para así obtener las revoluciones recomendadas por el fabricante, ya que el motor va a funcionar con un variador mecánico los diámetros de las poleas del motor y las bombas, son seleccionadas directamente de la siguiente tabla.

Tabla 3-21 Dimensionamiento de poleas.

Bomba de vacío	Diámetro polea bomba (In)	Diámetro polea motor (In)	RPM (motor)	RPM (bomba)
BVP300	5	5	1750	1750
BVP500	5,5	4	1750	1250
BVP900	6	4	1750	1100
BVP1200	8	6	1750	1320

Fuente: Tablas selección de bombas De Laval.

3.8.3 Cálculo de correas y poleas para la transmisión de movimiento.

Para transmitir el movimiento del motor a la bomba de vacío es necesario dimensionar sus poleas, con el cálculo que se realizará a continuación se comprobarán los diámetros recomendados por el fabricante y se dimensionará la correa para su posterior selección.

Calero (1999), recomienda seguir el siguiente método de cálculo

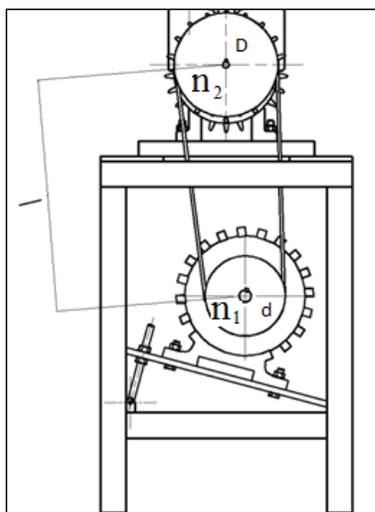
- Parámetros de diseño:

$$n_1 = 1750 \frac{rev}{min} \text{ (revoluciones del motor)}$$

$$n_2 = 1320 \frac{rev}{min} \text{ (revoluciones de la bomba)}$$

$$P = 5HP \text{ (Potencia motor)}$$

Figura 3.14 Distancia entre ejes.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- **Calculo de la relación de transmisión K.**

$$K = \frac{n_1}{n_2}$$

Ec. 3-12

Donde:

n_1 = Número de revoluciones entrada (motor)

n_2 = Número de revoluciones salida (bomba)

$$K = \frac{1750}{1320}$$

$$K = 1,32$$

- **Cálculo de coeficiente de corrección de potencia.**

$$P_c = P \cdot C_c$$

Donde:

P=Potencia motor

C_c =Coeficiente de corrección

Tabla 3-22 Coeficiente corrección de potencia.

Valores de C de corrección de potencia, según las condiciones de trabajo y naturaleza de la carga				
Tipo de servicio	Condiciones de trabajo	Motor eléctrico	Motor de explosión	
			n. cil. > 4	n. cil. < 4
Ligero	Servicio intermitente-funcionamiento ≤ 6 horas diarias ninguna punta de carga	1	1,1	1,2
Normal	Funcionamiento de 6-16 horas día - puntas de carga o puesta en marcha ≤ 150 por 100 del trabajo a plena carga	1,2	1,3	1,4

Fuente: Catalogo correas industriales DUNLOP.

Según la Tabla 3.22 el valor de C_c que se ajusta al tipo de aplicación, con motor eléctrico y tipo de servicio ligero, es 1.

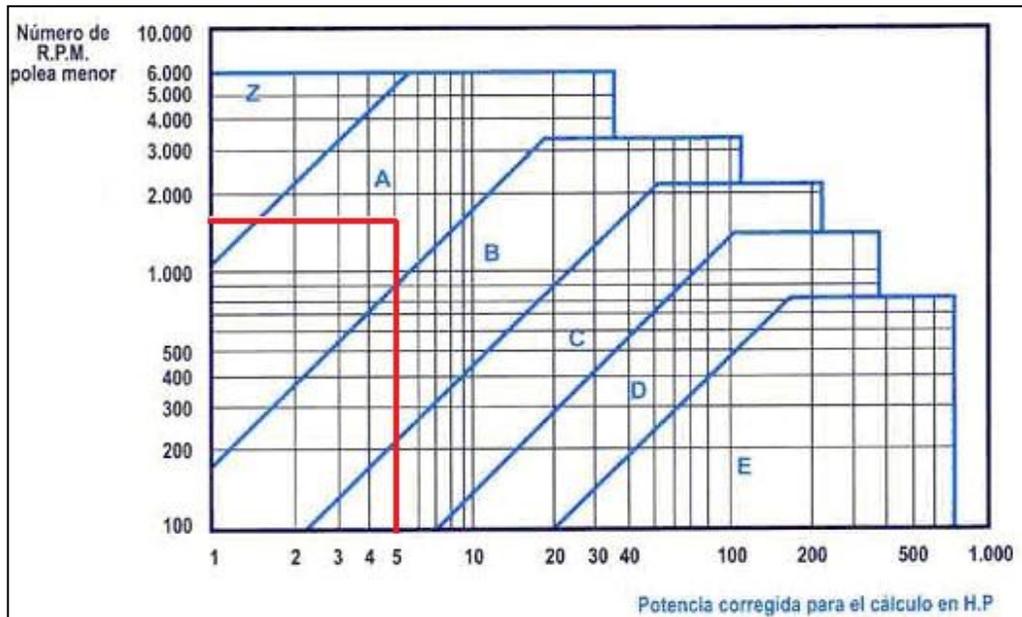
$$P_c = 5HP.1$$

$$P_c = 5HP$$

- **Selección de correas.**

Para la selección de la sección de la correa se recurre a la Figura 3.16 en función de la potencia corregida y el número de revoluciones de la polea menor que corresponde a la de la polea del motor.

Figura 3.15 Selección de la sección de la correa.



Fuente: Catalogo correas industriales DUNLOP.

Dados los parámetros mencionados anteriormente la sección de la correa recae sobre la sección A.

- **Selección y cálculo del diámetro primitivo.**

Para la selección del diámetro primitivo de la polea menor se recurre a la Tabla 3.23 dada por el fabricante.

Tabla 3-23 Selección de diámetro primitivo.

Sección	Diámetros primitivos (mm)	Desarrollos primitivos (mm)	Carga de medición (p) NW
Z	57,6	180	110
A	95,5	300	200
B	127,3	400	300
C	228,8	700	750
D	318,3	1000	1400
E	573	1800	1800

Fuente: Catalogo correas industriales DUNLOP.

Según la Tabla 3.23 para la sección A se recomienda un diámetro mínimo de 95,5mm pero como el diámetro que recomienda el fabricante de las bombas DeLaval para el motor es 152,4mm, se utilizará este diámetro para comprobar el diámetro recomendado por el fabricante para la bomba.

Para el cálculo del diámetro primitivo de la polea mayor se utilizará la siguiente formula:

$$D = K \cdot d \quad \text{Ec.3-13}$$

Donde:

K = relación de transmisión

d = diámetro primitivo de la polea menor

$$D = 1,32(152,4mm)$$

$$D = 201,16 \approx 8''(\text{Recomendada por DELAVAL})$$

- **Distancia entre ejes.**

Para el cálculo de la distancia entre ejes I se utilizará la siguiente ecuación.

$$I \geq \frac{(K + 1)d}{2} + d \quad \text{para } 1 \leq K < 3$$

Donde:

K = Relación de transmisión

d =diámetro primitivo de polea menor

$$I \geq \frac{(1,32 + 1)152,4}{2} + 152,4$$

$$I \geq 329,18 \text{ mm} \approx 400\text{mm}$$

Se toma un valor de diseño constructivo de distancia entre ejes de 400mm.

- **Longitud primitiva teórica.**

Para el cálculo de la longitud primitiva teórica se utilizará la siguiente ecuación:

$$L = 2 \cdot I + 1,57(D + d) + \frac{(D+d)^2}{4 \cdot I} \quad \text{Ec.3-14}$$

Donde:

I =Distancia entre ejes

D =diámetro primitivo de polea mayor

d =diámetro primitivo de polea menor

$$L = 2(400\text{mm}) + 1,57(201,16\text{mm} + 152,4\text{mm}) + \frac{(201,16\text{mm} + 152,4\text{mm})^2}{4(400\text{mm})}$$

$$L = 1433\text{mm}$$

Con la longitud primitiva teórica se recurre a la tabla recomendada por el fabricante mostrado a continuación y se selecciona la longitud primitiva nominal más cercana:

Tabla 3-24 Selección de longitud primitiva nominal.

Longitud primitiva nominal				
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)
42	1092	1106	1100	-
43	1117	1134	1140	-
44	1143	1153	1156	1191
45	1168	1186	1184	1217
46	1193	1199	1204	1242
47	1219	1232	1237	1267
48	1244	1262	1268	1293
49	1270	1280	1288	1318
50	1295	1306	1318	1344
51	1320	1330	1328	1357
52	1346	1354	1367	1394
53	1371	1381	1392	1429
54	1397	1405	1410	1442
55	1422	1429	1443	1460
56	1447	1459	1460	1497
57	1473	1492	1491	1527
58	1498	1507	1512	1550
59	1524	1532	1541	1576
60	1549	1556	1556	1598

Fuente: Catalogo correas industriales DUNLOP.

Según la Tabla 3.24 selecciona la correa A-56 para la bomba de vacío de mayor capacidad (BVP1200), por lo tanto para las demás bombas se usaran correas más cortas ya que la distancia entre ejes y diámetro de poleas es menor.

3.9 Accesorios PVC.

La tubería y accesorios que se va a utilizar en el banco de pruebas son de PVC, adecuados para equipos de ordeño, ya que en las entradas poseen canales con O-ring que no permiten que tengan fugas de vacío.

Figura 3.16 Accesorios y tubería PVC.



Fuente: DeLaval, 2013.

Por lo tanto según lo calculado se va a utilizar para toda las conexiones del banco de pruebas tubería De Laval de 50mm, ya que con esta logramos lo especificado para el rendimiento del proyecto, además se garantiza el funcionamiento de mismo.

3.10 Interceptor ciclónico CIV.

El interceptor de vacío funciona como una trampa para que no ingrese agua ni partículas sólidas a las bombas de vacío, ocasionando grandes daños al interior de la bomba.

El interceptor de vacío CIV contiene una válvula de desagüe en la parte inferior, la cual se acciona cuando el tanque es funcionando, cuando en el interceptor se encuentra con presión de vacío, y al terminar la sesión de ordeño y se apaga el equipo esta válvula se abre para liberar el líquido que haya podido pasar al interceptor.

Figura 3.17 Interceptor ciclónico CIV.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

- **Características:**

- Material: Acero inoxidable y plástico
- Volumen: 52 l.
- Entradas: 75mm

3.11 Válvula anti retorno.

Los módulos de vacío están equipados con una válvula anti retorno la cual debe instalarse lo más cerca y en dirección ascendente a la bomba de vacío.

Esta válvula evita la rotación inversa de la bomba cuando se detiene el motor eléctrico, y así evitar los cambios de giro bruscos y daños en las bombas.

Figura 3.18 Válvula anti retorno.



Fuente: DeLaval, 2013.

3.12 Reguladores de vacío.

Los reguladores de vacío se dimensionan según el flujo de vacío y están relacionadas directamente con las bombas de vacío.

Existen diferentes tipos de reguladores de vacío tales como:

- Regulador VF20, caudal hasta 340 l/min.
- Regulador VRM y VRS, caudal hasta 1500 l/min.
- Regulador MVR-M, caudal hasta 4000 l/min.

Para el banco de pruebas se elige el regulador VRM + VRS o regulador servo 1500 ya que el flujo máximo que se va a utilizar es de 1200 l/min.

3.13 Vacuómetros.

Los vacuómetros son uno de los componentes a comprobar en el banco de pruebas, a través del VPR100 se conocerá si el rango de precisión es el adecuado para trabajar en el equipo de ordeño.

- **Características:**
 - El rango de operación: 0 a -100 kPa.
 - Conexión: NPT ¾ in.

3.14 Tanque.

Para garantizar que exista un fluido en el banco de pruebas y la verificación de los medidores proporcionales, se selecciona un tanque de 0.03 m³ o 30 l, con esta capacidad aseguramos la verificación de los medidores, con estos tanques además de los tanques de descarga permitirán comprobar el estado de los medidores de leche.

Figura 3.19 Tanque.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

CAPÍTULO IV

4 PRUEBAS, RESULTADOS Y CALCULO DE COSTOS

4.1 Generalidades.

En este capítulo se muestran las diferentes pruebas tomadas con el VPR y el análisis de cada paso según normas de funcionamiento para equipos de ordeño, además se detallaran los costos que implican el diseño y la construcción del banco de pruebas.

4.2 Pruebas.

Las pruebas para la obtención de resultados se realizan con el VPR100, para esto se debe cumplir diferentes pasos que permitirán tomar datos con más exactitud además de contar con todas las herramientas necesarias.

Se realiza un ensayo en el banco de pruebas llamado ISO TEST, el cual está destinado para equipos al tarro y las pruebas son específicas para instalaciones del fabricante De Laval.

El ISO TEST son una serie de pasos para chequeo de máquinas de ordeño regulados por estándares internacionales:

- ISO 6690:2007 Equipos de ordeño - Chequeos mecánicos.
- ISO 5707:2007 Instalaciones de equipos de ordeño - Construcción y características.
- ISO 3918:2007 Instalaciones de equipos de ordeño – Vocabulario

4.2.1 Comprobaciones previas.

Antes de realizar las pruebas se debe verificar las siguientes consideraciones:

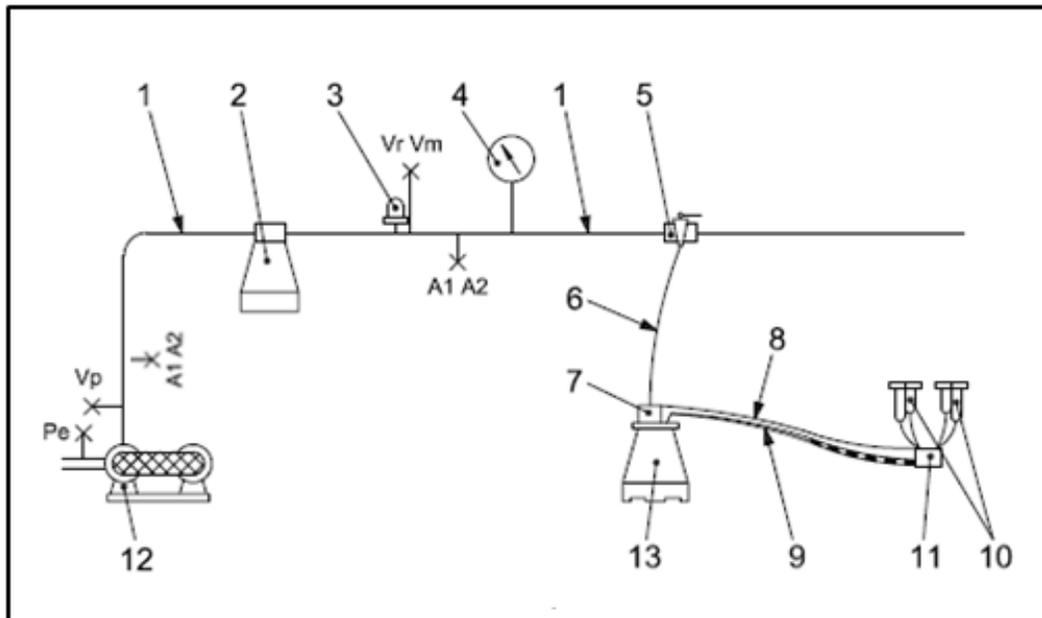
- Asegúrese de tener todas las herramientas para realizar el chequeo ISO de los equipos al tarro.
- Asegúrese que el VPR100 este calibrado, cargado completamente y con la última versión del archivo CFG y del software.
- Compruebe que los datos de la finca están correctos en el VPR100.

- Controle que las alarmas de pulsado están configuradas correctamente en el VPR100 para que coincidan con la instalación.
- Asegúrese que los puntos de chequeo estén identificados y disponibles según la Figura 4.1.

4.2.2 Puntos de ensayo.

Los puntos de ensayo en las instalaciones al tarro son las siguientes:

Figura 4.1 Puntos de ensayo.



Fuente: ISO 3918, 2007.

- Puntos de ensayo de flujo de aire para conectar el accesorio AFM3000
 - Punto de ensayo A1: Entre el sensor del regulador y el primer grifo de vacío.
 - Punto de ensayo A2: Entre la bomba de vacío y el primer grifo de vacío.
- Puntos de ensayo de nivel de vacío para conectar el dispositivo VPR1000
 - Punto de ensayo Vm: Cerca o corriente arriba del punto A1.
 - Punto de ensayo Vr: En la línea de vacío cerca del sensor del regulador.

- Punto de ensayo Vp: En la línea de vacío cerca de la entrada de la bomba.

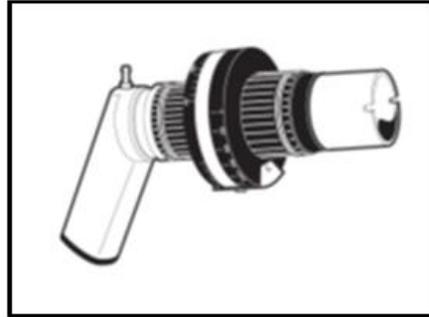
4.2.3 Herramientas necesarias.

Los chequeos son realizados bajo normas ISO 6690, la empresa DeLaval tiene herramientas específicas para chequeos de máquinas de ordeño que facilitan una buena rutina de trabajo:

- Caudalimetro AFM3000.

Para mediciones de flujo de aire en recibidor, regulador, bomba de vacío y tubo largo de leche.

Figura 4.2 Caudalimetro AFM3000.

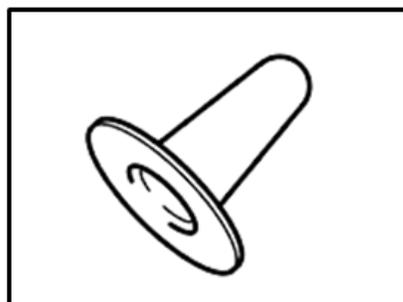


Fuente: DeLaval, 2013.

- Pezón artificial.

Usados para tapar las pezoneras durante chequeos, se necesitan 4 por unidad de ordeño.

Figura 4.3 Pezón artificial

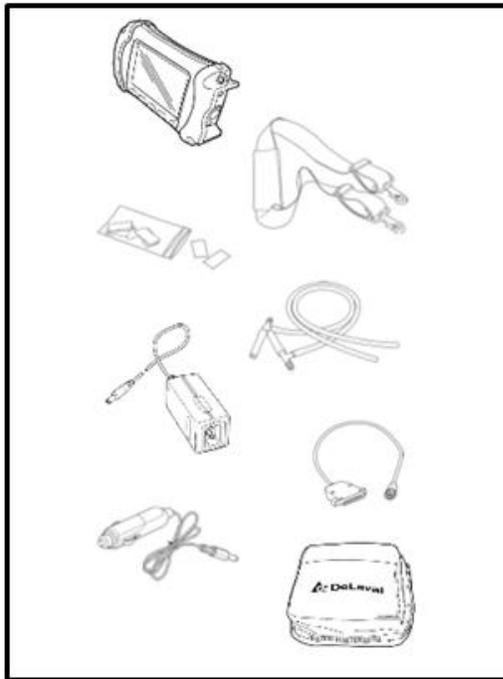


Fuente: DeLaval, 2013.

- Kit VPR100.

Se utiliza para mediciones de vacío en toda la instalación.

Figura 4.4. Kit VPR100.



Fuente: DeLaval, 2013.

4.2.4 Pruebas a realizar.

Las pruebas que se van a realizar en componentes de equipos de ordeño totalmente nuevos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4-1 Resumen de pruebas ISO Test.

PRUEBA	DESCRIPCIÓN	LIMITE
Precisión del Vacuometro	Verifica que el nivel de vacío que muestra el vacuometro analógico en la línea de vacío es indicativo del nivel de vacío cercano al dispositivo VPR 100	<1kPa
Sensibilidad de la Regulación	Indica la estabilidad de vacío bajo cambios en la demanda de vacío.	<1kPa
Reserva Efectiva	Verifica que la instalación tiene suficiente capacidad de reserva para ordeñar.	Específico de la instalación
Fugas del Regulador	Chequea fugas del regulador.	<35L/min, <5% del flujo de aire
Pérdidas en la Línea de Vacío	Verifica que no existan excesivas fugas de aire alrededor de las juntas o conexiones en la línea de vacío entre el punto de ordeño y la bomba	<5% del flujo de aire
Capacidad de la Bomba de Vacío	Indica el actual desempeño de la bomba de vacío comparada con la información nominal.	90% - 110%
Medición del Pulsado	Mediciones de pulsado en la cámara de vacío aseguran el correcto funcionamiento del sistema de pulsado, y por lo tanto, el correcto movimiento de las pezoneras.	60±5 CPM (CPM= Ciclos por minuto)

Fuente: ISO6690, 2007.

4.3 Resultados.

Los resultados se recolectan de las diferentes pruebas que se realizan con el VPR100, después de esto se conecta al computador y a través del programa PC100 se descargan los datos, y así en un formato de Excel se procede a realizar las revisiones obtenidas de los diferentes componentes del banco de pruebas.

De Laval InService ISO test para equipos de ordeño ofrece:

- Protocolos de chequeos con recomendaciones del fabricante para adaptarse a instalaciones específicas.
- Cálculos realizados automáticamente en VPR100.
- Presentación profesional de los resultados al expórtalos a una hoja de cálculo.

La hoja de cálculo muestra en un formato amigable con el granjero el estado de cada uno de los componentes que conforman el equipo de ordeño.

En este formato se debe ingresar el estado del equipo de ordeño, esto se realizará en la instalación del equipo, ya que en el banco de pruebas se comprobaba el funcionamiento de los componentes del equipo de ordeño más no el estado de la instalación.

Algunos parámetros dependerán del tipo de instalación que se va a tener en la granja, tales como si el equipo es al tarro o a conducción, si se tiene automatización o no, si tiene registro de leche o no, etc.

4.3.1 Pruebas de la bomba de vacío.

El objetivo del banco de pruebas es obtener resultados de una forma real de cada bomba de vacío que se va a probar, estos deben ser similares a los calculados a la altura atmosférica de la ciudad de Quito, después de esto se analiza si en el lugar donde van a ser dispuestos el caudal generado va a ser el óptimo para trabajar, ya que si no cumple este objetivo se deberá realizar una revisión de sus piezas internas para verificar el problema.

Con esta prueba se garantiza el funcionamiento de las bombas de vacío en los diferentes lugares del país.

Para la recolección de datos, verificación de flujos y presiones del banco de pruebas según curvas de operación, se comprobaron los resultados con las bombas BVP las cuales arrojaron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 4.2.

Se tomaron mediciones de flujo a través del tiempo en lapsos de 10 min cada uno para observar el comportamiento del caudal de los diferentes modelos de bombas, a continuación se detallan los cuadros de resultados y gráficas que arrojaron las pruebas:

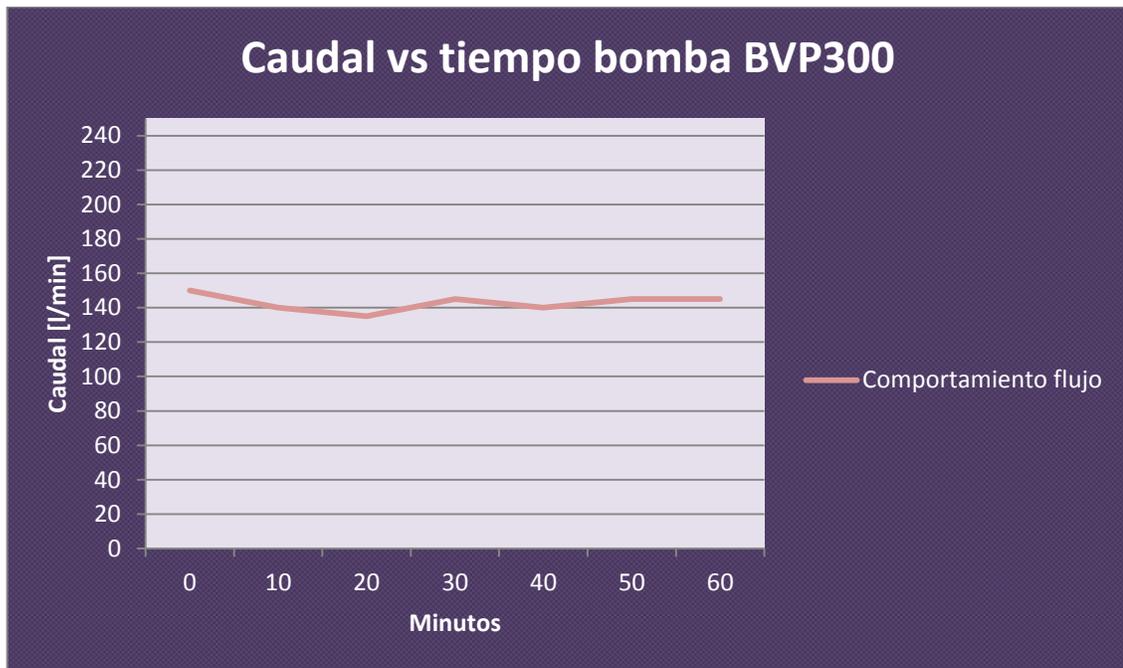
- **Bomba BVP300.**

Tabla 4-2 Resultados Bomba BVP300.

BVP 300	
Intervalo de tiempo (min)	Caudal (l/min)
0	150
10	140
20	135
30	145
40	140
50	145
60	145
PROMEDIO	143

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Figura 4.5 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP300.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

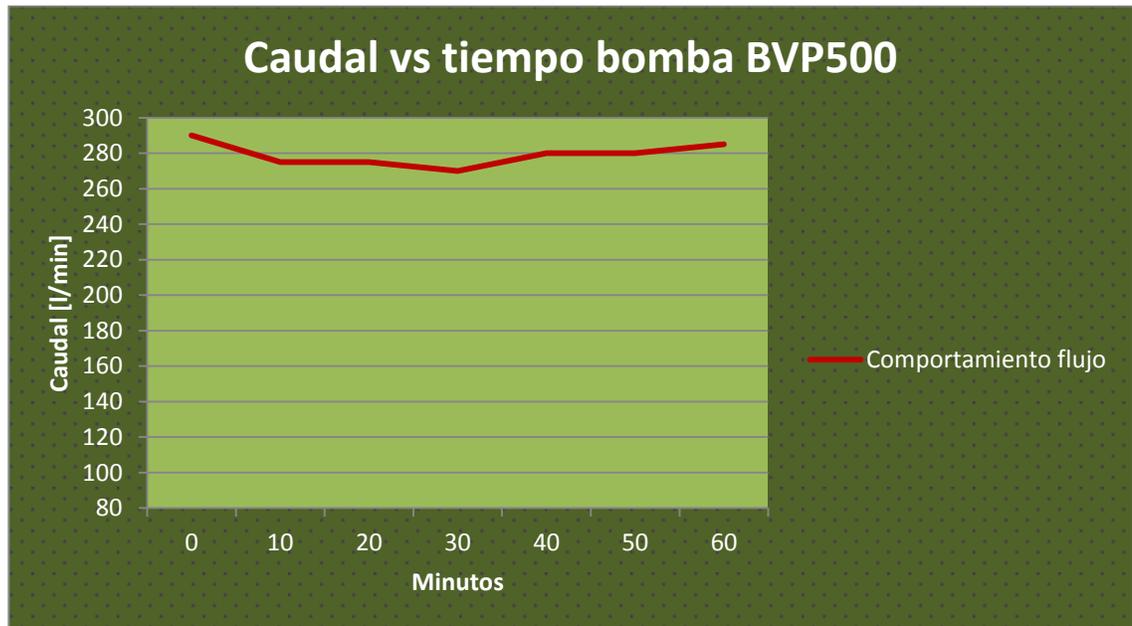
- **Bomba BVP500.**

Tabla 4-3 Resultados Bomba BVP500.

BVP 500	
Intervalo de tiempo (min)	Caudal (l/min)
0	290
10	275
20	275
30	270
40	280
50	280
60	285
PROMEDIO	279

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Figura 4.6 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP500.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

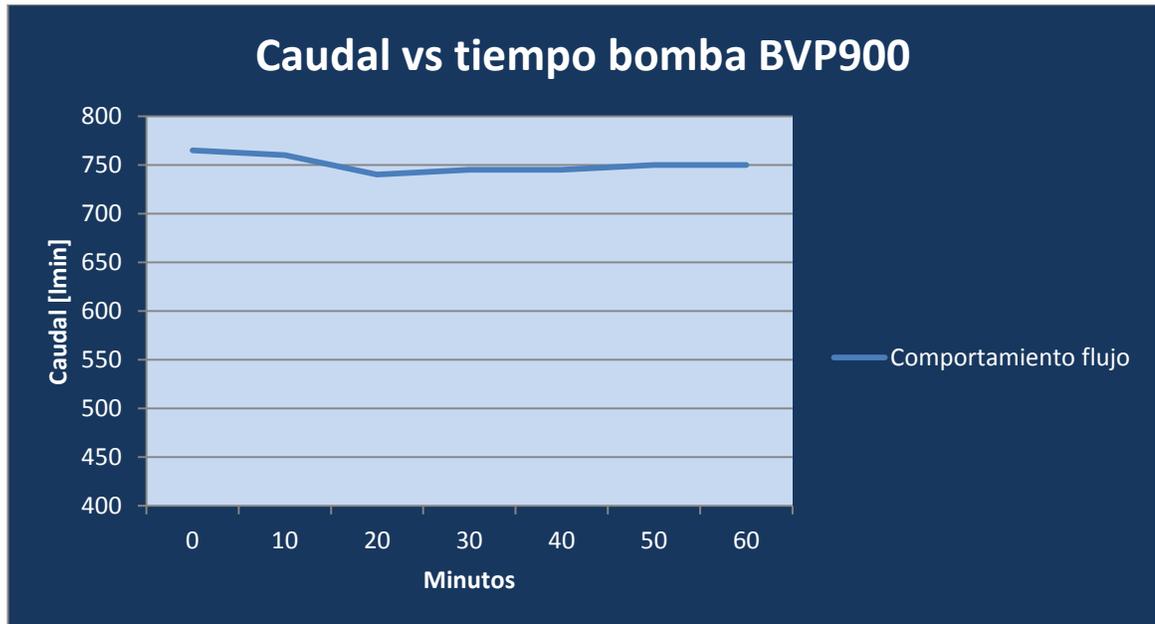
- Bomba BVP900.

Tabla 4-4 Resultados Bomba BVP900.

BVP 900	
Intervalo de tiempo (min)	Caudal (l/min)
0	765
10	760
20	740
30	745
40	745
50	750
60	750
PROMEDIO	751

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Figura 4.7 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP900.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

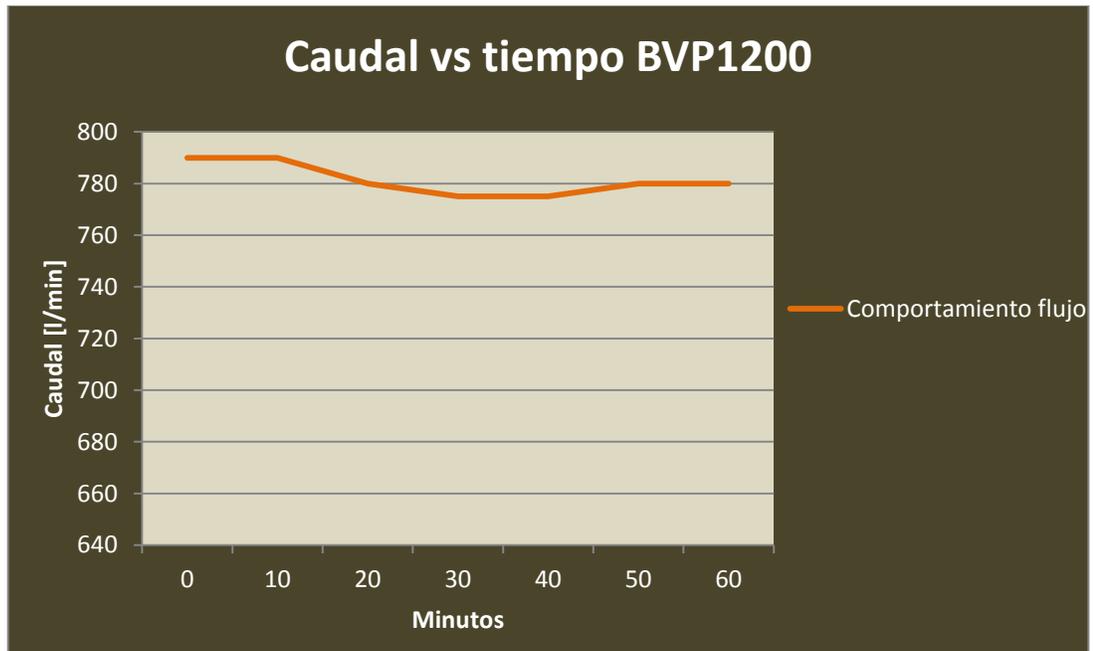
- Bomba BVP1200.

Tabla 4-5 Resultados Bomba BVP300.

BVP 1200	
Intervalo de tiempo (min)	Caudal (l/min)
0	790
10	790
20	780
30	775
40	775
50	780
60	780
PROMEDIO	781

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Figura 4.8 Grafica Caudal vs Tiempo bomba BVP1200.



Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-6 Datos de bombas de vacío comprobadas.

TIPOS DE BOMBAS	NORMA ISO (l/min)	CURVAS DE OPERACIÓN (l/min)	BANCO DE PRUEBAS (l/min)	% DE ERROR VALOR IDEAL VS VALOR REAL
BVP300	181	210	140	22%
BVP500	309	310	280	9,5 %
BVP900	545	580	750	37%
BVP1200	727	780	780	7,29%

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Según los resultados obtenidos en el banco de pruebas y comparados con los datos del fabricante tenemos un porcentaje de error, esto debido a que el fabricante recomienda revoluciones ideales detallando en la placa de la bomba un diámetro de polea ideal, al no existir dichas poleas en el mercado se recurren a diámetros menores encontrados comercialmente, esto aumenta las revoluciones de las bombas y por lo cual pueden aumentar el flujo, esta puede ser la causa por la que en las bombas modelo BVP900 y BVP1200 tienen un error creciente, dicho error no representa un problema considerable ya que al sobrepasar el flujo necesario recomendado por la norma y la curva de operación para operar en Quito, esta tendencia de error creciente no afectará al funcionamiento óptimo de los equipos de ordeño

Las posibles causas del error decreciente que se observa en las bombas BVP300 y BVP500, son debido a que las bombas nuevas como las que se sometió a pruebas en el banco, llegan con fallas mecánicas las cuales no permiten que la bomba trabaje en condiciones óptimas, otra razón puede ser que el flujo que recomienda la norma está dado por un factor de corrección mostrado en la Tabla 3.3, en dicha tabla los rangos entre alturas geométricas son demasiado altos, por lo que se puede obtener un valor de flujo diferente al obtenido en el banco de pruebas.

Por otra parte cuando el flujo de las bombas de vacío es bajo a lo recomendado se debe analizar posibles daños al interior de la bomba como rodamientos, retenedores o paletas, en este caso se debería realizar una revisión a sus componentes para encontrar el daño.

4.3.2 Pruebas de vacuómetros.

Los vacuómetros son instrumentos de visualización de los equipos, es el primer dispositivo que el granjero observa para identificar el estado del equipo de ordeño, por esta razón siempre debe estar funcionando, ya que si esta averiado y muestra una presión errónea puede causar problemas de mastitis o caídas de pezoneras durante el ordeño.

La prueba que se realiza en este dispositivo es compararlo con un vacuómetro digital el cual está dentro del VPR100, este resultado se muestra en la hoja de cálculo generada en el PC100 y debe ser ± 1 kPa.

Los resultados tomados en el banco de pruebas con diferentes bombas de vacío y en el lapso de una hora se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 4-7 Vacuómetro pruebas bomba BVP300.

BVP 300		
Tiempo(min)	Vacuómetro (kPa)	VPR (kPa)
0	50	50,1
10	50	50,2
20	50	50,3
30	50	50,3
40	50	50,1
50	50	50,2
60	50	50,3

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-8 Vacuometro pruebas bomba BVP300.

BVP 500		
Tiempo(min)	Vacuometro (kPa)	VPR (kPa)
0	50	50,6
10	50	50,5
20	50	50,5
30	50	50,4
40	50	50,5
50	50	50,6
60	50	50,5

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-9 Vacuometro pruebas bomba BVP900.

BVP 900		
Tiempo(min)	Vacuometro (kPa)	VPR (kPa)
0	50	50,3
10	50	50,4
20	50	50,5
30	50	50,5
40	50	50,5
50	50	50,5
60	50	50,4

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-10 Vacuometro pruebas bomba BVP1200.

BVP 1200		
Tiempo(min)	Vacuometro (kPa)	VPR (kPa)
0	45	45,5
10	50	50
20	55	55,5
30	50	50,5
40	47	47,4
50	50	50,5
60	53	53,5

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

El banco de pruebas arroja resultados satisfactorios sobre los vacuómetros nuevos, pero también sirve para verificar vacuómetros que ya fueron instalados en haciendas y presentan problemas, las medidas tomadas no sobrepasan el rango de precisión de más menos 1 kPa.

Con la bomba de vacío BVP1200 no se puede realizar una lectura precisa del vacuómetro ya que por el excesivo flujo de vacío que pasa a través de la tubería, el regulador de vacío se ve forzado a trabajar bruscamente para mantener la presión lo más cercana posible a la nominal (50kPa).

4.3.3 Pruebas de pulsadores.

La función de los pulsadores es cortar el vacío en las capsulas de la unidad de ordeño para producir el estímulo ordeño-masaje, el banco de pruebas a través de los pasos dedicados a los pulsadores nos recolecta las señales de pulso las cuales deben ser en un rango de 60cpm \pm 5, con esto garantizamos el óptimo estímulo de las pezoneras durante todo el ordeño y no se afecta la salud del animal.

En los pulsadores se pueden encontrar fallas como diafragmas rotos o descalibración, con el banco de pruebas se dará una revisión y mantenimiento a estos elementos.

Los valores recomendados por el fabricante DeLaval son los siguientes:

- Fase A:
 - Valor típico para instalaciones DeLaval 15%.
- Fase B:
 - Mínimo de acuerdo a ISO: 30% del ciclo.
 - Valor típico para instalaciones DeLaval: 40 – 52%.
- Fase C:
 - Valor típico para instalaciones DeLaval: 10%.
- Fase D:
 - Mínimo de acuerdo a ISO: 15% del ciclo de pulsado.
 - Valor típico para instalaciones DeLaval: 20 – 25%.
 - Frecuencia de pulsado: min 57 CPM, máx. 63CPM (Ciclos por minuto).

Todos estos rangos son tomados como máximos por el fabricante, la relación de pulsado es 65:35 (ideal) para pulsadores del fabricante DeLaval, esta relación se toma de la siguiente manera:

- $A+B = 65\%$
- $C+D = 35\%$

Las pruebas realizadas en pulsadores se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 4-11 Prueba en pulsador 1.

PULSADOR HP101			
A	5,40%	A+B	65,70%
B	60,30%	C+D	34,00%
C	3,80%	Frecuencia	62,6 CPM
D	30,20%		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-12 Prueba en pulsador 2.

PULSADOR HP101			
A	5,30%	A+B	65,60%
B	60,30%	C+D	34,00%
C	3,80%	Frecuencia	62,5 CPM
D	30,20%		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-13 Prueba en pulsador 3.

PULSADOR HP101			
A	5,40%	A+B	65,70%
B	60,30%	C+D	34,00%
C	3,80%	Frecuencia	62,5 CPM
D	30,20%		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-14 Prueba en pulsador 4.

PULSADOR HP101			
A	5,50%	A+B	65,70%
B	60,20%	C+D	34,00%
C	3,70%	Frecuencia	62,4 CPM
D	30,30%		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Tabla 4-15 Prueba en pulsador 5.

PULSADOR HP101			
A	5,30%	A+B	65,70%
B	60,40%	C+D	34,00%
C	3,80%	Frecuencia	62,4 CPM
D	30,20%		

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Para pulsadores las pruebas realizadas se encuentran en los rangos recomendados por el fabricante, se respeta la frecuencia de pulsado, las fases A y C van a depender de diferentes factores para mantenerse en los porcentajes ideales, factores como la distancia y estado de mangueras de pulsado, y el estado de las pezoneras.

4.3.4 Medidores proporcionales.

Los medidores proporcionales ayudan al granjero a llevar un control de la cantidad de leche obtenida en los ordeños, la comprobación en el banco de pruebas de estos dispositivos se realizara con la ayuda del medidor electrónico FI5, con lo cual se comprueba el porcentaje de error de los medidores proporcionales y así poder realizar el cambio de repuestos si es necesario.

Tabla 4-16 Pruebas medidor proporcional.

Numero de mediciones	Medidor electrónico FI5 (l)	Medidor Proporcional (l)	Porcentaje de error (%)
1	10,5	10	4,8
2	12,3	11	10,6
3	15,2	14	7,9
4	11,4	12	-5,3
5	12,1	13	-7,4
6	8,5	9	-5,9
7	7,6	7	7,9
8	10,8	11	-1,9
9	5,6	6	-7,1
10	12,5	12	4,0
		Promedio de error	6,28

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Las pruebas tomadas en los medidores proporcionales están dentro de los rangos de error del fabricante que son del 5 al 10%, esto debido a que se toma una proporción del líquido que pasa por las mangueras.

Además en el banco de pruebas se realizarían mantenimientos de medidores averiados que llegan a la empresa con daños como empaques gastados o piezas rotas.

La hoja de cálculo generada en el programa PC100 contiene todos los datos recolectados con el VPR100 además de preguntas que se deben llenar ya en la instalación del equipo de ordeño.

Estas hojas se adjuntarán a la hoja de vida del equipo y permanecerá en la empresa Semagro S.A. Para su respectivo seguimiento de mantenimientos o venta de repuestos.

4.4 Análisis de costos.

Con el análisis de costos vamos a determinar los recursos económicos necesarios para la implantación del banco de pruebas, el cual va a involucrar costos directos e indirectos para la fabricación del proyecto.

4.4.1 Costos Directos.

Se debe tomar en cuenta que en el proyecto, las condiciones de construcción no son las mismas, ya que el sistema va a tener elementos fijos y elementos que van a rotar según las necesidades que se presenten.

Tabla 4-17 Elementos fijos y rotativos.

Elementos Fijos	Elementos rotativos
Mesa metálica	Bombas de vacío BVP
Motor eléctrico	Pulsadores HP
Tubería PVC Azul 50mm	Medidores proporcionales
Accesorios PVC Azul 50mm	Vacuometros
Medidor electrónico FI5	

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

Los costos directos están relacionados con la fabricación o construcción del banco de pruebas como son: materia prima, costo de maquinaria y mano de obra directa.

Tomando en cuenta estas consideraciones en la Tabla 4.4 Se describen los costos de los materiales a utilizar.

Tabla 4-18 Costos materia prima.

Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
MOTOR ELÉCTRICO 5 HP	1	\$ 720,42	\$ 720,42
CAJA DE ARRANQUE MOTOR 220V 5HP 24-36A B2109	1	\$ 182,50	\$ 182,50
MODULO UNIDAD DE ORDENO STD 12	2	\$ 379,19	\$ 758,38
TUBO PVC 50X1000mm	6	\$ 19,58	\$ 117,48
CODO PVC 50mm AZUL	3	\$ 8,33	\$ 24,99
TE PVC AZUL 50mm	1	\$ 11,80	\$ 11,80
COLLARÍN PVC 50mm X 1/2"	7	\$ 6,79	\$ 47,53
ROBINETE/ANILLO DE GOMA 186643326	2	\$ 35,47	\$ 70,94
MEDIDOR DE LECHE FI5	2	\$ 930,00	\$ 1.860,00
PULSADOR METÁLICO ROJO-VERDE CAJA PLÁSTICA (BOTONERA) FI5	2	\$ 50,79	\$ 101,58
MODULO TANQUE CIV75	1	\$ 1.281,25	\$ 1.281,25
PLANCHA ACERO 502 X 502 x 10mm	1	\$ 40,00	\$ 40,00
PLANCHA ACERO 452 X 352 x 10mm	1	\$ 35,00	\$ 35,00
PERFIL L 50 x 50 x 5 mm	1	\$ 30,00	\$ 30,00
BISAGRAS ϕ 50 x 12 mm	2	\$ 3,00	\$ 6,00
VARILLA DE ACERO ϕ 12 x 400 mm	1	\$ 15,00	\$ 15,00
PERFIL G 30 x 50 x 3 x 350 mm	2	\$ 8,00	\$ 16,00
ACERO ϕ 175 x 70 mm	1	\$ 110,00	\$ 110,00
MATERIAL VARIOS	1	\$ 25,00	\$ 25,00
		TOTAL	\$ 5.442,07

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

En la Tabla 4.5 se muestran los costos de construcción y maquinado que fueron necesarios para la construcción del banco de pruebas:

Tabla 4-19 Costos de maquinado.

Operación	Tiempo (hora)	Precio unitario	Precio total
Soldadura eléctrica	4	\$12,00	\$ 48,00
Mecanizado de piezas	16	\$15,50	\$ 248,00
Pintura y acabados	2	\$10,00	\$ 20,00
		TOTAL	\$ 316,00

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

4.4.2 Costos Indirectos.

Son costos que no intervienen directamente en la construcción del banco de pruebas: costos de insumos, diseño e ingeniería y mano de obra indirecta.

Tabla 4-20 Costos indirectos.

Componente	Detalle	Precio unitario	Precio total
Técnico	8 horas	\$6,25	\$ 50,00
Diseño del banco de pruebas	30 horas	\$16,66	\$ 500,00
Varios	1	\$90,00	\$ 90,00
		TOTAL	\$ 640,00

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

4.4.3 Costo Total.

En la Tabla 4.7 se detalla el valor total del banco de pruebas

Tabla 4-21 Costo total

Componente	Costo
Costo materia prima	\$ 5.442,07
Costo maquinado	\$ 316,00
Costos indirectos	\$ 640,00
TOTAL	\$ 6.398,07

Elaborado por: Daniel Montenegro, Edison Simbaña.

CONCLUSIONES

- Las posibles razones de error creciente o decreciente en los ensayos de las bombas, se encuentran mencionadas después de cada cuadro de resultados, donde en términos generales se pudo deducir problemas mecánicos en las bombas, la variación de las propiedades físicas del aire como temperatura, presión y densidad, son factores que alteran el funcionamiento óptimo de un equipo de ordeño.
- La decisión de tomar la alternativa de trabajar con el equipo VPR100 para la recolección de datos durante los ensayos, redujo considerablemente el costo de fabricación del banco, lo que supuso no exceder el presupuesto limitado de la empresa SEMAGRO.
- Los resultados obtenidos en el diseño de la línea de vacío con los que recomienda la norma ISO 5707 son similares, por lo que los cálculos realizados en el presente trabajo se encuentran respaldados por estándares internacionales.
- En el caso de las bombas los factores de corrección recomendados por las normas ISO 5707 y los que entregan los fabricantes, no contienen el factor para la altura de Quito y poder conocer en que flujos deberían operar en esta ciudad, con la ayuda de la interpolación de datos, se pudo conocer el dato aproximado de caudal, pero con ensayos reales realizados en el banco de pruebas se obtuvieron resultados que nos ayudaron a comprobar los cálculos realizados, con los que se justifica la elaboración del presente trabajo.
- El equipo VPR100 que se utilizó para la verificación y recolección de datos nos permitió comprobar los cálculos realizados en el diseño y sustentar los resultados obtenidos de una manera más precisa.
- Luego de ensayos realizados a las bombas consideradas nuevas y listas para ser entregadas a los clientes de SEMAGRO, se comprobó que se encontraban fuera

de su rango de trabajo óptimo, lo que permitió tomar las medidas correspondientes para solucionar este problema antes de ser enviadas a su destino, con esto se justifica una vez más la elaboración de la presente tesis.

- Las pruebas a las que se sometieron los pulsadores arrojaron resultados que están dentro de la norma recomendada de 60 pulsaciones por minuto con un error de ± 5 pulsaciones, con lo que se pudo comprobar su funcionamiento y asegurar la eficiencia antes de ser instalados en un equipo de ordeño.
- En el caso de las pruebas realizadas a los vacuómetros, el factor de error de medición comparada con el VPR100 está dentro de ± 1 kPa recomendada por el fabricante, con lo que se pudo asegurar el correcto funcionamiento de estos componentes antes de ser instalados en su destino de trabajo.
- El factor de error del 5 al 10% recomendado por el fabricante en la pruebas realizadas a los medidores proporcionales, cumple al momento de comparar con el medidor electrónico FI5.
- El banco de pruebas permite la comprobación independiente de cada uno de los componentes de un equipo de ordeño, obteniendo valores reales de operación que nos permiten evaluar su comportamiento y considerar posibles factores que alteran su correcto funcionamiento; constituyéndose en un sistema de aseguramiento de la calidad de cada elemento.

RECOMENDACIONES

- Antes de encender el banco de pruebas leer detenidamente las instrucciones de uso, con el fin de utilizar correctamente todos los recursos del mismo y evitar daños al equipo y al personal que va a manipularlo.
- Completar las hojas de resultados con todos los datos de la hacienda, ya que son importantes para tener un seguimiento del equipo para sus respectivos mantenimientos y cambio de consumibles.
- Cuando se realice el cálculo para poder seleccionar una bomba de vacío se debe considerar el factor de corrección de altura atmosférica, con esto evitamos seleccionar una bomba de vacío que pueda trabajar al límite o por debajo de lo deseado.
- Comprobar que en el equipo no existan pérdidas, ya que en el caso del vacío estas pérdidas se convierten en un factor importante para el mal funcionamiento y datos incorrectos en las pruebas.
- Para la instalación del equipo de ordeño se debe considerar varios parámetros como: una ruta lógica de la tubería, hallar la carga total de todo el sistema, dimensionar la tubería adecuadamente y ubicar los accesorios de forma coherente y ordenada.

LISTA DE REFERENCIAS

- Calero, & Roque. (1999). *Fundamentos de mecanismos y maquinas para ingenieros*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.V.
- Callejo, & Antonio. (22 de Enero de 2008). *www.ocw.upm.es*. Obtenido de http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/Tema_3._Salas_de_Ordeno/TEXTOS_Y_FIGURAS/tema_03-_tipos_de_instalaciones_de_ordeno_para_ganado_vacuno.pdf
- Carnicer, E. (1997). *Sistemas industriales accionados por aire comprimido*. España: Paraninfo.
- CRANE. (2006). *Flujo de fluidos en valvulas, tuberias y accesorios*. Bogota, Colombia: Mc. Graw Hill.
- DeLaval. (2013). Comrpobador de funcionamiento VPR100. En DeLaval.
- DeLaval. (5 de Agosto de 2013). Memo +. Suecia.
- Donald, Y., & Munson, B. (2003). *Fundamentos de mecanica de fluidos*. Mexico: Limusa.
- Herrera, C. (mayo de 2009). *Sensores de nivel*. Obtenido de <http://camiloherrera-sensoresdepression.blogspot.com/>
- ISO3918. (2007). *Milking machine installations-Vocabulary*. Switzerland: International Standard.
- ISO5707. (2007). *Milking machine installations -Construction and performance*. Switzerland: International Standard.
- ISO6690. (2007). *Milking machine installations-Mechanical tests*. Switzerland: International Standard.
- Mott, R. (2006). *Mecanica de fluidos* (Sexta ed.). Mexico: PEARSON EDUCACION.

- MVZ Tellez, S. (20 de Junio de 2002). *www.vaca.agro.uncor.edu*. Obtenido de <http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Maquinainstala/cap5.pdf>
- Ortiz, J. (2012). *Las maquinas agricolas y su aplicacion*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Sotomayor, L. (2011). *Conteo regresivo hacia mayor calidad de leche*. Quito.
- UCLM. (11 de Julio de 2012). *Rugosidad de materiales*. Obtenido de <http://www.uclm.es/>
- VEGA. (s.f.). *www.vega.com*. Obtenido de <http://www.vega.com/es/1523.htm>
- Vidal, J. (2014). Detectando la mastitis con el CMT. *Infortambo*, 23-24.
- www.quiminet.com*. (02 de Mayo de 2008). Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-de-paletas-28446.htm>
- Yunus, C., & Cimballa, J. (2006). *Mecanica de fluidos y aplicaciones*. Mexico: Litografica Ingramex.

ANEXO A
PROPIEDADES DEL AIRE

Propiedades del aire versus temperatura del aire en unidades del SI

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Peso específico γ (N/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
-40	1.514	14.85	1.51×10^{-5}	9.98×10^{-6}
-30	1.452	14.24	1.56×10^{-5}	1.08×10^{-5}
-20	1.394	13.67	1.62×10^{-5}	1.16×10^{-5}
-10	1.341	13.15	1.67×10^{-5}	1.24×10^{-5}
0	1.292	12.67	1.72×10^{-5}	1.33×10^{-5}
10	1.247	12.23	1.77×10^{-5}	1.42×10^{-5}
20	1.204	11.81	1.81×10^{-5}	1.51×10^{-5}
30	1.164	11.42	1.86×10^{-5}	1.60×10^{-5}
40	1.127	11.05	1.91×10^{-5}	1.69×10^{-5}
50	1.092	10.71	1.95×10^{-5}	1.79×10^{-5}
60	1.060	10.39	1.99×10^{-5}	1.89×10^{-5}
70	1.029	10.09	2.04×10^{-5}	1.99×10^{-5}
80	0.9995	9.802	2.09×10^{-5}	2.09×10^{-5}
90	0.9720	9.532	2.13×10^{-5}	2.19×10^{-5}
100	0.9459	9.277	2.17×10^{-5}	2.30×10^{-5}
110	0.9213	9.034	2.22×10^{-5}	2.40×10^{-5}
120	0.8978	8.805	2.26×10^{-5}	2.51×10^{-5}

Nota: Las propiedades del aire en condiciones estándar a nivel del mar son las siguientes:

Temperatura	15 °C
Presión	101.325 kPa
Densidad	1.225 kg/m ³
Peso específico	12.01 N/m ³
Viscosidad dinámica	1.789×10^{-5} Pa·s
Viscosidad cinemática	1.46×10^{-5} m ² /s

ANEXO B
RUGOSIDAD DE TUBOS

Tabla de rugosidad de tubos

Material	Rugosidad (m)	Rugosidad (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3,0 \times 10^{-7}$	$9,8 \times 10^{-7}$
Tubo extruido, cobre, latón y acero	$1,5 \times 10^{-6}$	$4,9 \times 10^{-6}$
Acero comercial o soldado	$4,6 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1,5 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil recubierto	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil no recubierto	$2,4 \times 10^{-4}$	$7,9 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Acero Remachado	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,9 \times 10^{-4}$

ANEXO C
HOJA DE RESULTADOS

Información del Cliente

Productor: Establecimiento:
 Tel: Dirección:
 Fax: C.P.:
 email:

Información del Tambo

Tamaño Rodeo: Vende leche a:
 Altitud: Fecha:
 Ordeños/Día:
 Vacío de trabajo:

Información de la Instalación

Instalación: Altura de leche:
 Automatización: Diam Tubo Leche:
 Unid. de ordeño: Pérdidas de aire:
 Día Línea Leche:

Información del Distribuidor

Distribuidor:
 Teléfono:
 Técnico de Servicio:

Sistema de Vacío

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Correas, poleas y acoplamiento de motor de bomba:					
Funcionalidad de sistema de lubricación:					
Estado y funcionalidad de escape:					
Capacidad de la bomba de vacío y estado:					
Funcionalidad y estado de regulador:					

Sistema de Transporte de Leche

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Estado y funcionalidad de bomba de leche:					
Integridad y estado de conexiones de línea de leche:					
Filtrado de aire:					
Integridad y estado de recibidor:					

Registro de Leche

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Precisión/calibración de medidores de leche:					
Estado general de medidor de leche o indicador de flujo:					
Estado de tubos de leche:					
Estado de válvula de corte:					

Automatización

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Funcionalidad y estado de automatización:					
Funcionalidad vacío alto / vacío bajo:					
Configuración y límites de retirado:					
Componentes de goma (diafragma, tubos):					
Filtro de aire:					

Unidades de Ordeño

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Estado general de colector:					
Componentes de goma:					
Admisión de aire del chicler:					
Estado de Casquillos/Pezoneras:					
Higiene del colector:					

Sistema de Lavado

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Funcionalidad de sistema de lavado:					
Diafragmas/tubos de goma de sistema de lavado:					
Unidades de lavado, sellado de pezoneras y tubos:					
Unidades de lavado, estado general:					
Temperaturas de sistema de lavado:					

Sistema de Pulsado

	Chequee	Reemplaci	Ajuste	N/A	Comentarios
Sistema de pulsado, estado general:					
Filtrado de aire de pulsador:					
Funcionalidad de pulsador:					
Tubo largo y corto de pulsado:					
Diafragma de pulsador, partes internas:					

Resumen de Pruebas

Precisión del Vacuómetro	Vacío de Trabajo en Sistema de Ordeño	0,0 kPa	Reserva Efectiva	<input type="checkbox"/>
Sensibilidad de la Regulación	Características de Regulación		Prueba de Pulsadores	<input type="checkbox"/>
Capacidad de la Bomba de vacío	Bomba 1 Bomba 2		Bomba 1 Bomba 2	<input type="checkbox"/>
	Contrapresión en escape de bombas			<input type="checkbox"/>

Claves del Estado: Resultados cumplen con parámetros Resultados fuera de parámetros esperados Pruebas no realizadas

Observaciones / Recomendaciones

Ajuste del Vacuómetro

Nivel de vacío en el vacuómetro	Resultado	Unidades	Estado
Nivel de vacío cerca del vacuómetro	kPa		
Precisión del vacuómetro	kPa	Límite < 1.0	

Sensibilidad de Regulación

Vacío en sistema de ordeño	Resultado	Unidades	Estado
Vacío de trabajo en sistema de ordeño	kPa		
Sensibilidad de la regulación	kPa	Límite < 1.0	

Características de Caída

Vacío inicial	kPa	Undershoot	kPa	Estado
Vacío máximo	kPa	Overshoot	kPa	
Vacío mínimo	kPa	Caída de vacío	kPa	

Características de Colocación

Vacío inicial	kPa	Undershoot	kPa	Estado
Vacío máximo	kPa	Overshoot	kPa	
Vacío mínimo	kPa	Caída de vacío	kPa	

Características de Regulación

Reserva Efectiva (ER)	Resultado	Unidades	Límite	Estado
Características de regulación		l/min	> 380	
¿Reserva o Caract de Regulación?				

Técnico de Servicio

Firma _____ Aclaración: _____
 Fecha: _____

Pruebas Bomba de vacío, Bomba 1

Marca y Modelo de bomba			
RPM Nominal	Resultado	Unidades	Estado
0 rpm	Presión Atmosférica	kPa	
Capacidad Nom 0 l/min	Velocidad medida	rpm	
	Capacidad Calculada	l/min	
	Reserva Manual (RM)	l/min	
Bomba vacío 1, nominal (50 kPa)	Resultado	Unidades	Límite
Capacidad de bomba de vacío 1	%	> 99.9	

Pruebas Bomba de vacío, Bomba 2

Marca y Modelo de bomba			
RPM Nominal	Resultado	Unidades	Estado
rpm	Presión Atmosférica	kPa	
Capacidad Nom kPa	Velocidad medida	rpm	
	Capacidad Calculada	kPa	
Contrapresión en escape de bomba 1		kPa	
Bomba de vacío 2, nominal (50 kPa)	Resultado	Unidades	Límite
Capacidad de bomba 2	%	> 99.9	

Prueba de Pulsado

Contrapresión bomba vacío 2			
Max vacío en cámara de pulsado (Menor)	Resultado	Unidades	Límite
			43,5

Aceptación del Cliente

Firma _____ Aclaración: _____

ANEXO D
INSTRUCTIVOS DE ORDEÑO Y LAVADO

INSTRUCTIVO EQUIPO DE ORDEÑO AL TARRO

Encendido del Equipo de Ordeño:

1. Verificar el nivel de aceite en el recipiente transparente sobre la bomba de vacío.
2. Chequear la tensión de las bandas.
3. Cerrar las válvulas de paso colocadas en la manguera de vacío.
4. Cerrar las válvulas de corte, localizadas en la base de los colectores (unidad de ordeño).
5. Revisar que los tapones de los extremos de la tubería y junto a la bomba estén colocados.
6. Encender el equipo.
7. Verificar que la presión de vacío este a kPa.

Apagado del Equipo de Ordeño:

1. Abrir las válvulas localizadas en la base de los colectores para recuperar el excedente de leche en las mangueras.
2. Abrir el tapón ubicado en uno de los extremos de la línea de vacío o junto a la bomba.
3. Apagar el motor.

CONTACTOS SEMAGRO			
CARGO	PERSONAL TÉCNICO	TELÉFONO	E- MAIL
Gerente Técnico	Ing. Cristian Carvajal	0999584046	ccarvajal@semagro.com
Jefe Técnico	Ing. Carlos Trujillo	0999143416	ctrujillo@semagro.com
Servicio Post Venta y Calidad de leche	Mvz. Ma. Gabriela Espinoza	0999143193	mespinoza@semagro.com
Gerente de ventas	Ing. César Zurita	0999453532	czurita@semagro.com

Contactarnos en caso de emergencia y requerimientos de: equipo de ordeño, tanque de enfriamiento o calidad de leche.

RUTINA DE LAVADO

Nº de Unidades de Ordeño: Cantidad de Agua a utilizar:

1.- ENJUAGUE INICIAL / DESLECHE: Usar agua tibia y no recircular.

2.- LAVADO ALCALINO:

Dosis

Temperatura del agua Inicial Final

Tiempo de recirculación en función a la temperatura del agua.

3.- ENJUAGUE:

4.- LAVADO ÁCIDO:

Frecuencia de uso

Dosis Temperatura del agua

Tiempo de recirculación

5.- ENJUAGUE:

6.- SANITACIÓN:

Frecuencia de Uso

Dosis Temperatura del agua

Tiempo de recirculación

Drenar completamente los residuos de agua del equipo.

ANEXO E

TABLA MANTENIMIENTOS DE EQUIPOS DE ORDEÑO

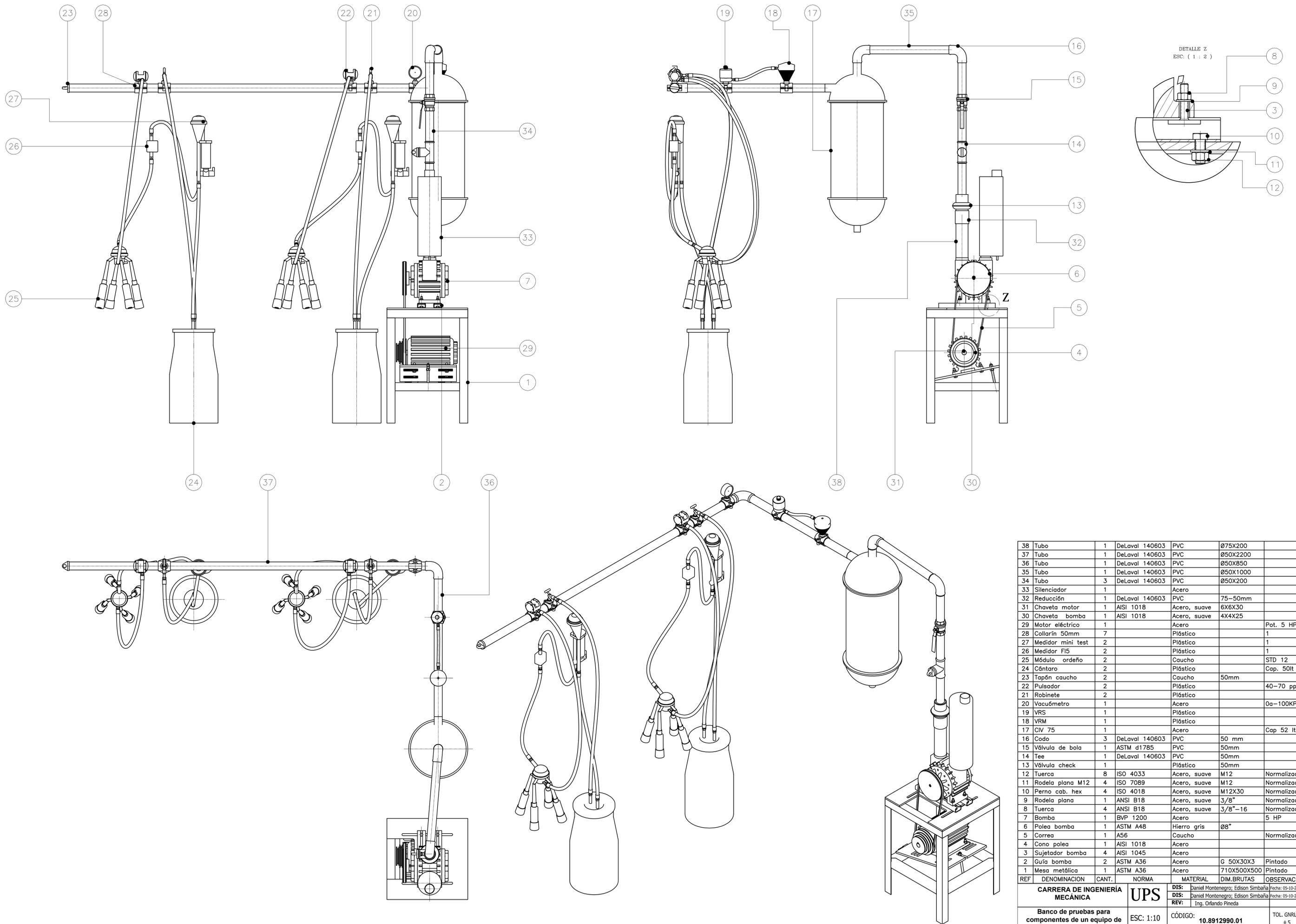
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE ORDEÑO		
MANTENIMIENTO	TIPO DE TRABAJO	TIEMPO DE RECAMBIO
Unidad de ordeño	Cambio de pezoneras	6 meses/ 2500 ordeños la que se cumpla primero.
	Cambio de proflex	6 meses
	Cambio de Kit Colector	1 año
	Cambio de manguera de leche	1año
	Cambio de manguera de pulsado	2 años
Bomba de Vacío	Inspección y Lavado	1000 horas/ 6 meses
	Bandas	2000 horas/ año
	Mantenimiento completo	8000 horas/ antes de acuerdo al estado de los repuestos.
Bomba de Leche	Kit de la bomba de leche	2000 horas/ año
Pulsadores / Repetidoras	Limpieza, lavado, calibración	1000 horas/ 6 meses
	Mantenimiento y cambio de repuestos	4000 horas/ 2 años
Tanque de Enfriamiento	Mantenimiento	6 meses
	Cambio de empaque de la válvula de leche	1 año/ función desgaste

CONTACTOS SEMAGRO

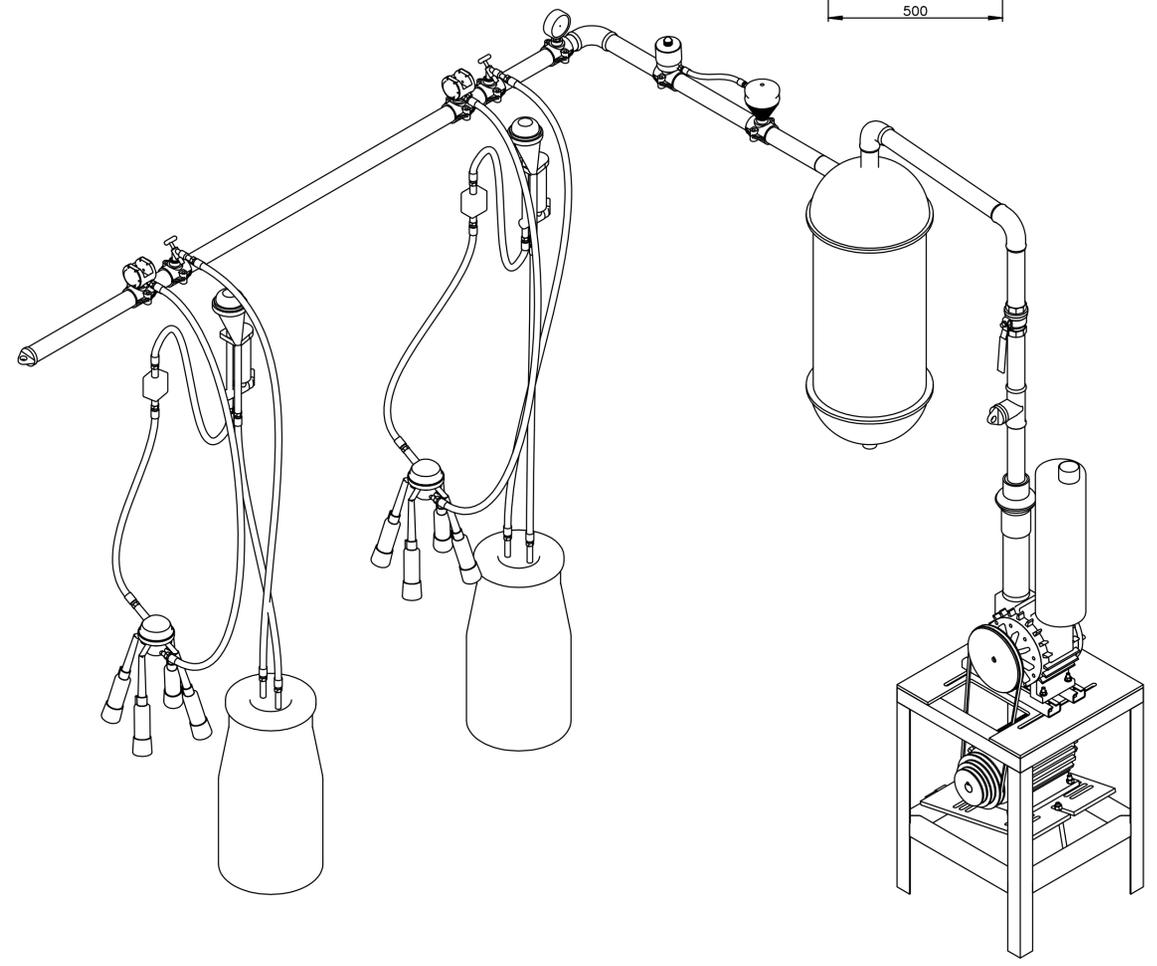
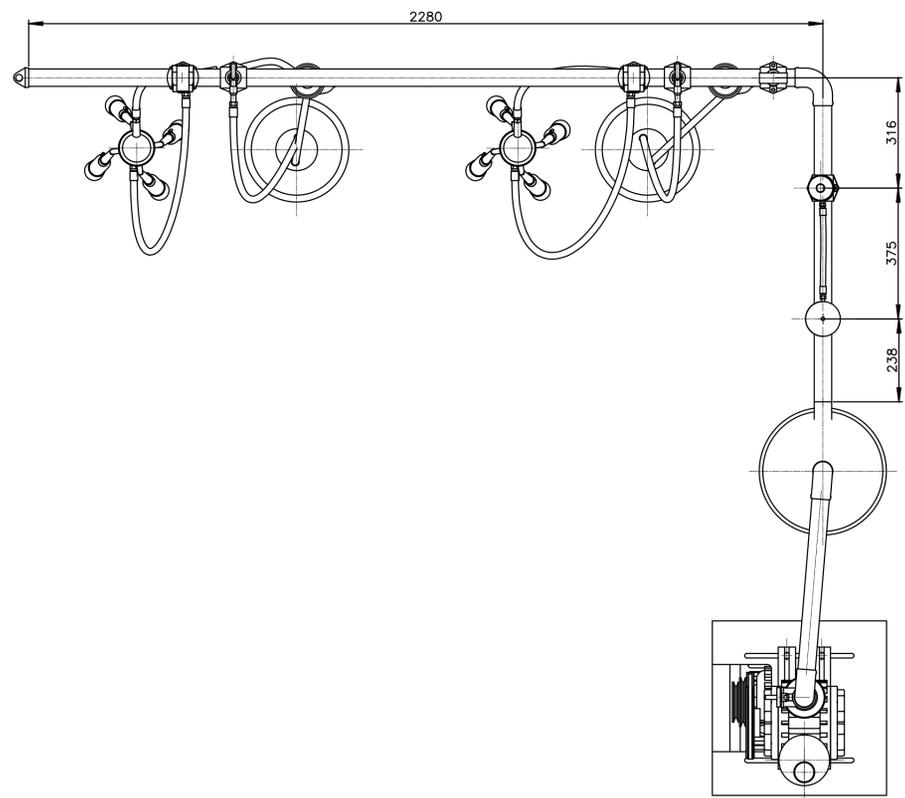
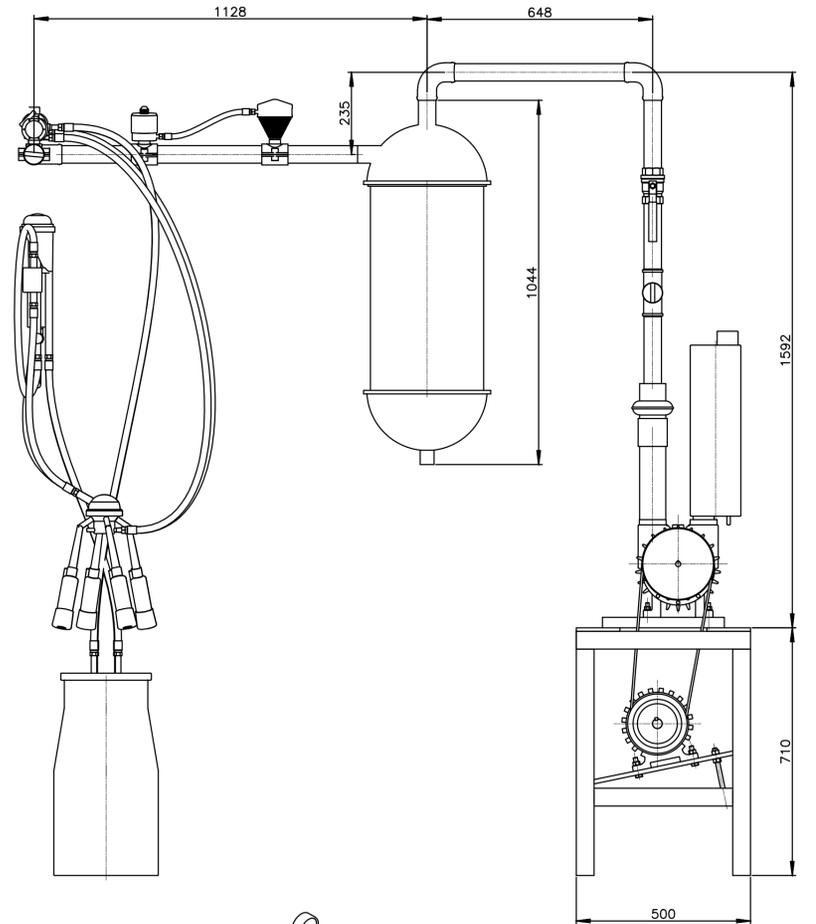
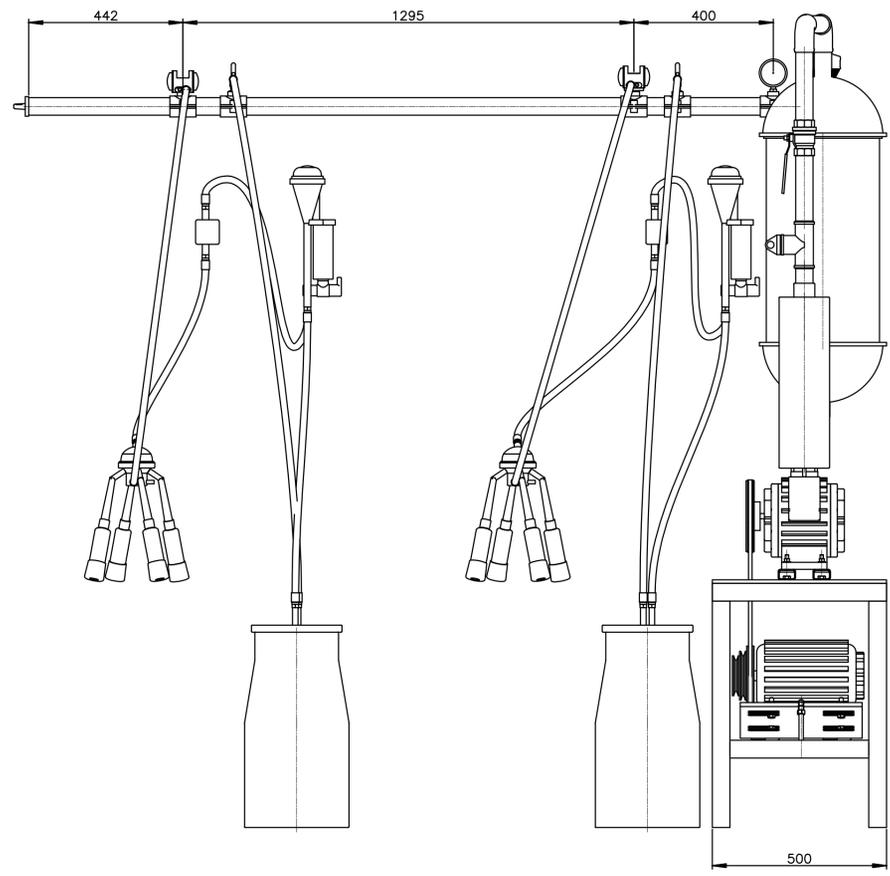
CARGO	PERSONAL TÉCNICO	TELÉFONO	E- MAIL
Gerente Técnico	Ing. Cristian Carvajal	0999584046	ccarvajal@semagro.com
Jefe Técnico	Ing. Carlos Trujillo	0999143416	ctrujillo@semagro.com
Servicio Post Venta y Calidad de leche	Mvz. Ma. Gabriela Espinoza	0999143193	mespinoza@semagro.com
Gerente de ventas	Ing. César Zurita	0999453532	czurita@semagro.com

En caso de existir alguna emergencia, requerimientos con el equipo de ordeño, tanque de enfriamiento o calidad de leche; favor comunicarse con contactos antes descritos.

ANEXO F
PLANOS BANCO DE PRUEBAS



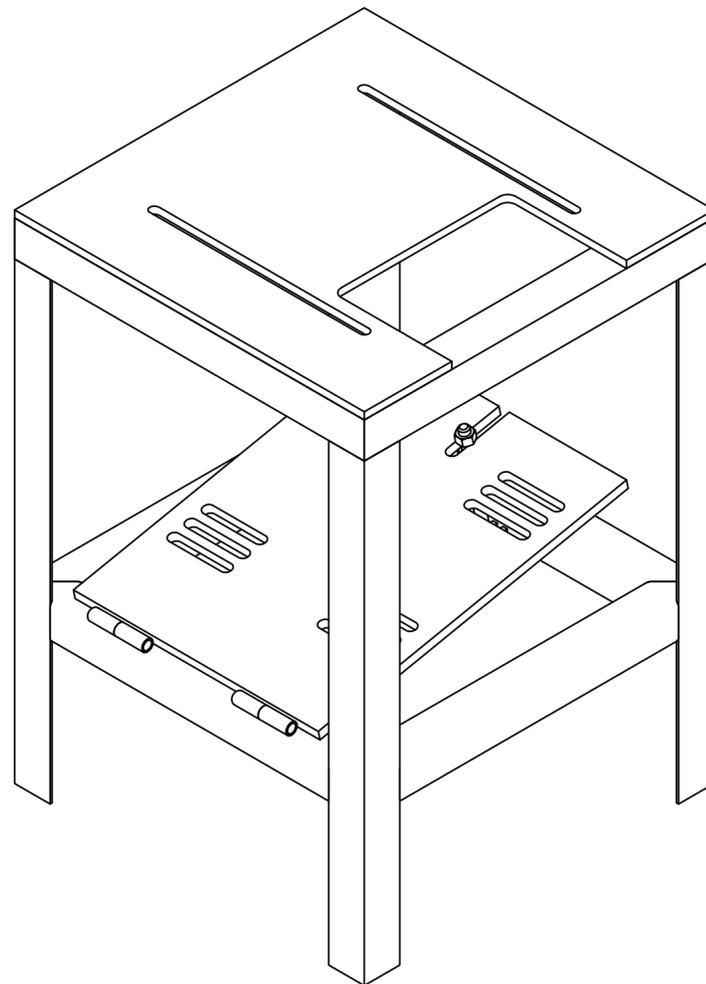
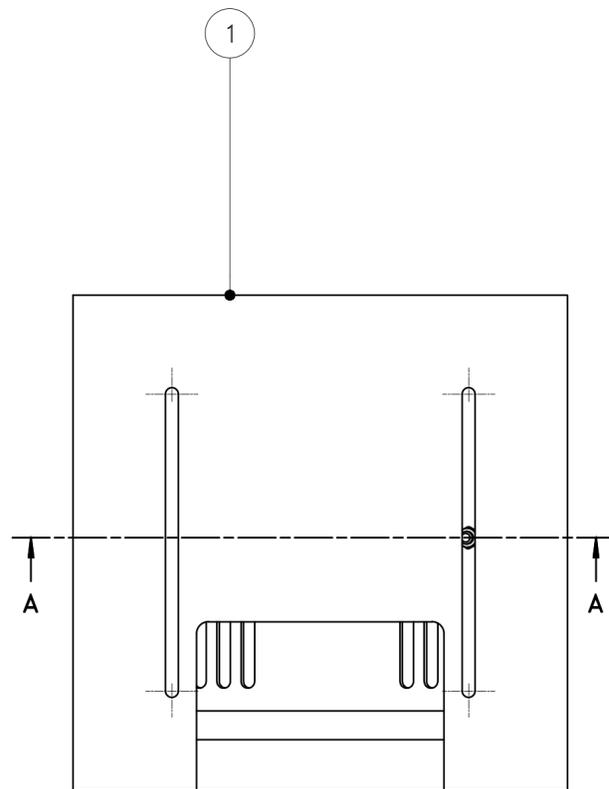
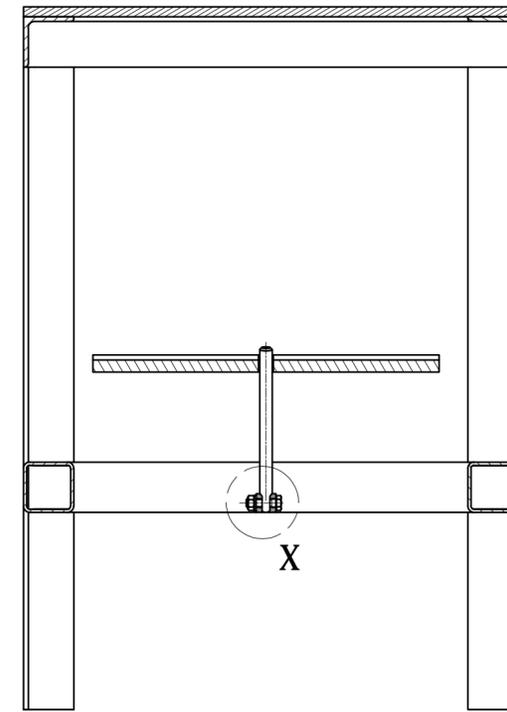
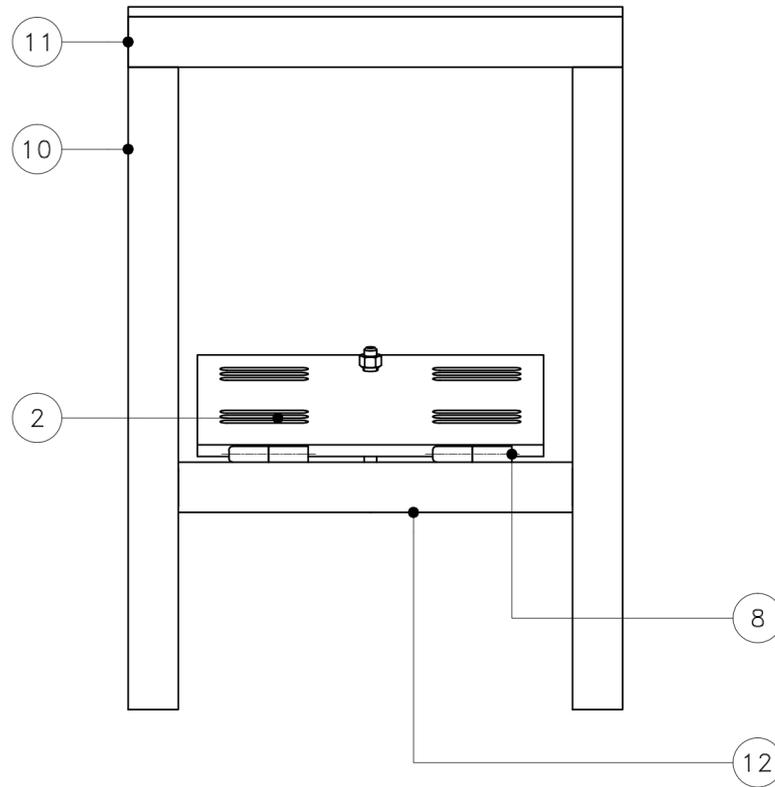
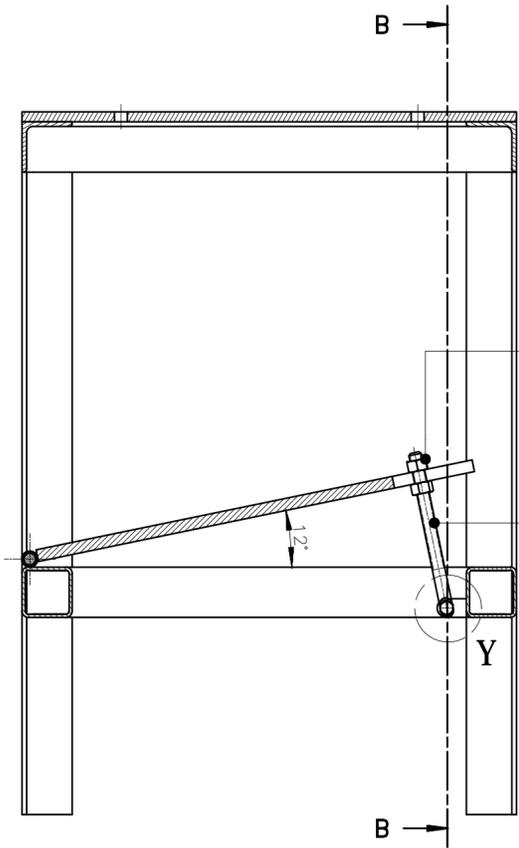
38	Tubo	1	DeLaval 140603	PVC	Ø75X200	
37	Tubo	1	DeLaval 140603	PVC	Ø50X2200	
36	Tubo	1	DeLaval 140603	PVC	Ø50X850	
35	Tubo	1	DeLaval 140603	PVC	Ø50X1000	
34	Tubo	3	DeLaval 140603	PVC	Ø50X200	
33	Silenciador	1		Acero		
32	Reducción	1	DeLaval 140603	PVC	75-50mm	
31	Chaveta motor	1	AISI 1018	Acero, suave	6X6X30	
30	Chaveta bomba	1	AISI 1018	Acero, suave	4X4X25	
29	Motor eléctrica	1		Acero		Pot. 5 HP
28	Collarín 50mm	7		Plástico		1
27	Medidor mini test	2		Plástico		1
26	Medidor F15	2		Plástico		1
25	Módulo ordeño	2		Caucho		STD 12
24	Cántaro	2		Plástico		Cap. 50lt
23	Tapón caucho	2		Caucho	50mm	
22	Pulsador	2		Plástico		40-70 ppm
21	Robinete	2		Plástico		
20	Vacuómetro	1		Acero		0a-100KPa
19	VRS	1		Plástico		
18	VRM	1		Plástico		
17	CIV 75	1		Acero		Cap 52 lt
16	Codo	3	DeLaval 140603	PVC	50 mm	
15	Válvula de bola	1	ASTM d1785	PVC	50mm	
14	Tee	1	DeLaval 140603	PVC	50mm	
13	Válvula check	1		Plástico	50mm	
12	Tuerca	8	ISO 4033	Acero, suave	M12	Normalizado
11	Rodela plana M12	4	ISO 7089	Acero, suave	M12	Normalizado
10	Perno cab. hex	4	ISO 4018	Acero, suave	M12X30	Normalizado
9	Rodela plana	1	ANSI B18	Acero, suave	3/8"	Normalizado
8	Tuerca	4	ANSI B18	Acero, suave	3/8"-16	Normalizado
7	Bomba	1	BVP 1200	Acero		5 HP
6	Palea bomba	1	ASTM A48	Hierro gris	Ø8"	
5	Carrea	1	A56	Caucho		Normalizado
4	Cono polea	1	AISI 1018	Acero		
3	Sujetador bomba	4	AISI 1045	Acero		
2	Guía bomba	2	ASTM A36	Acero	G 50X30X3	Pintado
1	Mesa metálica	1	ASTM A36	Acero	710X500X500	Pintado
REF	DENOMINACION	CANT.	NORMA	MATERIAL	DIM.BRUTAS	OBSERVACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA			UPS		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña Fecha: 05-10-2014	
Banco de pruebas para componentes de un equipo de ordeño			ESC: 1:10		CÓDIGO: 10.8912990.01	
						TOL. GNRL: ±5



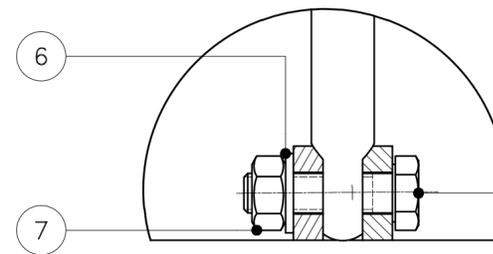
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	Aceraf PVC	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A	DIS:	Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS:	Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV:	Ing. Orlando Pineda	
Banco de pruebas para componentes de un equipo de ordeño	ESC: 1:10	CÓDIGO:	10.8912990.02	TOL. GNRL: ±5

CORTE A-A
ESC:(1 : 5)

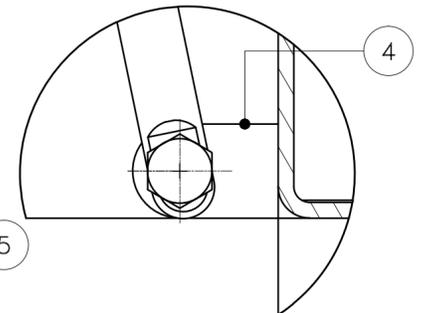
CORTE B-B
ESC:(1 : 5)



DETALLE X
ESC: (1 : 1)



DETALLE Y
ESC:(1 : 1)



12	Tubo cuadrado	4	ASTM A36	Acero	2"X1/8"x500	
11	Ángulo	4	ASTM A36	Acero	2"X3/16"x500	
10	Ángulo	4	ASTM A36	Acero	2"X3/16"x650	
9	Tuerca	2	ANSI B18	Acero	1/2"	Normalizado
8	Bisagra	2	ASTM A36	Acero	Ø1/2"x2"	
7	Tuerca	1	ISO 4032	Acero	M8	Normalizado
6	Arandela plana	1	ISO 7089	Acero	M8	Normalizado
5	Perno cab. hexagonal	1	ISO 4017	Acero	M8X30	Normalizado
4	Soporte perno	2	AISI 1045	Acero,semiduro	30X20X6	
3	Perno templador	1	AISI 1018	Acero,suave	Ø1/2x200	
2	Placa base motor	1	AISI 1045	Acero,semiduro	452X352X12	
1	Placa base bomba	1	AISI 1045	Acero,semiduro	505x505x10	
POS.	DENOMINACION	CANT.	CODIGO	MATERIAL	DIM. BRUTAS	OBSERVACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA
MECÁNICA

UPS

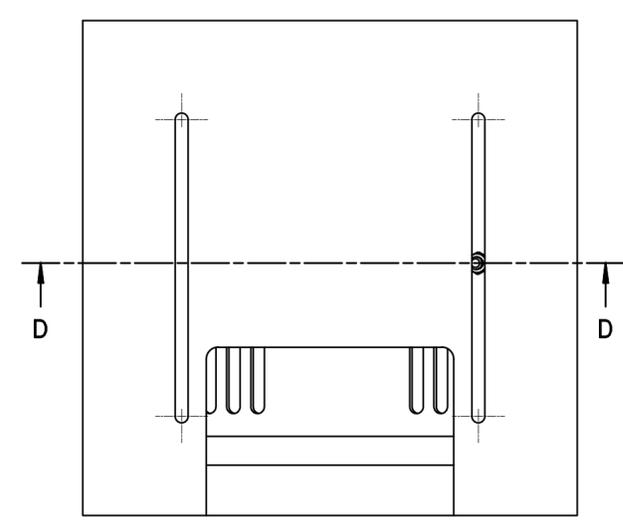
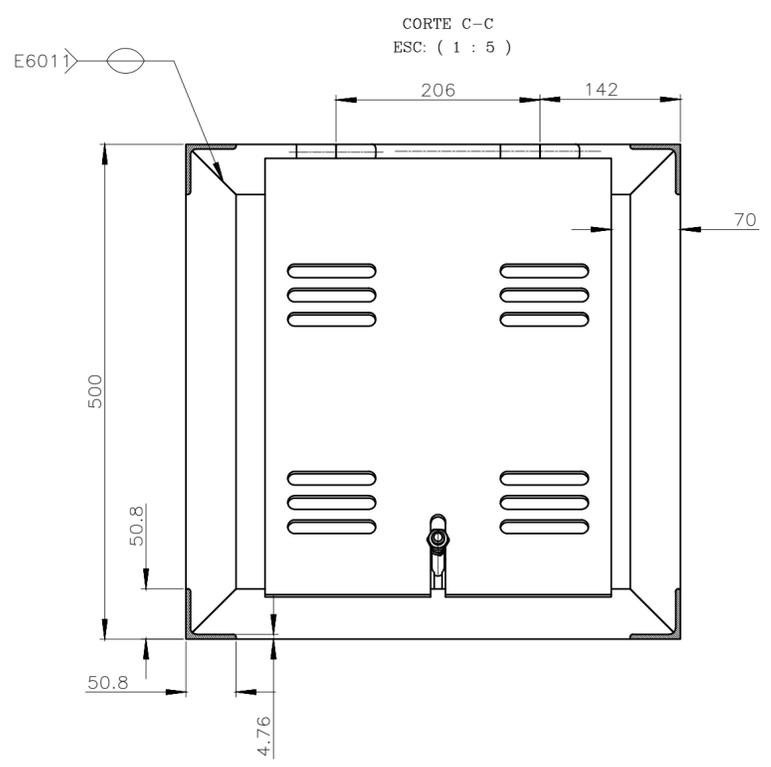
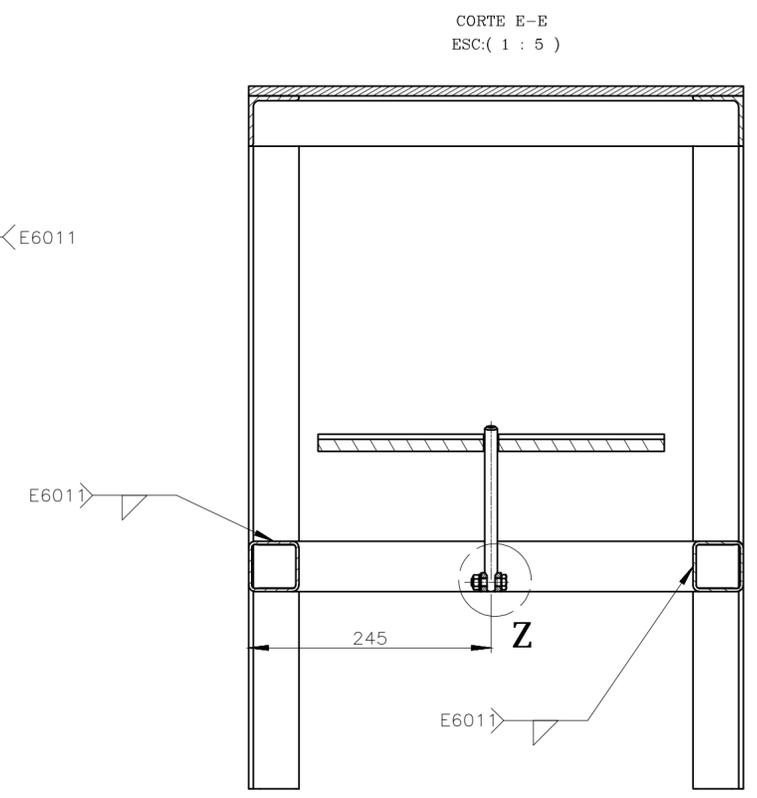
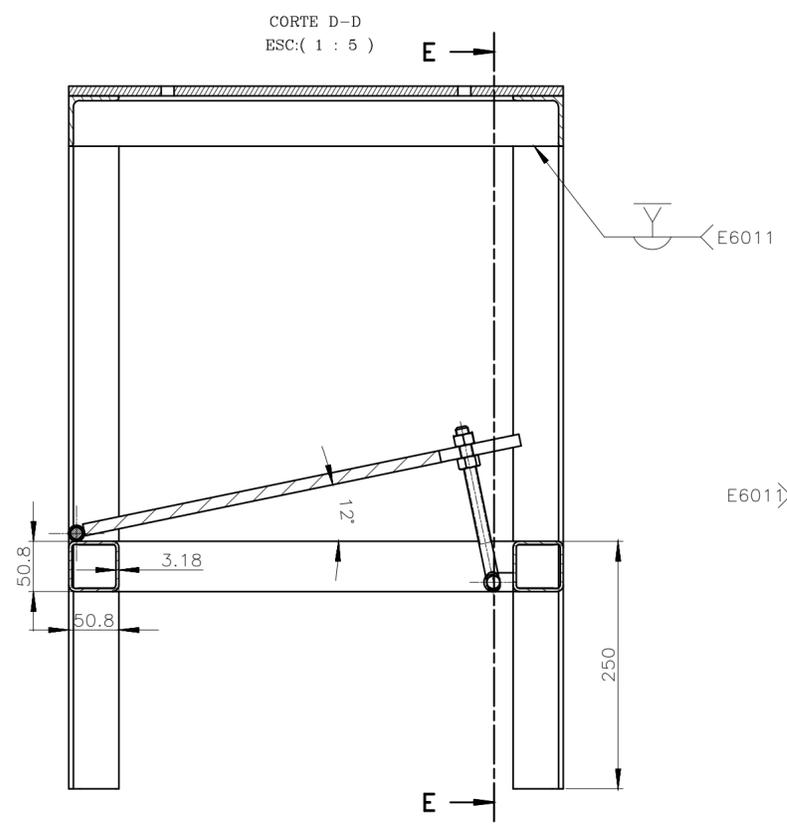
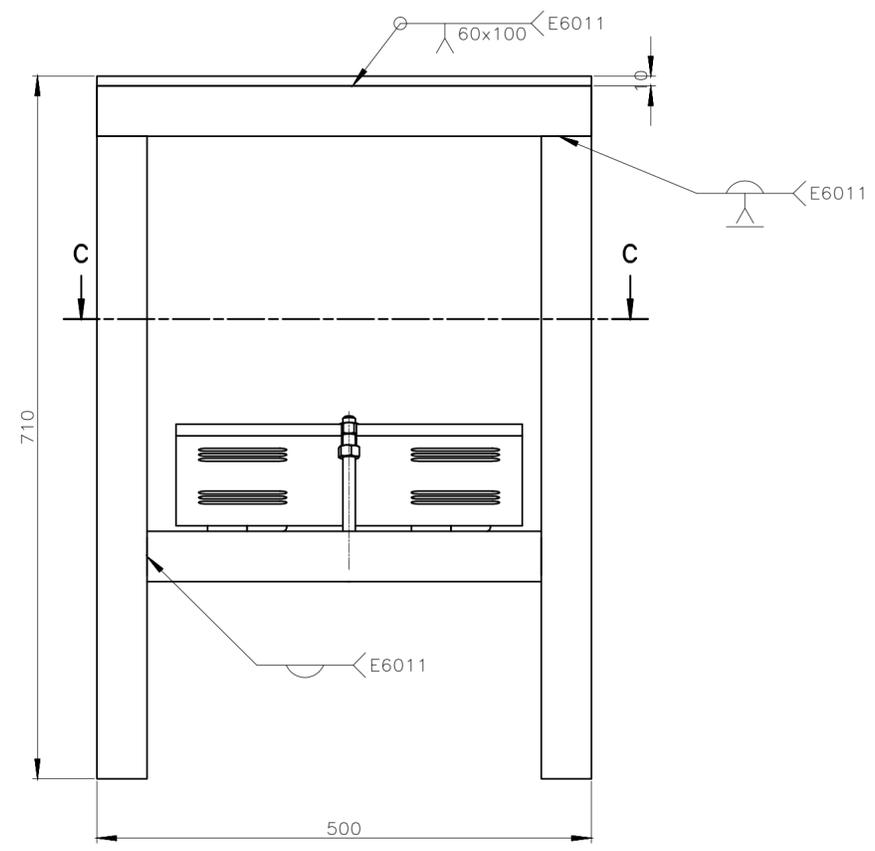
DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña Fecha: 05-10-2014
DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña Fecha: 05-10-2014
REV: Ing. Orlando Pineda

Mesa metálica

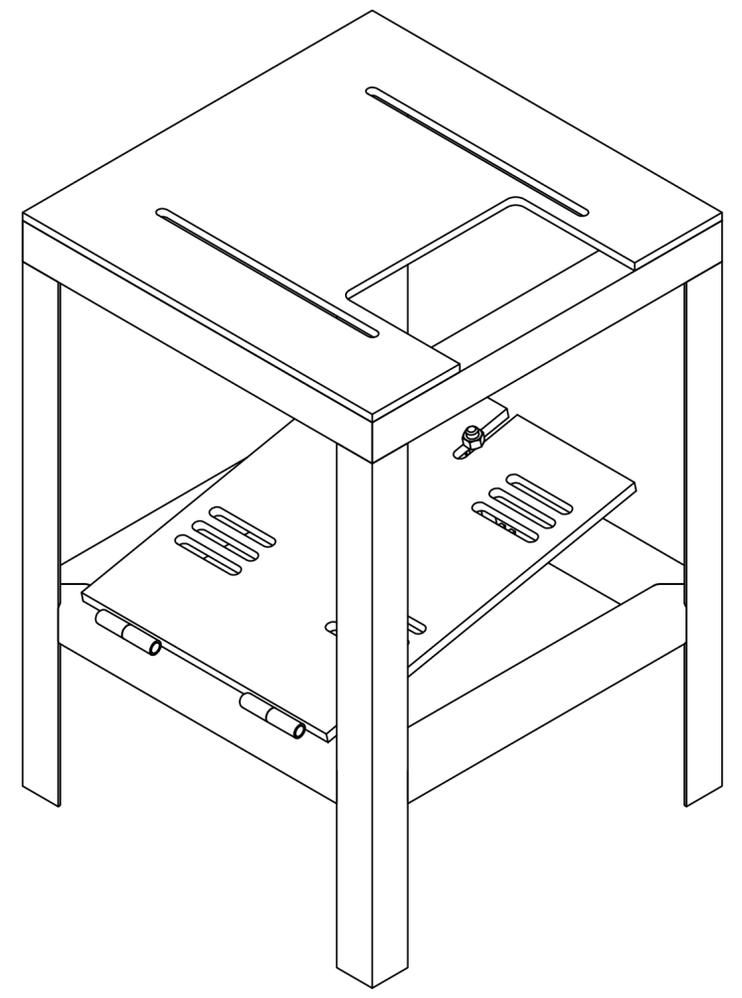
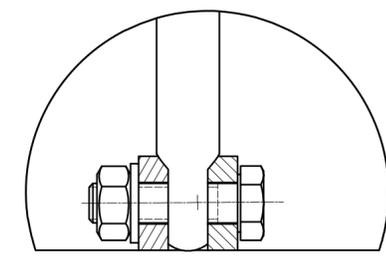
ESC: 1:5

CÓDIGO: 10.8912990.01.01

TOL. GNRL:
±5

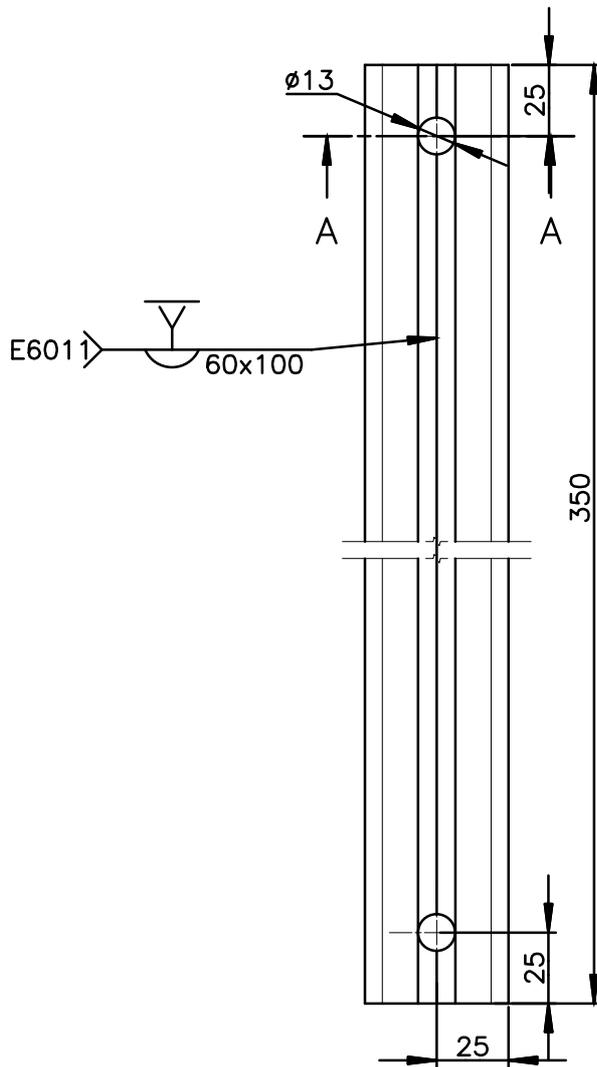
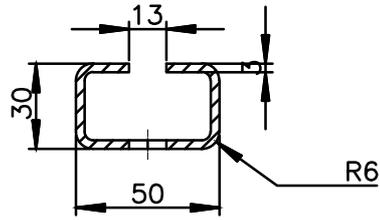


DETALLE Z
ESC:(1 : 1)



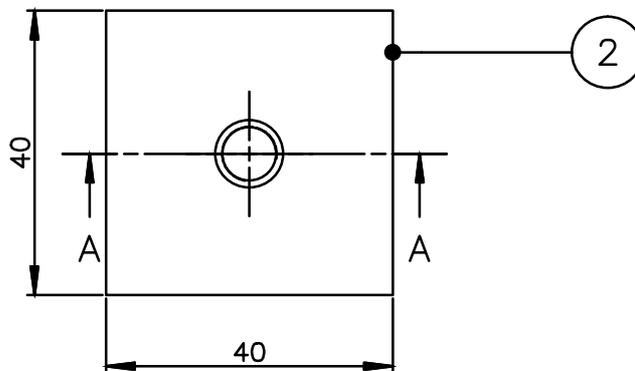
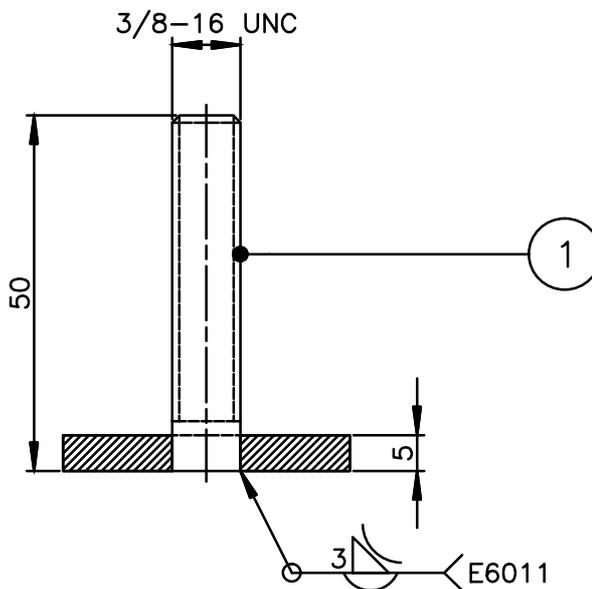
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: Acero	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Pintado		500x500x710
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS:	Daniel Montenegro; Edison Simbaña Fecha: 05-10-2014
		DIS:	Daniel Montenegro; Edison Simbaña Fecha: 05-10-2014
		REV:	Ing. Orlando Pineda
Mesa metálica	ESC: 1:5	CÓDIGO: 10.8912990.01.01	TOL. GNRL: ± 5

CORTE A-A
 ESC: (1 : 2,5)



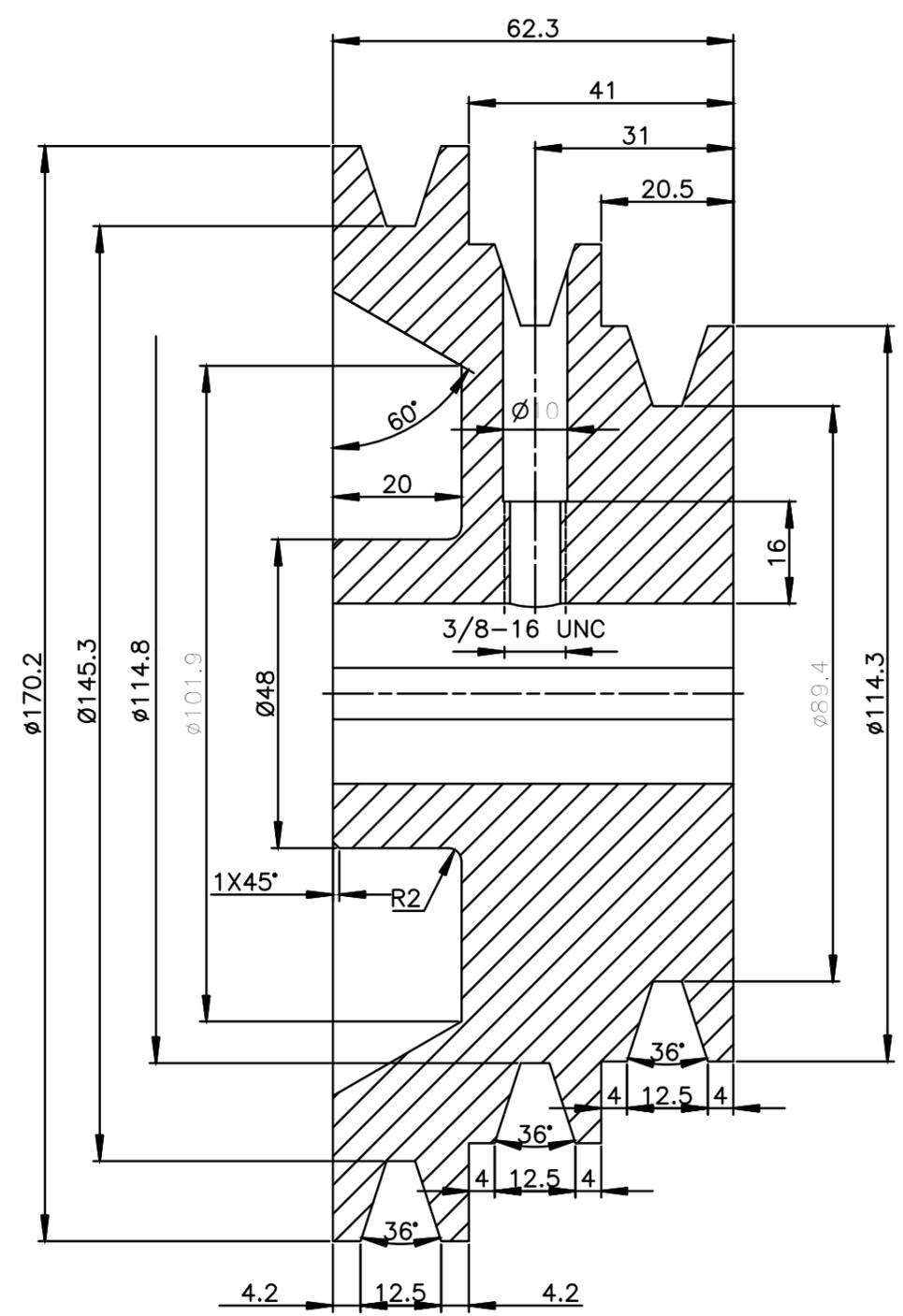
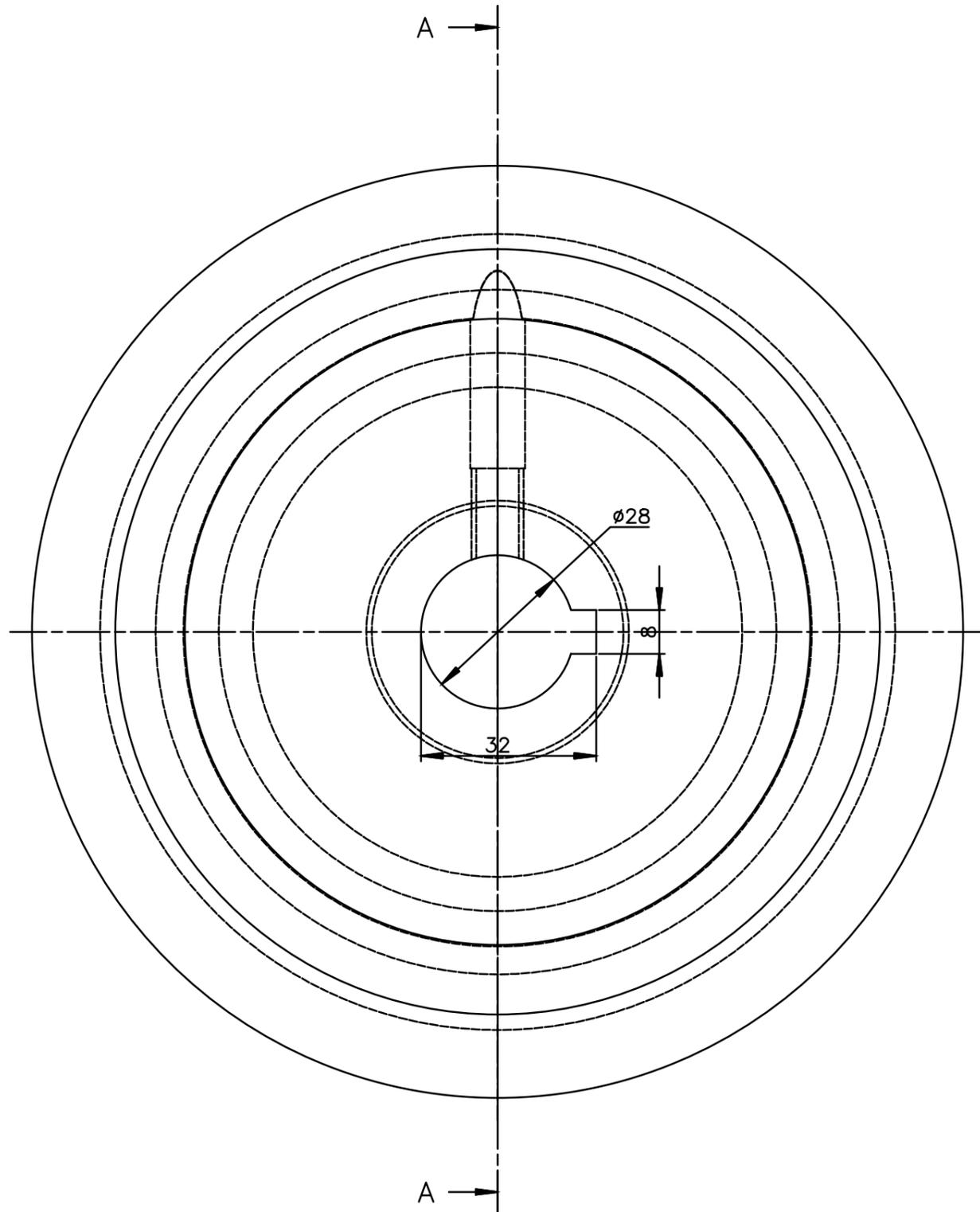
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: ASTM A36	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	Pintado		G 50x30x3x352
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Guía bomba	ESC: 1:2,5	CÓDIGO: 10.8912990.01.02	TOL. GNRL: ± 0.1

CORTE A-A
 ESC:(1 : 1)

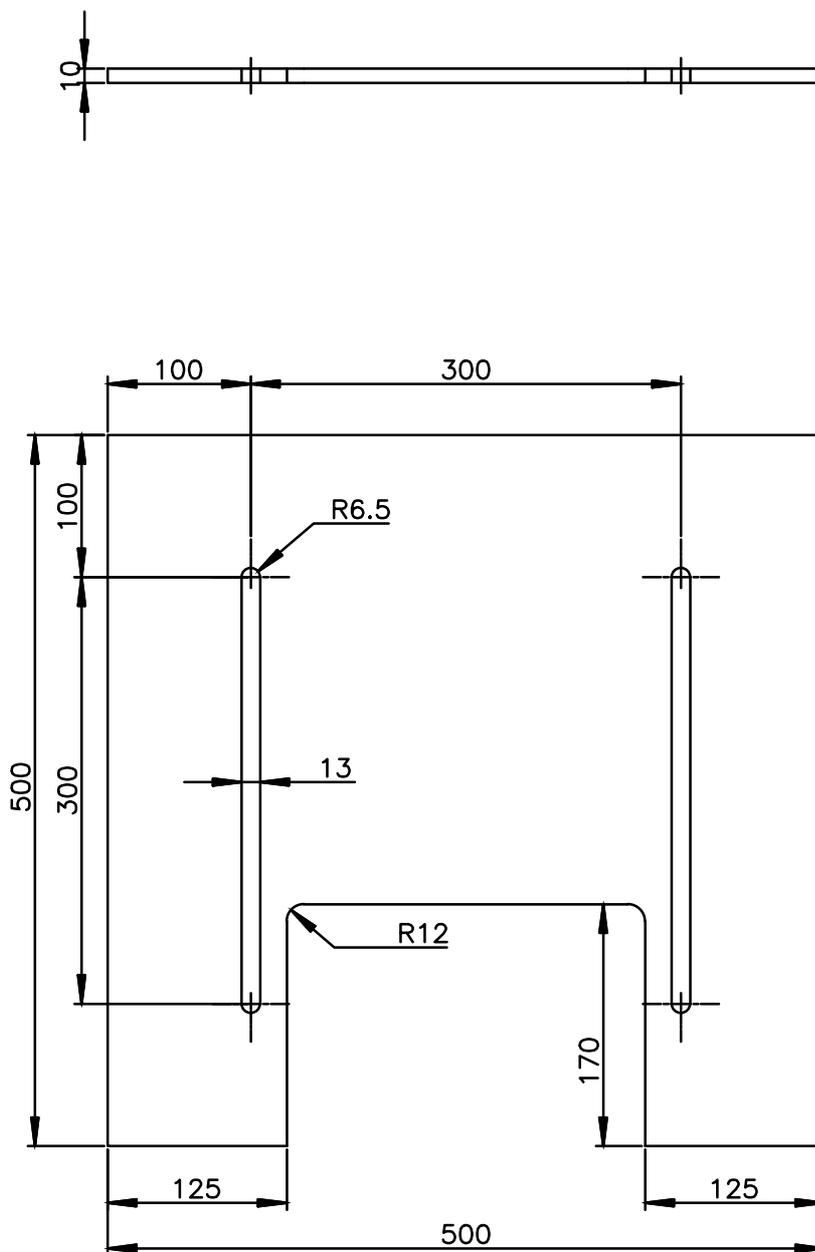


2	Placa cuadrada	1	AISI 1045	Acero	42x42	
1	Eje roscado	1	AISI 1018	Acero	∅10x52	
REF	DENOMINACION	CANT.	NORMA	MATERIAL	DIM.BRUTAS	OBSERVACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014	
				DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014	
				REV: Ing. Orlando Pineda		
Sujetador de bomba			ESC: 1:1	CÓDIGO: 10.8912990.01.03	TOL. GNRL: ± 0.1	

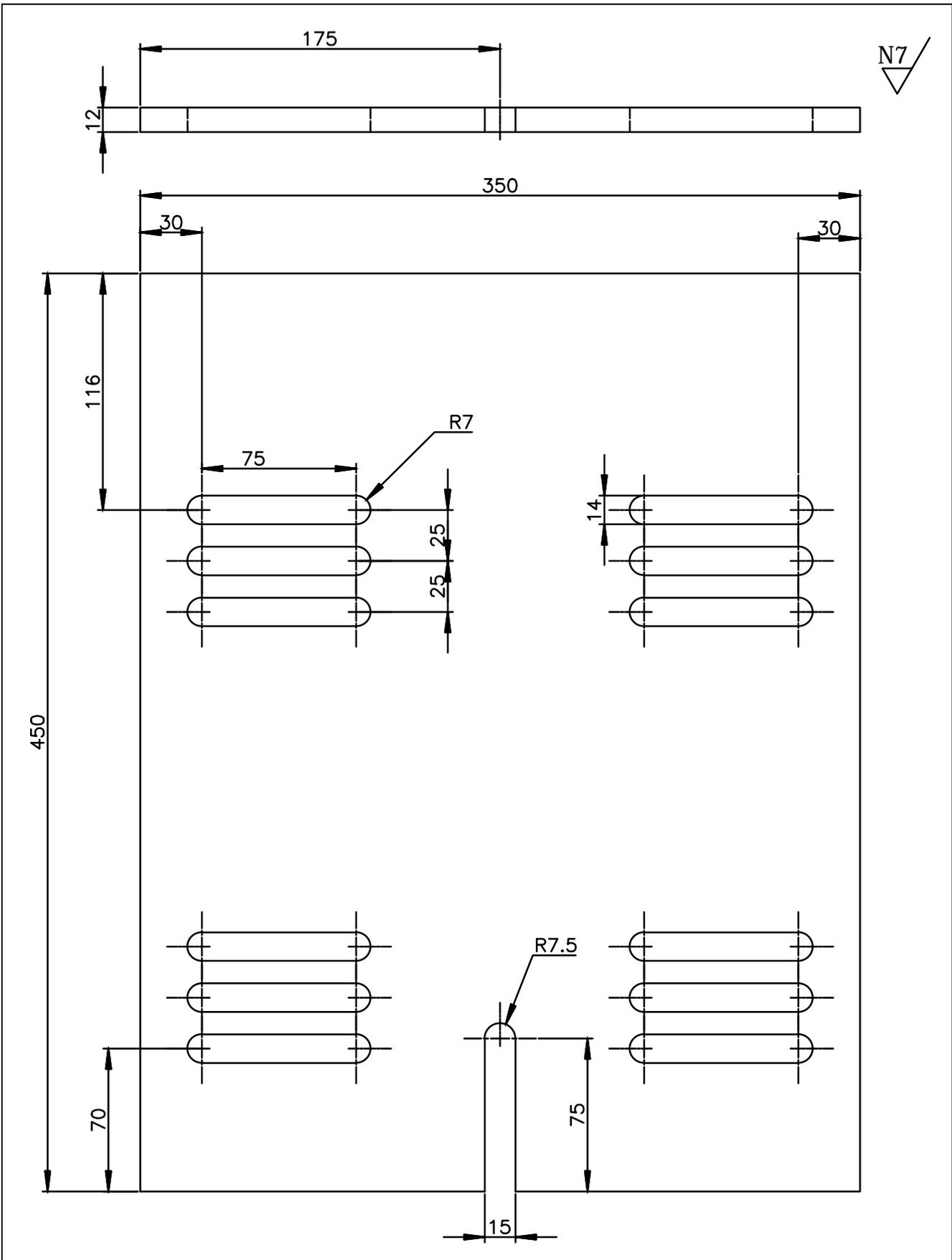
CORTE A-A
 ESC: (1 : 1)



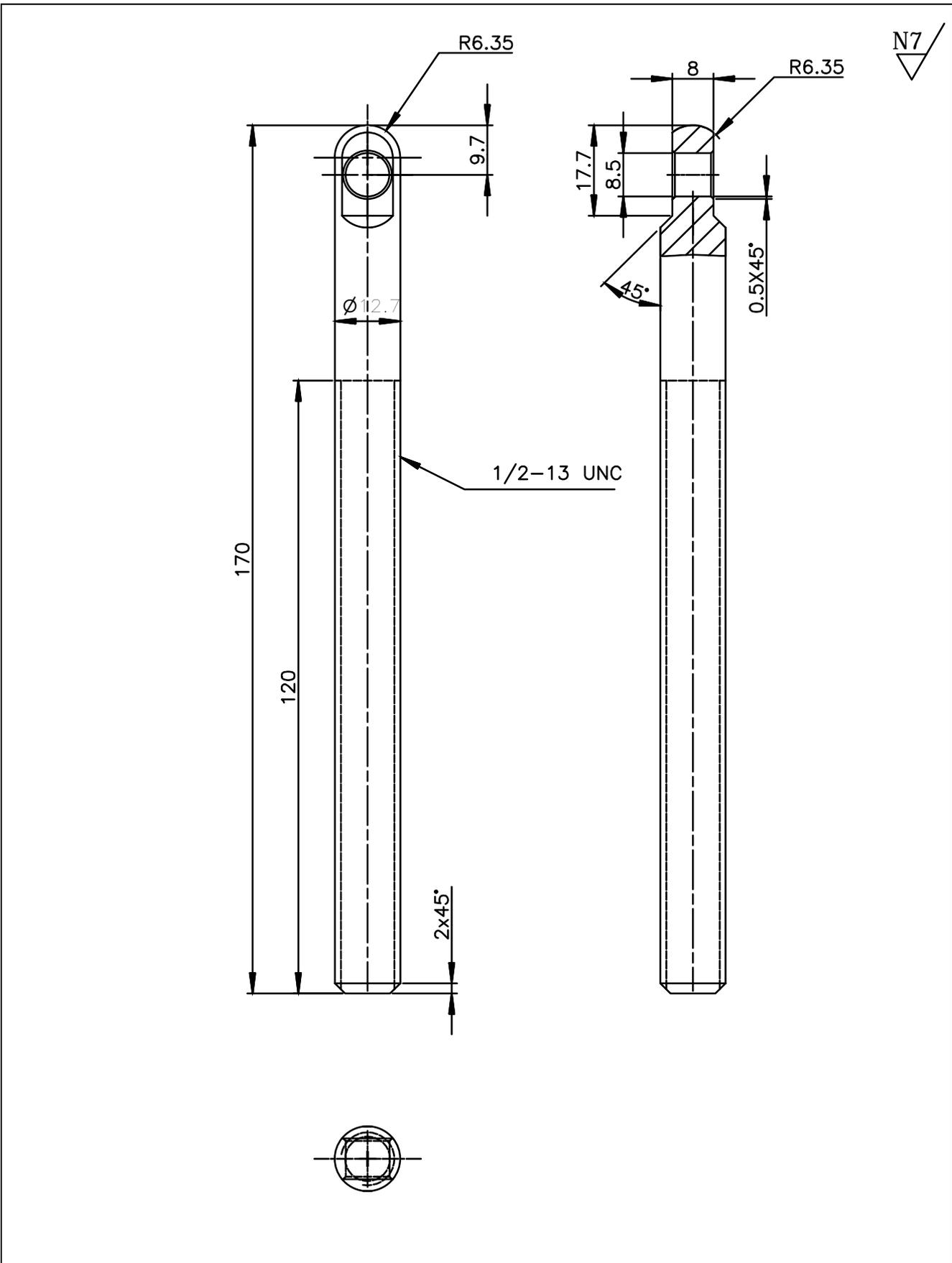
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL:	AISI 1018	DIM. BRUTAS:	Ø175X70
RECUBRIMIENTO	N/A	DIS:	Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha:	05-10-2014
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS:	Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha:	05-10-2014
		REV:	Ing. Orlando Pineda		
Cono polea	ESC: 1:1	CÓDIGO:	10.8912990.01.04	TOL. GNRL:	± 0.1



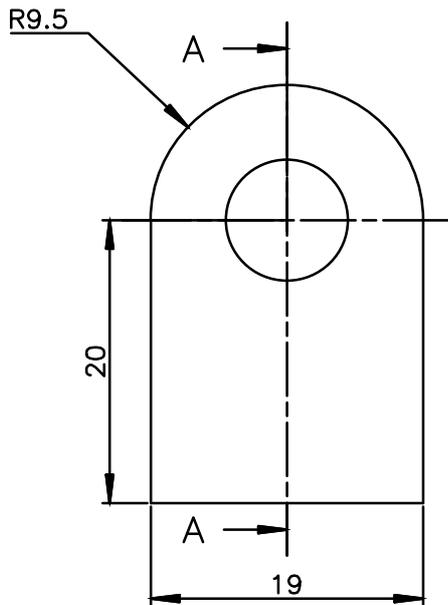
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: AISI 1045	DIM. BRUTAS: 502x502x10
RECUBRIMIENTO	N/A		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Montenegro Daniel /Simbaña Edison	Fecha: 05-10-2014
		DIB: Montenegro Daniel /Simbaña Edison	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Placa base bomba	ESC: 1:5	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.01	TOL. GNRL: ± 1



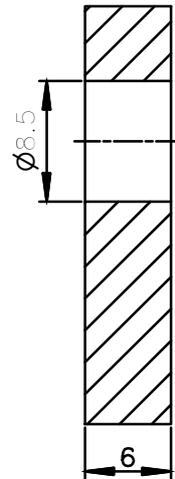
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: AISI 1045	DIM. BRUTAS: 352x452x12
RECUBRIMIENTO	N/A		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Placa base motor	ESC: 1:2,5	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.02	TOL. GNRL: ± 1



TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: AISI 1018	DIM. BRUTAS: $\varnothing 1/2" \times 172$
RECUBRIMIENTO	N/A		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Perno templador	ESC: 1:1	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.03	TOL. GNRL: ± 0.1

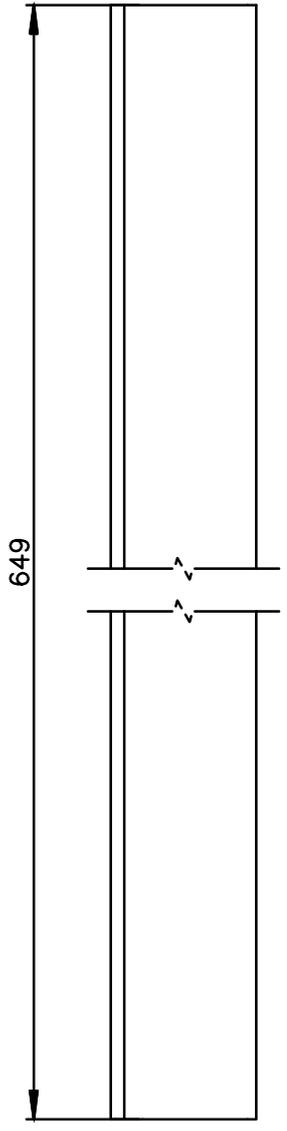
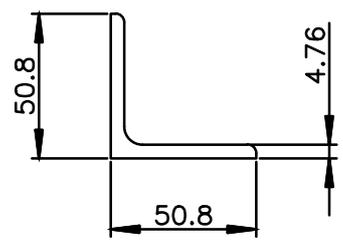


CORTE A-A
ESC: (2 : 1)



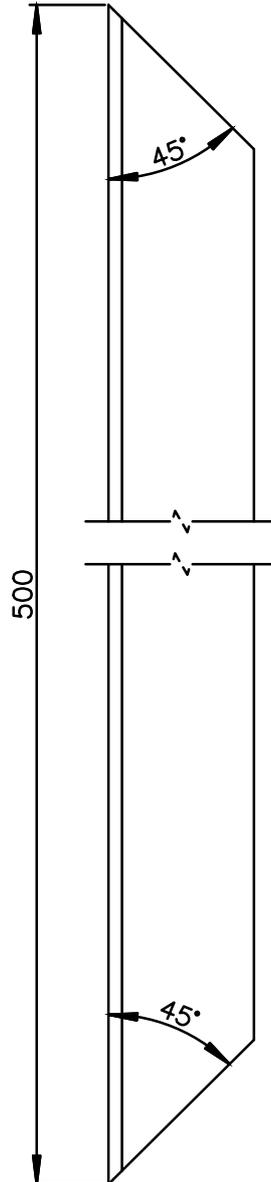
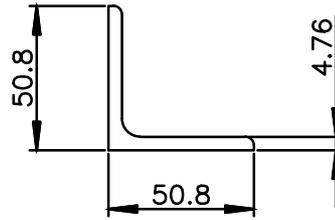
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: AISI 1045	DIM. BRUTAS: 20x30x6
RECUBRIMIENTO	N/A		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Soporte perno	ESC: 2:1	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.04	TOL. GNRL: ± 0.1

N7



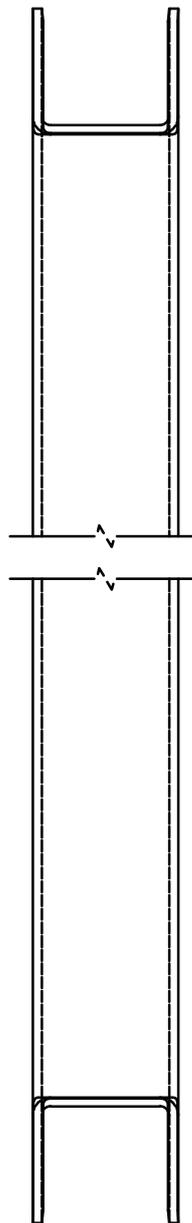
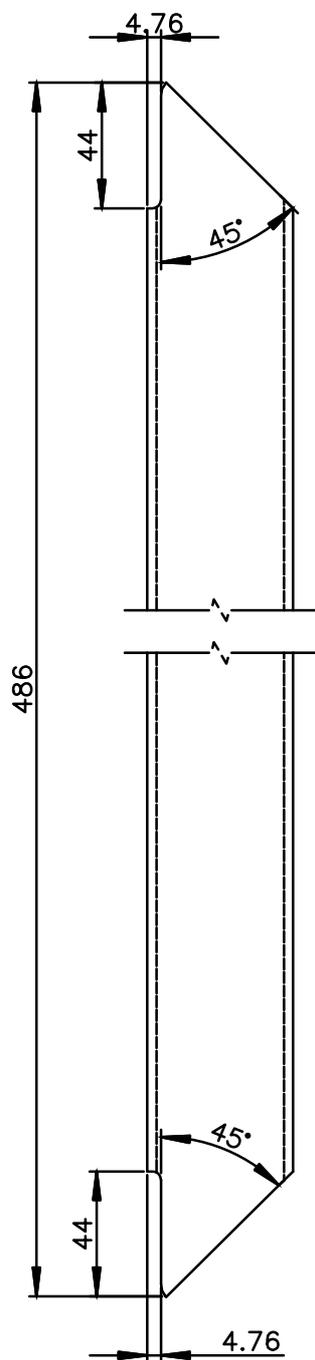
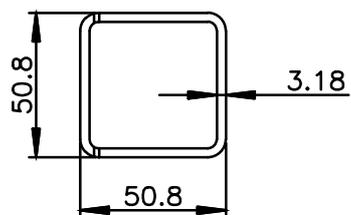
TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: ASTM A36	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A		2"x3/16"x650
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Ángulo	ESC: 1:2,5	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.05	TOL. GNRL: ± 2

N7

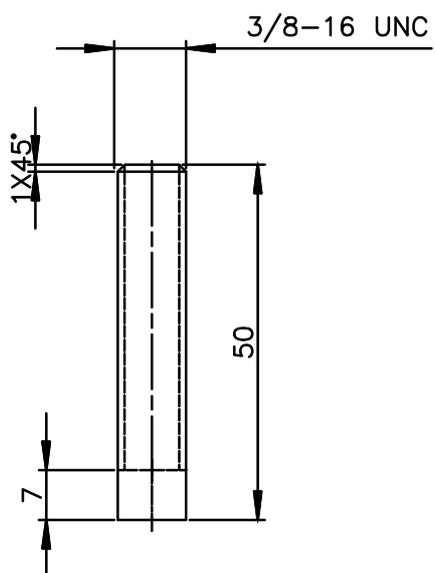


TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: ASTM A36	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A		2"x3/16"x502
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Ángulo	ESC: 1:2,5	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.06	TOL. GNRL: ± 2

N7

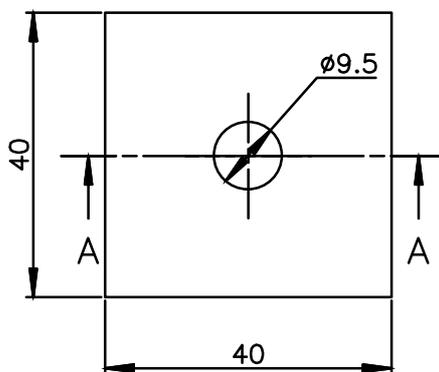
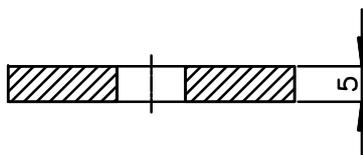


TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: ASTM A36	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A		2"x1/8"x490
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Tubo cuadrado	ESC: 1:2,5	CÓDIGO: 10.8912990.01.01.07	TOL. GNRL: ± 2



TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: AISI 1018	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A		Ø10X52
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Eje roscado	ESC: 1:1	CÓDIGO: 10.8912990.01.03.01	TOL. GNRL: ± 0.1

CORTE A-A
 ESC:(1 : 1)



TRATAMIENTO TÉRMICO	N/A	MATERIAL: AISI 1045	DIM. BRUTAS:
RECUBRIMIENTO	N/A		42X42X6
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		DIS: Daniel Montenegro; Edison Simbaña	Fecha: 05-10-2014
		REV: Ing. Orlando Pineda	
Placa cuadrada	ESC: 1:1	CÓDIGO: 10.8912990.01.03.02	TOL. GNRL: ± 0.1