

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
	DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(106)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	VÍCTOR EDUARDO CASADIEGOS NORIEGA MARLON RENE ESCOBAR MACEA		
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍA		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECÁNICA		
DIRECTOR	EDER NORBERTO FLÓREZ SOLANO		
TÍTULO DE LA TESIS	PROPUESTA DE UN MODELO DE EQUIPO DE PRENSADO TIPO PALANCA, PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN EL LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>PARA CUMPLIR CON ESTO SE PLANTEA HACER UN PROTOTIPO DE PRENSA NEUMÁTICA Y ACERO INOXIDABLE CON EL CUAL SE ASEGURA NO TENER DERRAMES DE FLUIDOS Y PARTÍCULAS QUE ATENTEN CONTRA LA CALIDAD DEL PRODUCTO, ADEMÁS DE UN SISTEMA DE PALANCA CON EL CUAL ES POSIBLE EQUILIBRAR UNA RESISTENCIA GRANDE, PRENSAR INTENSAMENTE UN QUESO CON UNA PEQUEÑA POTENCIA Y ESCASO PESO SIEMPRE QUE ESTA SE COLOQUE DE MODO QUE EL BRAZO DE LA PALANCA SEA BASTANTE MAYOR QUE LA LONGITUD DEL BRAZO RESISTENTE.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 106	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1



**PROPUESTA DE UN MODELO DE EQUIPO DE PRENSADO TIPO PALANCA,
PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN EL LABORATORIO DE
LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
OCAÑA**

**VÍCTOR EDUARDO CASADIEGOS NORIEGA
MARLON RENE ESCOBAR MACEA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
OCAÑA
2015**

**PROPUESTA DE UN MODELO DE EQUIPO PRENSADO TIPO PALANCA,
PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN EL LABORATORIO DE
LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
OCAÑA**

**MARLON RENE ESCOBAR MACEA
VÍCTOR EDUARDO CASADIEGOS NORIEGA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
Ingeniero Mecánico**

**Director:
EDER NORBERTO FLÓREZ SOLANO
MSc. Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
OCAÑA
2015**

DEDICATORIA

A Dios y la virgen del milagro de Tunja, a mis padres Boris Alfonso Escobar Quiñones y Edilsa Macea Meneses por su apoyo y por ser mi motivación cada día, para culminar mis estudios.

A ustedes mis hermanos Ginna Melissa Escobar Macea y Boris Eduardo Escobar Macea que con sus sacrificios y apoyo forman parte de mi motivación.

A mi padrino Jesús Escobar Quiñones y su esposa Eleana Coneo Mendoza que constantemente sus consejos y guía me han fortalecido en todo momento.

A Ana Mercedes Quiñones Prince, que siempre ha tenido confianza en mí, y gran parte de sus consejos y cariño me han formado como persona.

A mi tía Zaine Rosa Macea Meneses, tu guía estos últimos años lo he apreciado de todo corazón.

A mi tía Zenith Macea Meneses, a Angie Romano Macea a Lilibeth Romano Macea, las quiero mucho.

A Rene de Jesús Quiñones Prince (Q.E.P.D) que desde muy niño tus consejos y palabras me han fortalecido.

A ti Mariana Cáceres Arias, que con tu sonrisa, inocencia, ternura, me alegran y me motivas, te quiero mucho.

A mis amigos de toda la vida, Sergio Bacca Santiago, Jesús Alvares Contreras, Martin Eduardo Galezo, Carlos Cáceres, Fernando Lozano.

Al señor Ramid Bacca por toda sus palabra, y aliento.

Al Ing. Otoniel Pérez, y a Julián Torres, grandes amigos.

Marlon Rene Escobar Macea

A Dios y a la virgen del rosario y a mis padres Martin Humberto Casadiegos Noriega y Rosa Noriega Carrascal por su apoyo incondicional por estar a mi lado en todo estos momentos de mi vida.

A mis familiares quienes estuvieron brindándome su apoyo de manera incondicional.

A mis amigos y compañeros con los cuales compartí todos estos momentos que llevaron a este punto.

Víctor Eduardo Casadiegos Noriega

AGRADECIMIENTOS

a Dios y a la virgen por el don de la vida por darnos la oportunidad de estudiar, para realizar nuestro proyecto de vida, como persona y estudiantes.

Al ing. Eder N. Flórez Solano, por su colaboración y tomar de su tiempo para realizar este proyecto y a ver aceptado ser nuestro director de tesis.

Al ing. Ricardo García, y al Ing. Nairo y a todos nuestros compañeros y amigos.

A ala Universidad Francisco de Paula Santander y todos los profesores, especialmente a aquellos de la facultad de ingeniería mecánica.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. TITULO.....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 General.....	17
1.3.2 Específicos.....	17
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.5 DELIMITACIONES.....	18
1.5.1 Geográfica.....	18
1.5.2 Conceptual.....	19
1.5.3 Operativas.....	19
1.5.4 Temporal.....	19
2. MARCO REFERENCIAL.....	20
2.1 MARCO HISTÓRICO.....	20
2.1.1 Marco histórico mundial.....	20
2.1.2 Marco histórico nacional.....	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.3 MARCO TEÓRICO.....	23
2.3 MARCO LEGAL.....	35
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	39
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.1 Investigación aplicada.....	39
3.2 POBLACIÓN.....	39
3.3 MUESTRA.....	40
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	40
3.4.1 Análisis de la Información.....	40
3.4.2 Fases del Proyecto de Investigación.....	40
4. DISEÑO DEL EQUIPO DE PENSADO TIPO PALANCA.....	41
4.1. PARAMETROS DE DISEÑO.....	41
4.1.1 Primera prueba de prensado:.....	41
4.1.2 Segunda prueba de prensado.....	43
4.2 DISEÑO Y CALCULO DEL EQUIPO DE PENSADO.....	46
4.2.1 Diseño geométrico.....	46
4.2.2 Diagrama de palanca I.....	47
4.2.3 Análisis del tramo “CD”.....	51
4.2.4 Análisis del tramo “AB”.....	58
4.2.5 Análisis del tramo “EG”.....	59
4.2.7 Análisis de columnas (Patas de la mesa).....	64
4.2.8 Diseño barra para compactar.....	66

4.3 DISEÑO DE UNIONES Y SUJECIONES	67
4.3.1 Diseño de pasadores	67
4.3.2 Análisis de esfuerzo en los soportes de la palanca:	69
4.3.3 Análisis de esfuerzo en los soportes barra de prensado	71
4.3.4 Soporte del molde	72
4.4 DISEÑO DE UNIONES PERMANENTES (SOLDADURA)	73
4.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO	74
5. ANALISIS DE SOLIDWORK DE LA ESTRUCTURA DE PRENSADO	77
5.1 ANALISIS DE LA MESA DE PRENSADO	77
5.1.1 Análisis de esfuerzo y deformación	78
5.2 ANALISIS DE LA PALANCA	79
5.2.1 Análisis de esfuerzo y deformación para la palanca	81
5.3 ANALISIS DE LOS SOPORTES DE LA PALANCA	82
5.3.1 Análisis de esfuerzo y deformación para los soporte de la palanca	83
5.4 ANALISIS DE LA BARRA DE PRENSADO	85
5.4.1 Análisis de esfuerzo y deformación para la barra de prensado	86
6. PRESUPUESTO	88
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 composición cuantitativa de la leche	21
Tabla 2: Costos de los elementos	85
Tabla 3: Costos de construcción	85

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1: Prensado por gravedad.	31
IMAGEN 2: Prensa neumática horizontal	31
IMAGEN 3: Prensa neumática de larga duración	32
IMAGEN 4: Primera prueba de prensado	40
IMAGEN 5: Prensa Retamoso	41
IMAGEN 6: Sección transversal de tubería cuadrada	43
IMAGEN 7: Estructura de la mesa de prensado.	44
IMAGEN 8: D.C.L de la palanca de prensado.	45
IMAGEN 9: Diagrama de cortante y momento flector de la palanca	46
IMAGEN 10: Diagrama de cortante y momento flector del tramo "CD" plano "YZ".	48
IMAGEN 11: Diagrama de cortante y momento flector del tramo "CD" plano "xz".	52
IMAGEN 12: Diagrama y momento flector del tramo "AB" plano "xz".	55
IMAGEN 13: Diagrama de cortante y momento flector del tramo "EG" plano "yx".	56
IMAGEN 14: Punto P a analizar	58
IMAGEN 15: Mesa de Prensado	74
IMAGEN 16: Esfuerzo de Von Mises	75
IMAGEN 17: Desplazamiento de la mesa	76
IMAGEN 18: Palanca de prensado	77
IMAGEN 19: Esfuerzo de Von Mises de la palanca	78
IMAGEN 20: Desplazamiento de la palanca	79
IMAGEN 21: Soporte de la palanca	79
IMAGEN 22: Esfuerzo de Von Mises Soporte de la palanca	80
IMAGEN 23: Desplazamiento de soporte de la palanca	81
IMAGEN 24: Barra de prensado	82
IMAGEN 25: Esfuerzo de Von Mises Barra de prensado	83
IMAGEN 26: Desplazamiento de la barra de prensado	84

LISTA DE ECUACIONES

(Ecu 1. Masa de un cuerpo)	39
(Ecu 2 Peso total del molde)	39
(Ecu 3 Relación de fuerza sobre la cuajada)	39
(Ecu 4 Fuerza de prensado Retamoso)	41
(Ecu 5 Fuerza de prensado)	43
(Ecu 6 Flector máximo en tensión o compresión)	49
(Ecu 7 Factor de seguridad)	50
(Ecu 8 Flexión en dos planos)	51
(Ecu 9 Esfuerzo cortante en flexión)	54
(Ecu 10 Primer momento de área, al eje neutro)	54
(Ecu 11 Esfuerzo normal)	59
(Ecu 12 Torsor en pared delgada)	60
(Ecu 13 Esfuerzo de Von Mises)	60
(Ecu 14 Factor de seguridad de Von Mises)	61
(Ecu 15 Relación de Esbeltez)	61
(Ecu 16 Relación de carga crítica unitaria)	62
(Ecu 17 Carga crítica en columna intermedia)	62
(Ecu 18 Esfuerzo cortante simple)	65
(Ecu 19 Área de un círculo)	65
(Ecu 20 Concentración del esfuerzo)	66
(Ecu 21 Esfuerzo de Von Mises)	68
(Ecu 22 Cortante en garganta de soldadura)	70
(Ecu 23 Área de garganta de soldadura)	70
(Ecu 24 X trazo de la garganta de la soldadura)	70
(Ecu 25 Segundo momento unitario de área de la soldadura)	71
(Ecu 26 Cálculo del factor de válvula)	71
(Ecu 27 Caudal de funcionamiento)	72
(Ecu 28 Cálculo de factor de capacidad)	72

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Constantes físicas de materiales	91
Anexo B: Constante condiciones finales columnas	91
Anexo C: Grafica de Curva de Euler	92
Anexo D: Factor de concentrador de esfuerzo	92
Anexo E: Cilindros fuerzas teóricas	93
Anexo F: Carrera del cilindro	94
Anexo G: Válvula de botón	95
Anexo H: Unidad de mantenimiento	96
Anexo I: Diseño final mesa de prensado	97
Anexo J: Diseño final soporte de la barra compactadora	98
Anexo K: Diseño final soporte de palanca	99
Anexo L: Diseño final palanca	100
Anexo M: Diseño final de la barra de prensado	101
Anexo N: Diseño final soporte de molde	102
Anexo O: Diagrama del sistema Neumático de la prensa	103

INTRODUCCIÓN

El queso es uno de los derivados de la leche, debido a que aporta vitamina A y D, como algunas sales minerales (Calcio, fosforo y hierro), proteínas y lípidos, además el queso se procesa en grandes cantidades tanto a nivel nacional, como internacional, y es muy asequible debido a su precio, siendo este un producto de gran presencia en la canasta familiar.

En el municipio de Ocaña, Norte de Santander el queso presenta una gran demanda para su consumo, pero la provincia de Ocaña no se destaca como una gran productora de queso, lo cual implica que aproximadamente el 90% de este producto provenga de departamentos limítrofes con la provincia, cómo lo son el departamento del Cesar, y Sur de Bolívar.

Actualmente la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en el laboratorio de lácteos procesa distintos productos lácteos, dentro de los cuales se presenta el queso, que dentro la jerga popular, se conoce como queso costeño.

El laboratorio de lácteos de la universidad desea aumentar la producción de queso, para aumentar la producción, el laboratorio requiere mejorar el prensado del queso, que es el último proceso en la producción del queso y es de vital importancia, ya que, un buen prensado asegura una mejor calidad en la textura, y durabilidad del queso.

Mediante visitas al laboratorio de lácteos, y al realizar prácticas de procesamiento del queso, donde se incluía el prensado, se determinó una falencia en este último proceso. El problema de prensado se origina debido a la forma como se hace, y es de forma artesanal.

El presente documento muestra el diseño y cálculo de una estructura de prensado, mostrando a su vez una propuesta de prensado, utilizando el principio de palanca, beneficiándonos de la ventaja mecánica que esta genera, para así mejorar el prensado del queso y obtener una mejor producción y un mejor producto.

1. TITULO

PROPUESTA DE UN MODELO DE EQUIPO DE PRENSADO TIPO PALANCA, PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN EL LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el procesamiento de elaboración de quesos se inicia con la recolección de la leche y se recomienda que esta sea fresca y tenga un pH que oscile entre los 8 y 16, después de esto la leche pasa por un proceso de pasteurización donde se eleva su temperatura hasta los 90 °C para eliminar agentes patógenos endógenos y exógenos que pueda traer la leche, para evitar enfermedades como la mastitis, entre otras. Se deja reposar la leche, hasta alcanzar la temperatura ambiente para adicionar el cuajo, el cual hace que la leche se coagule. Ya formada la cuajada esta se corta, para posteriormente someterla en la salmuera por un tiempo aproximado de 1 hora, luego de cumplir dicho tiempo, se saca la cuajada, y se distribuye en los diferente moldes, para prensarlos manualmente.

Sabiendo que en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se obtiene una gran variedad productos pecuarios, dentro de los cuales se obtienen más de 1350 litros semanales de leche.¹ De esta producción alguna se vende de acuerdo a las solicitudes de externos realizadas a la universidad, otra parte es comprada por el restaurante de la Universidad y la parte que se conserva se destina al laboratorio de lácteos para la producción de productos derivados de la leche, como lo son: el yogurt, arequipe y el queso información obtenida del **FORMATO DE CONTROL VENTA DE PRODUCTOS-GRANJA EXPERIMENTAL**. De la leche que suministrada al laboratorio un porcentaje de esta es destinado para la elaboración de queso debido principalmente a un mercado de consumo de estos productos dentro de los trabajadores y estudiantes de la Universidad.

El proceso para la fabricación de muchos de estos productos es rustico, obsoleto. Además del total consumo del tiempo por parte de quien prepara la leche para convertirla en cuajada para así poder realizar el proceso de prensado, con el cual después de alrededor de 22 horas de prensado se obtendrá el queso como producto final.

Ya que la forma de pensar utilizada en el laboratorio es muy tosca, anticuado, rudimentaria y además poco higiénico, sin contar con que el laboratorista debe tener total disposición de tiempo para estar al pendiente de un proceso que debería ser realizado de manera automática, y este laboratorio no cuenta con una maquina o equipo que realice el prensado sin la necesidad de consumir tiempo del personal que podría utilizarse en otros deberes.

¹ **UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**. Registro de producción de laboratorios de lácteos.

Ya que todas estas máquinas se fabrican para grandes empresas, para producciones en masa, y no para pequeños y medianos productores como los que se encuentran en toda la región caribe de nuestro país. Ya que la adquisición de una máquina que no se adecua a las capacidades de producción requeridas por estos productores no provee de ninguna ganancia, se crea la necesidad de diseñar y construir un equipo acorde a las pequeñas necesidades de producción de la región tomando como inicio el laboratorio de lácteos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

El prensado se puede realizar de manera mecánica, hidráulica o neumática, ya sea con prensas de tipo horizontal y vertical entre las que están de acción directa. El proporcionar una máquina con la cual el operario pueda estar seguro de que esta realice este proceso que ayuda al conformado, desuerado y curado del queso para obtener un producto de calidad que pueda impulsar la economía de la región.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Con el diseño de una prensa que aplique el principio de la palanca se logrará mejorar tanto la calidad del producto como los factores tiempo de presado, entre otros, en la elaboración del queso costeño en el laboratorio de lácteos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General: Plantear un modelo de equipo de prensado por palanca que permita mejorar la producción de queso en el laboratorio de lácteos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.3.2 Específicos:

- Definir el modelo geométrico de la prensa de palanca para los requerimientos del laboratorio.
- Diseñar los elementos para el funcionamiento de la prensa de palanca.
- Seleccionar el sistema de control de la prensa de palanca.

1.4 JUSTIFICACIÓN

De los últimos pasos en el proceso de elaboración de queso, es el prensado para obtener el conformado final de queso. “El prensado tiene por objetivo regular un 6 - 7% de la humedad

de la superficie, proveer al queso de una cascara que lo proteja del medio ambiente, de ataques de microorganismos”².

La producción de queso en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, presenta una gran limitación porque el proceso de prensado del queso se realiza de una forma muy artesanal, y con la invención de funcionamiento del restaurante universitario, el laboratorio de lácteos de la universidad no puede satisfacer la demanda del producto que le exige su principal cliente.

Debido a esta problemática se está trabajando en un proyecto interdisciplinario, acompañado entre la facultad de ingeniería, y la facultad de ciencias agrarias, para determinar una solución.

Mediante la realización de pruebas, en la fabricación del queso, se rectificó que la problemática en la manufactura del producto está en la presión que se le ejerce a la cuajada, y esta se hace de una forma ineficiente, puesto que se realiza de forma artesanal prologando los tiempo de desuerado y compactación del queso.

En la universidad ha ido mejorando el proceso de fabricación del queso y entre esto el proceso de prensado que ha evolucionado desde la aplicación de cargas con ayuda de elementos pesados pero poco higiénicos hasta el uso de prensas neumáticas pero que no satisfacen completamente la necesidad de producción. Y por requerimientos ambientales en la producción de alimentos y disposición del operario para la realización de la producción y el tiempo de la aplicación de cargas para el prensado se desea una maquina independiente que no necesite de un constante seguimiento por parte de este.

Para cumplir con esto se plantea hacer un prototipo de prensa neumática y acero inoxidable con el cual se asegura no tener derrames de fluidos y partículas que atenten contra la calidad del producto, además de un sistema de palanca con el cual es posible equilibrar una resistencia grande, prensar intensamente un queso con una pequeña potencia y escaso peso siempre que esta se coloque de modo que el brazo de la palanca sea bastante mayor que la longitud del brazo resistente”³

El laboratorio de lácteos requiere de una prensa que pueda cumplir con la necesidad que prensar una cantidad superior a 10kg de cuajada en un solo molde.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1 Geográfica. La realización de este proyecto se realizara en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander con la asesoría del director del proyecto.

² UNIVERSIDAD NACIONAL. Manual de elaboración de queso costeño amasado. p. 34

³ Matallana Ventura, Santiago. Prensado del queso. p. 4.

1.5.2 Conceptual. El proyecto incluirá la siguiente conceptualización: cuajada, prensa y prensado, neumática y automatización, calidad del producto.

1.5.3 Operativas. Este proyecto se desarrollara siguiendo los parámetros encontrados en el documento, con la asesoría del director del mismo y personas que se requieran como asesores en el transcurso de la realización de este para así poder cumplir con los objetivos pautados.

1.5.4 Temporal. El presente proyecto tendrá una duración de diez semanas a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto, como se muestra en el cronograma de actividades.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTÓRICO

2.1.1 Marco histórico mundial: Hasta donde alcanzan los hallazgos arqueológicos solo se pueden ofrecer suposiciones sobre la cuestión de cómo y cuándo surgió el queso. Sin embargo es prácticamente seguro que los primeros quesos aparecieron una vez iniciada la domesticación de los animales en el Neolítico, hace 10.000-12.000 años. La cabra y la oveja fueron los primeros en domesticarse y 2.000 años después la vaca. Parece que apareció como un hecho tan espontáneo como natural, aunque los griegos se lo atribuyeron a un origen pino (al hijo del Dios Apolo, llamado Aristeo), no obstante lo que sí parece, es que la observación y curiosidad del hombre fue fundamental en el descubrimiento del queso: La primera observación de éste fue ver que la leche tras cierto tiempo se cuajaba La segunda curiosidad fue que la influencia de las temperaturas en este proceso la leche se cuajaba más rápido.

La tercera, si cuando la leche cuajaba se solidificaba y se vertía el líquido, la cuajada se hacía más consistente y en este estado podía conservarse más tiempo.

La cuarta, es el descubrimiento el cuajo, enzima digestiva que se extrae del estómago de un cabrito o cordero.

Existe una leyenda de este descubrimiento, en un pastor de Asia Menor, con el nombre de Kanama, quien guardo la leche ordeñada de su rebaño en un odre -bolsa hecha con los estómagos de los rumiantes- y que tras cierto tiempo, movimiento nómada y altas temperaturas del desierto, la leche se cuajó. Lo que sí es posible, es que de manera casual, se vio el efecto coagulante que tenían los jugos estomacales en la leche, y posteriormente el hombre busco los medios para provocar dicha transformación. Hemos comprobado hasta ahora que la historia del queso, se ha basado siempre en suposiciones, pero los primeros testimonios gráficos son del siglo tercero antes de nuestra era, en Mesopotamia, a través del friso sumerio de “Ur”, llamado “La Lechería”, dentro del templo de la gran diosa de la vida Ninchursag, este friso describe gráficamente la producción del queso.

Hasta donde alcanzan los hallazgos arqueológicos solo se pueden ofrecer suposiciones sobre la cuestión de cómo y cuándo surgió el queso. Sin embargo es prácticamente seguro que los primeros quesos aparecieron una vez iniciada la domesticación de los animales en el Neolítico, hace 10.000-12.000 años.

La cabra y la oveja fueron los primeros en domesticarse y 2.000 años después la vaca. Parece que apareció como un hecho tan espontáneo como natural, aunque los griegos se lo atribuyeron a un origen pino (al hijo del Dios Apolo, llamado Aristeo), no obstante lo que sí parece, es que la observación y curiosidad del hombre fue fundamental en el descubrimiento del queso:

La primera observación de éste fue ver que la leche tras cierto tiempo se cuajaba

La segunda curiosidad fue que la influencia de las temperaturas en este proceso la leche se cuajaba más rápido.

La tercera, si cuando la leche cuajaba se solidificaba y se vertía el líquido, la cuajada se hacía más consistente y en este estado podía conservarse más tiempo.

La cuarta, es el descubrimiento el cuajo, enzima digestiva que se extrae del estómago de un cabrito o cordero. Existe una leyenda de este descubrimiento, en un pastor de Asia Menor, con el nombre de Kanama, quien guardo la leche ordeñada de su rebaño en un odre bolsa hecha con los estómagos de los rumiantes- y que tras cierto tiempo, movimiento nómada y altas temperaturas del desierto, la leche se cuajó. Lo que sí es posible, es que de manera casual, se vio el efecto coagulante que tenían los jugos estomacales en la leche, y posteriormente el hombre busco los medios para provocar dicha transformación.⁴

En el siglo XX el sector quesero experimentó una notable modernización gracias a los descubrimientos en el campo de la bacteriología, la química y la técnica, pero hay que destacar que el toque artesanal hoy en día no se ha perdido.⁵

2.1.2 Marco histórico nacional: Los Incas Andinos disponían en las tierras de Bolivia, Ecuador, Chile y Argentina de camélidos domésticos, los cuales eran criados y levantados para el trabajo del campo, para el transporte, la piel y la carne. Su leche no era mencionada.

Los primeros embarques de animales domésticos hacia las tierras recién descubiertas se realizaron en el segundo viaje de Cristóbal Colón en el año de 1493, en el cual trajeron cerdos, ovejas, caballos, bovinos y otras especies menores.

Los animales importados por los conquistadores se dispersaron por todas partes de las regiones en donde atracaban los barcos españoles. Debido al clima y a la feracidad de sus tierras, los animales se reprodujeron asombrosamente.

En Colombia se inició pronto la manufactura de los quesos, cuyas técnicas fueron traídas por los españoles y transmitidas a los indígenas a medida que iban siendo conquistadas las diferentes regiones de la costa y del interior del país.

El tipo de queso fabricado fue el queso fresco, aquel que una vez elaborado queda disponible para su consumo; es un queso de vida útil muy corta, que presenta variaciones dependiendo de las diferentes regiones y a las condiciones climáticas, a la ración alimenticia, calidad de pastos, razas, conocimiento y del ordeño.

⁴ PONCELET, ENCICLOPEDIA DEL QUESO. Historia del queso: <http://www.poncelet.es/enciclopedia-del-queso/historia.html>

⁵ DIRECTO AL PALADAR, EL SABOR DE LA VIDA. Historia del queso: <http://www.directoalpaladar.com/cultura-gastronomica/la-historia-del-queso>.

En la costa atlántica se desarrolla el queso costeño, llamado también queso picado y queso de banco, el cual tiene un alto contenido de sal que se le adiciona para preservarlo y darle una mayor vida útil, por las condiciones climáticas adversas de la región.

En las áreas rurales de clima frío se desarrolló el queso campesino, que es un queso fresco, muy húmedo y suave, de corta vida útil, obtenido por coagulación enzimática, empleando para ello cuajos de diferentes procedencias.

La manera de trabajar la cuajada fue variando de una región a otra, dando quesos diferentes, que se conocen así:

El queso campesino cuya producción esta difundida por todas las regiones campesinas de Colombia y se conocen con diferentes nombres, según donde se produzcan.

En Antioquia hay dos tipos el quesito antioqueño y el queso blanco.

En la Costa Atlántica se conocen cuatro tipos: queso de banco o queso picado. El queso de amasado o queso blanco, el Atoyabuey, que es un queso fermentado y que se prepara en totumos, el queso repollo, que es de pasta hilada, producido en el sur del departamento de bolívar, Magangué.

En la Altiplanicie Cundiboyacense se producen: queso doble crema, es ácido de pasta hilada.⁶

2.2 MARCO CONCEPTUAL.

La leche: La leche es un líquido que segregan las glándulas mamarias de hembras sanas; esto es desde el punto de vista fisiológico. Desde el punto de vista comercial, es el producto del ordeño higiénico efectuado en hembras de ganado lechero bien alimentado en buen estado de salud, exento de calostro.⁷

Coagulación: La coagulación es el proceso en que las proteínas se vuelven insolubles y se solidifican transformando la leche en una sustancia semi-sólida y gelatinosa. Se destacan principalmente dos procesos de coagulación en la producción del queso y son las siguientes:

Coagulación acida: Este método de coagulación se utiliza en la producción de quesos frescos. Bajando el pH de la leche hasta cierto punto, el complejo formado por caseína, calcio y fosforo se transforma en caseína acida, que es insoluble, y en sales cálcicas y fosfáticas. Este punto se llama punto isoeléctrico.

Coagulación enzimática: Consta de dos fases: Fase enzimática, en que la enzima separa la caseína en un 95% de paracaseína y un 5% en proteína de suero.

⁶ COLANTA, ESCUELA DE QUESOS. Historia del queso en Colombia: <http://www.escueladequesos.com/el-queso/34-contenidos/78-historia-del-queso-en-colombia>.

⁷ LÁCTEOS Y DERIVADOS. Obtención, conservación y procesos. p. 26.

Fase de coagulación, en la paracaseína cálcica y fosfática. Este complejo se precipita, provocando a consistencia gelatinosa de la leche cuajada.⁸

Cuajo: El cuajo es la enzima que coagula la leche. Existen enzimas de origen animal y microbiológico. El auténtico cuajo se extrae de los estómagos desecados de terneras lactantes. Esta enzima también se conoce con el nombre de renina o fermento lab.⁹

Salmuera: Es el salado que se le hace al cuajo, y reduce la proliferación de ciertas clases de bacteria, completa el desuerado y contribuye al sabor y a la consistencia deseada del queso.

En otras palabras, la salmuera es agua con un gran porcentaje de sal, esta puede variar de acuerdo para cada tipo de queso, teniendo en cuenta también su maduración y moldeado.¹⁰

Maduración: durante la maduración, se desarrollan varios procesos químicos, físicos, microbiológicos y enzimáticos que resultan en el aspecto y sabor característico del queso. El aspecto de los quesos de pasta dura y firme en relación con la formación de ojos de agujeros depende de la elasticidad de la pasta. El gas de los microorganismos puede producir ojos esféricos y regulares en una pasta elástica.¹¹

Desuerado: De cada 100 Kg de leche se obtiene unos 11 Kg de queso con un contenido acuoso de 45%, o sea, de aproximadamente 5 Kg de líquido. Entonces de debe eliminar 100 – 11 – 5, o sea unos 84 Kg de líquido. La mayor parte se elimina en el desuerado; el resto, por el salado y la maduración del queso.¹²

Queso: El queso es un alimento solido obtenido de la leche cuajada de vacas, ovejas, búfalos de agua. La leche se cuaja usando cuajo (o sustitutos de cuajo) y acidificaciones. Las bacterias acidifican la leche y juegan su papel definiendo la textura y sabor de la mayoría de los quesos.¹³ (Libro blanco de los lácteos, 2010).

Como regla fundamental, la caseína y la grasa de la leche se concentran aproximadamente 10 veces en la producción de queso duro y en algunos semiduros.

2.3 MARCO TEÓRICO.

Composición de la leche de vaca: La leche es un alimento complejo con más de 100. 000 especies químicas encontradas. La leche desde el punto de vista químico se puede considerar como:

Una emulsión de aceite en agua con glóbulos de grasa dispersos en una fase continúa de suero.

⁸ MANUALES PARA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. Elaboración de productos lácteos. p. 67.

⁹ *Ibíd.*, p. 68.

¹⁰ *Ibíd.*, p. 76

¹¹ *Ibíd.*, p. 78

¹² *Ibíd.*, p. 74

¹³ LIBRO BLANCO DE LOS LÁCTEOS. Libro blanco de los lácteos. 2010

Una suspensión coloidal de micelios de caseína, proteínas globulares y partículas de lipoproteínas.

Una solución de lactosa, proteínas solubles, minerales, vitaminas y otros componentes.

La leche de vaca contiene diferentes tipos de componentes sólidos y agua. Los componentes sólidos más importantes son las proteínas, la materia grasa, la lactosa y las cenizas. Además, se encuentran trazas de una variedad de componentes como vitaminas, enzimas.¹⁴

Tabla 1 composición cuantitativa de la leche

Constituyente principal	Límites de variación	Valor media
Agua	85,5 – 89,5	87,5
Sólidos totales	10,5 – 14,5	13
Grasa	2,5 - 6	3,9
Proteínas	2,9 - 5	3,4
Lactosa	3,6 – 5,5	4,8
Minerales	0,6 – 0,9	0,8

Fuente: Tetra pack S.A Manual de industria láctea (2003)

Estructura de la leche: No solo la composición química de la leche es importante, sino también su estructura. Hablar de la estructura y en especial del micro estructura de la leche es en realidad un tema bastante complejo, debido a las grandes cantidades de relaciones e interacciones que tiene sus distintos componentes moleculares.

La leche se ve como un líquido uniforme, pero visto bajo el microscopio, se pueden observar gotas esféricas de grasa, conocida como glóbulos de grasa. También se pueden observar los micelios de caseína. Los principales componentes de la leche a nivel estructural son los glóbulos de grasa y los micelios de caseína. En los glóbulos de grasa se aglomeran el 95% de los lípidos de la leche.

Alrededor del 80% de la proteína láctea se encuentran en las caseínas, que no son solubles en agua y existen en la leche como pequeñas partículas llamadas micelios de caseína.¹⁵

leche para la producción de queso: La leche para quesería debe reunir ciertos requisitos mínimos de higiene y calidad, tanto desde el punto de vista químico como microbiológico; además de estar libres de antibióticos, desinfectantes y en general sustancias inhibitoras del desarrollo de microorganismo de las bacterias para quesería.

¹⁴ HILL A. Dairy Chemistry and Physics, 2006. p. 34

¹⁵ *Ibíd.*, p. 45.

Aparte de esto en el proceso tecnológico la leche debe almacenarse, enfriarse, estandarizarse, clasificarse, homogenizarse, pasteurizarse y otros tratamientos que acondicionan la leche para la producción de queso.¹⁶

Tratamientos de la leche: El manejo del cuidado de la leche debe ser muy meticuloso e higiénico, ya que esta, puede ser contaminada de una forma muy fácil. Un ejemplo de estos, es cuando se ordeña el ganado, está expuesta a contaminantes provenientes del ambiente, de la persona que hace el proceso, donde se almacena el fluido lácteo, entre otros factores.

Para evitar todo estos inconvenientes, debe seguirse los siguientes requisitos técnicos de salubridad e higiene, para evitar que la leche sea contaminada:

- ✓ Almacenar la leche en temperaturas que se encuentran entre el punto de congelación, es decir entre los -10 °C a 2.
- ✓ Los tratamientos térmicos, deben realizarse a temperaturas que van desde los 82 °C a los 85 °C.
- ✓ La adicción de coluro de calcio, para coadyuvar en el proceso de coagulación.
- ✓ Maduración de la leche con adición de cultivos lácticos seleccionados.
- ✓ La homogenización de la leche debido a una mayor retención de humedad, lipólisis de la grasa, blanqueo del queso y recuperación.¹⁷

Clasificación de los quesos:

Por humedad: se clasifican en quesos duros y semiduros.

Método de coagulación: quesos al cuajo (enzimáticos), queso de coagulación láctica (ácido láctico).

Maduración: quesos de ojos redondeados, granulares y quesos de textura cerrada.

Proceso de fabricación de quesos: No existe diferencia grande en la composición de los distintos quesos, en comparación con la gran diversidad de sabor, textura y apariencia; esto se debe a que en la fabricación intervienen muchos factores, algunos específicos para ciertos tipos de quesos y determinantes para el desarrollo de sus características.

En lo que sigue no se detallará la elaboración específica de un determinado tipo de quesos, sino de los procesos generales de la fabricación de los mismos, aunque algunos de estos procesos no se llevan a cabo para todos los quesos.

¹⁶ **LIBRO BLANCO DE LOS LÁCTEOS.** Libro blanco de los lácteos 2010.

¹⁷ **MANUAL DE PRÁCTICA PARA PROCESAR ALIMENTOS A BASE DE LECHE.** Colegio de estudios científicos y tecnológicos, Michoacán agosto del 2009.

En general, los principales factores que intervienen en la elaboración de quesos son los siguientes:

- ✓ Materia prima fundamental, que es la leche.
- ✓ Maduración de la leche.
- ✓ Coloración.
- ✓ Coagulación de la leche.
- ✓ Trabajo de la cuajada.
- ✓ Moldeado y prensado de la cuajada.
- ✓ Salado de quesos.
- ✓ Maduración de quesos.

Característica de la leche para el procesamiento de queso: La leche debe presentar ciertas características para obtener un queso de calidad y con buen rendimiento. Deberán considerarse por lo tanto una serie de factores para que una leche se utilice en la elaboración de quesos. Entre ellos están:

Naturaleza físico-químico: La leche debe ser normal, específicamente en lo que se refiere a sales minerales, específicamente la del calcio, pues este es importante en la constitución de la micelas.

Contenido de proteína coagulable: El contenido de caseína en la leche debe ser alto. Al principio de la lactación, las leches contienen poca caseína; por eso se usan las leches obtenidas de 10 u 11 días después del parto.

Capacidad para coagular por acción del coagulante (ya sea ácido o Enzimático): Las leches que se utilizan para elaborar quesos deben cuajar rápidamente con los coagulantes.

Sin embargo, el tiempo de coagulación depende, entre otros factores, de la acidez (a menor pH hay mayor actividad de las enzimas y, por consiguiente, la gelatinización es más rápida); también depende de la composición de la leche.

Presencia de sustancias inhibidoras: Las leches que se emplean para hacer quesos no deben contener sustancias que inhiben el crecimiento microbiano (antibióticos, antisépticos, restos de detergentes, entre otras.) ya que estos pueden interferir en la maduración de los quesos, que se hace con cepas seleccionadas. La penicilina es el antibiótico que más inhibe a las bacterias lácticas.¹⁸

Las leches para quesería deben tener pocos microorganismos: Por eso, la leche utilizada se debe pasteurizar. Con una leche pasteurizada se controla mejor la maduración de la misma; también se eliminan los microorganismos indeseables. Esa eliminación de la flora inicial permite controlar mejor el proceso, e inocular los microorganismos deseados (fermentos lácticos) para producir quesos de composición y calidad más uniformes:

¹⁸ VILLEGA DE GANTE. Procesos de elaboración del queso. 2004

La pasteurización puede hacerse a 70°C durante 15 a 20 segundos (pasteurización rápida) para que no precipite el calcio como trifosfato cálcico (que es insoluble), y evitar de esa manera una coagulación defectuosa. (Si se hace a mayor temperatura deberá agregarse iones calcio, usándose el cloruro de calcio en una proporción de 10 a 30 gramos. Por cada 100 Litros. De leche.

También puede hacerse a más de 80°C; de esta forma la α -lacto albumina y la β -Lacto globulina coagulan y quedan retenidos en caseína (cuajada) durante el desuerado, lo que aumenta el rendimiento.

Por otra parte, la pasteurización aumenta la cantidad de grasa que queda retenida en el queso. La pasteurización acarrea algunas desventajas. Provoca una modificación de la composición y en la estructura físico-química de la leche como la unión de la caseína en la β -lacto globulina, lo que inhibe parcialmente la actividad del cuajo, lo que lleva a aumentar el tiempo de coagulación. Otro inconveniente es que dificulta el desuerado; también el calentamiento provoca la liberación de grupos sulfhídricos de las proteínas solubles, afectando el desarrollo de los microorganismos lácticos, retardan la maduración.¹⁹

Maduración de la leche: La maduración de la leche consiste en el desarrollo de microorganismos lácticos, es decir que sintetizan ácido láctico a partir de la lactosa. Esta fermentación láctica debe interrumpirse en el momento adecuado antes que la leche coagule.

La maduración de la leche puede hacerse de tres formas: Maduración natural, maduración artificial o inducida, maduración mixta.

Maduración natural: Consiste en mantener la leche cruda a 8 o 10°C durante 10 o 15 horas. Este método no brinda ninguna seguridad de que se desarrolle el microorganismo adecuado para el caso.

Maduración artificial: Consiste en agregar a la leche pasteurizada los microorganismos seleccionados en una proporción de 0.5 a 0.8%, ajustando la temperatura a 20 - 22°C, manteniéndola hasta alcanzar la acidez deseada.

Maduración mixta: Consiste en mezclar leche fresca con 15 a 40% de leche madurada. La proporción adecuada varía según el tipo de queso.²⁰ (De Alba, J. 1985).

Tipos de microorganismos (fermentos lácticos) utilizados en elaboración de quesos: Se utilizan cultivos seleccionados, pero no de un solo microorganismos, sino cultivos mixtos. Los más usados son los de las familias de los Streptococcus y los lactobacilos. Entre los primeros se hallan Streptococcus Lactis y el Streptococcus cremoris que son acidificantes; Streptococcus diacetylactis, Leuconostoc citrovarum (aromatizantes); Streptococcus

¹⁹ HARBUTT J. productos lácteos. 1998

²⁰ DE ALBA, J. asociación mexicana de producción animal, 1985. p.55

ermophilus que es termorresistente. También se utilizan el Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus Lactis, Lactobacillus helveticus, entre otros.

Para hacer quesos blandos y semiblandos se aconseja usar como base el Strep. Lactis y como cepas complementarias, Strep. Diacetilactis y Leuconostoc citrovarum. Para quesos duros, se usa la misma base que para los blandos, utilizándose como complemento cepas de Lactobacillus helveticus. En algunos quesos duros se agregan, además de las anteriores, bacterias que producen ácido propiónico (como en el gruyere).

Para algunos quesos, como el Camembert, Roquefort y Gorgonzola, se agrega esporas de hongos (en forma de polvo verde) en una proporción de 10 gramos. /100 litros de leche. Por ejemplo el Penicillium Roqueforti para el roquefort, el Penicillium caseicolum para el Camembert.²¹

Coloración de quesos: Se suele agregar colorantes en quesos que tienen un color dorado o amarillo anaranjado. Entre dichos colorantes están el annato (extraído de la semilla de achiote) agregados en una preparación de 2 a 8 ml/100 l.; y también es usado el azafrán, utilizándose 1g. /1000 l. de leche.

Coagulación de la leche: La coagulación o cuajado de la leche puede hacerse de dos maneras:

Coagulación ácida.

Coagulación enzimática.

Si la coagulación se hace a pH cercanos a la neutralidad, la coagulación es lenta y la cuajada obtenida es flexible, elástica, compacta, impermeable y contiene poca agua, para desuerar se necesita acción mecánica por la nombrada impermeabilidad.

Por el contrario, cuando mayor es la acidez la coagulación se hace más rápida por acción del cuajo, siendo más consistente la cuajada, pero esta queda más desmineralizada y el queso quedará menos plástico; el desuerado también es rápido.

La cantidad de cuajo, por el hecho de ser una enzima, depende de su concentración; cuanto mayor sea esta, menos será el tiempo de coagulación. Esto es así, entre 2 y 20 partes de cuajo / 10000 de leche, que son las cantidades que se manejan en la elaboración de quesos.

La cantidad del cuajo se mide comúnmente con la llamada fuerza del cuajo, que es la cantidad de leche (en gramos o ml) a 35°C que 1 g o 1 ml de cuajo coagula en 40 minutos.

Un cuajo con una fuerza 1/10000, significa que 1 ml de cuajo, coagula 10 l de leche a 35°C en 40 minutos. Conocer la fuerza del cuajo es importante para determinar la cantidad a emplear, teniendo en cuenta el tiempo en que se desea cuajar.

²¹ **JEFFREY KANER ROBERT.** Utilización de leche cruda Vs pasteurizada en la elaboración de queso. 1982. p. 8

El cuajo comercialmente se halla en polvo, en pastillas o líquido, estando normalizado su fuerza (en forma líquida: 1/10000, 1/5000 y 1/2500. En forma sólida 1/100000).

La dosis de cuajo comercial requerido depende del tipo de cuajada que se desee. Así por ejemplo al queso gruyere se le agrega 15 a 30 ml de cuajo (1/1000) por cada 100 l de leche y coagulan de 30 a 60 minutos. Para quesos semiduros y blandos como el Camembert se usan 15 a 25 ml de cuajo (1/10000) por cada 100 l de leche.

Trabajo de la cuajada: Una vez dada por finalizada la coagulación se trabaja la cuajada, este trabajo consiste en las siguientes operaciones:

- ✓ Cortado de la cuajada.
- ✓ Desuerado de la cuajada.
- ✓ Agitación de los granos.
- ✓ Lavado de los granos.

Cortado de la cuajada: Tiene por objeto aumentar la superficie de exudación y favorecer la salida del suero. Esta operación se realiza con liras con hilos metálicos. Este troceado tiene un límite, pues si es muy interno las partículas de coagulo quedan muy finas y retienen grandes cantidades de suero durante el prensado.

Para darle al queso las características deseadas hay que favorecer y controlar la salida de humedad o suero de la cuajada en las condiciones propias de cada tipo de queso; esto significa que el fraccionamiento dependerá del tipo de queso a fabricar.

Las dimensiones del grano pueden variar entre 3 mm. Y 2,5 cm.; este tamaño tiene mucha importancia en la velocidad de salida del suero. Los granos grandes retienen más humedad, por lo que conservan más lactosa y por lo tanto son más ácidos. Debe cuidarse su uniformidad del tamaño de los granos, pues de lo contrario el grueso no tendrá textura uniforme, con distribución desigual de humedad y acidez.

Por otra parte, los granos retienen más grasa que los granos pequeños.

Para las cuajadas de leches poco maduras el grano debe ser grande, mientras que si las leches son muy maduras, el tamaño será menor. En general, para quesos blandos, el corte o trazado de los quesos será en granos grandes, mientras que para quesos semiduros y duros el grano deberá ser pequeño.

Desuerado de la cuajada: El desuerado se realiza para crear las condiciones en el sustrato necesario para el desarrollo de los microorganismos y para la actividad enzimática durante la maduración de los quesos.

En el caso de coagulación con ácidos, la cuajada resulta de difícil desuerado debido a la dispersión de las caseínas y a la poca contractibilidad. La cuajada que se obtiene es húmeda

y poco desuerada; en estos casos el troceado, desuerado y agitación debe hacerse con cuidado para evitar pérdidas.

El desuerado depende de la temperatura: a temperaturas menores a 10°C no se produce, siendo rápido a 30°C, generalmente se desuera a 20 - 22°C en quesos frescos, lo que lleva el tiempo de desuerado de 15 a 24 horas.

En cuanto a las cuajadas de tipo enzimático (hechos con cuajo), es necesaria la aplicación de métodos mecánicos y térmicos para desuerar para vencer al coágulo compacto. Los métodos mecánicos aplicados son el agitado y troceado.

La temperatura influye en el desuerado de este tipo de cuajada. Para los quesos blandos, se hace a 28 - 30°C. Para los quesos semiduros, luego de cortarse la cuajada se eleva la temperatura a 36 - 41°C, llegando en algunos casos hasta 52 o 60°C. En el caso de los quesos duros, el desuerado se hace a 60°C. En el caso de los quesos Gruyere, se hace a 52 - 53°C, pues a más de 57°C puede perderse las bacterias que forman el ácido propiónico que le da la característica de los hoyos.

En el desuerado, para alcanzar las temperaturas mencionadas, se debe elevar lentamente la misma. (González Villarreal, 2002).

Agitación de los granos: Luego del trozado o cortado se hace la agitación para acelerar y completar el desuerado impidiéndose de esta manera la adherencia de las grasas que provocaría retención de líquidos.

La agitación se efectúa con agitadores de distintas formas y dura entre 20 y 60 minutos, dependiendo de la humedad del grano. La agitación se termina cuando al colocar una porción entre los dedos y presionar, al dejar de ejercer presión los granos deben recuperar su forma original.

Lavado de granos: Sirve para diluir los componentes del lacto suero; se efectúa en algunos casos poco después del cortado y desuerado. Se realiza con agua o con salmuera diluida; en el lavado se extrae la lactosa, disminuyéndose la posibilidad de acidificación. (Harbutt J.1998).

Moldeado y prensado: El moldeado tiene por prioridad lograr que los granos de cuajada se adhieran y formen piezas grandes. Existen varias formas y tamaños de los moldes. Los quesos que poseen una superficie relativa alta (relación entre la superficie total y volumen o masa) se salan más rápido y secan antes, tales como el Camembert, el Roquefort en el que el proceso de maduración es de afuera hacia adentro, y en general esto ocurre para quesos blandos. Por el contrario, los quesos duros y semiduros deben tener superficie relativamente baja.

Por eso los quesos blandos son pequeños (de 125 g. a 2 o 3 kg.), a diferencia de los duros que son grandes (más de 2 kg.). El moldeo debe hacerse a temperatura templada para los quesos

elaborados con leche pasteurizada frescas o poco maduradas. Por el contrario, para las cuajadas de leches muy maduradas, el moldeo se hace a baja temperatura 10 - 12°C.

En cuanto al prensado tiene por objeto endurecer la masa de cuajada, eliminar el suero sobrante. Puede hacerse por la presión que ejerce su propia masa o bien aplicando fuerza externa. El auto prensado se usa para los que tienen alto contenido de agua, como los blandos y los semiduros; consiste en ir dando vuelta los quesos a intervalos de 15 a 30 minutos al principio y luego entre 1 o 2 horas. Este proceso tarda de 3 a 24 h. según el tipo de queso. En cuanto al prensado por aplicación de fuerza externa se hace con prensas horizontales o verticales de palanca. Si la elaboración ha sido correcta, al iniciar el prensado el suero sale rápidamente y es transparente.

De lo contrario, si el desuerado es lento la acidificación se hace excesiva o hay mucha desmineralización al final del prensado, por lo que la pasta se hace seca y poco flexible. La presión aplicada varía según el queso, siendo entre 4 a 40 veces el peso del queso. El tiempo de prensado también es variable desde 1 a 20 horas. (Equipo regional de fomento y capacitación en lechería para América Latina, 1986).

Salado de quesos: El salado se realiza para:

- ✓ Regular el desarrollo de microorganismos (retarda la proliferación de agentes no deseables).
- ✓ Favorece el desuerado de la cuajada.
- ✓ Mejora el sabor.

La cantidad de sal y el momento de agregarla dependen del tipo de queso. Las maneras de salar son las siguientes:

✓ **Salado en el suero:** Se agrega alto contenido de sal (5 a 8%) durante el agitado de los granos. Se hace en zonas tropicales.

✓ **Salado en la masa del queso:** Se hace luego del desuerado de los granos en la masa del queso. La sal se distribuye rápidamente, lo que influye en el desarrollo de microorganismos y por lo tanto en el aroma durante la maduración. Se agregan más de 300 gs. / 100 l. de leche para que la concentración sea del 0.3 a 0.6%.

✓ **Salado con sal seca sobre la superficie del queso:** Se salan con sal cristalina frotando sobre la superficie, se aplica en etapas sucesivas durante varios días. (De 2 días a 10 - 12 días). Por este método de salado, la sal penetra poco a poco mientras se expulsa el suero. Se reduce el volumen del queso, y la sal no se distribuye homogéneamente, por lo que para lograr distribución adecuada deben transcurrir hasta 90 días en algunos quesos. Se hace a 8 - 12°C, y la deshidratación por este método es más intensa.

✓ **Salado por salmuera:** Para realizar este salado los quesos se sumergen en un recipiente de salmuera. Para los quesos duros se utiliza una salmuera con 22 o 24% de sal y si son blandos 16 a 18% (nunca menos del 13 - 14%). La temperatura de salado óptima es de 8 a 11°C. El tiempo que tarda la sal en penetrar varía según el tipo de queso: en los semiduros tarda de 1 a 4 días y en los duros, 10 días o más.²²

Maduración de quesos: La maduración de los quesos se inicia luego del prensado, durante el salado. Durante la maduración se desarrolla el sabor y se modifica el aspecto, la textura, la consistencia, la digestibilidad y el valor nutritivo del queso. El fenómeno de la maduración es complejo, dado que intervienen muchos factores, además de la enorme cantidad de productos que se forman. Cada tipo de queso se caracteriza por su propio proceso de maduración, y es así que las características iniciales van cambiando, se hace amarillento, en algunos quesos se hace cada vez más blandos y en otros cada vez más duros; se desarrolla el olor y el sabor. La maduración de los quesos se debe a la acción combinada de una serie de factores, en conjunto con la acción del cuajo y de los microorganismos y sus enzimas.

En general, durante la maduración se producen transformaciones en la flora microbiana, en los carbohidratos (lactosa), en las proteínas y en los grasos.

Así, por ejemplo, la lactosa desaparece en horas y/o en semanas, según el tipo de queso. La humedad baja lentamente y la acidez que sube hasta un máximo en las primeras horas o días (según el queso) baja después pues el ácido láctico se combina poco a poco con el calcio.

En los primeros días el queso tiene olor y sabor suaves y acidulados, pero luego se van acentuando a medida que se forman ácidos volátiles y productos nitrogenados.

En casi todos los quesos se forma CO₂. Si se forma lentamente, se difunde por la masa y algo sale al exterior, pero si se forma con más intensidad se forman burbujas que quedan atrapadas en el interior formando los ojos de hoyos.

La temperatura a que se debe madurar varía entre 4 y 15°C.²³

En la bodega se deben dar vuelta periódicamente a los quesos para que pierda humedad en forma pareja. Las pérdidas de humedad deben ser controladas para una buena formación de la corteza; justamente para optimizar esta formación los quesos se suelen lavar periódicamente c/salmuera, o suero con cal y se suelen revestir con sustancias semipermeables que posibiliten la “respiración” del queso, pero que retiren las pérdidas por evaporación. Además debe cuidarse de la formación de hongos para lo cual se usan el ácido sórbico y los sorbatos.

Las cámaras donde maduran los quesos deben controlar su humedad, que depende de los tipos de quesos: para quesos muy blandos 90 - 95% de humedad; para quesos semiblandos

²² SENA. DERIVADOS LÁCTEOS. Procesamiento de quesos blancos. 1987. p.14.

²³ Vargas Arredondo J. Manual de industrialización de la leche. ITA No. 20 Morelia, Mich.

80 - 85% y para quesos duros 70 - 80%. Por supuesto, que el tiempo de maduración dependerá del tipo de queso.²⁴ (SÁNCHEZ, C.1992).

Prensado: El prensado es la operación unitaria que tiene por finalidad desuerar la cuajada, formar la corteza del queso, y ayuda para que el queso tome la forma del recipiente, donde se deposita la cuaja. La presión ayuda a crear los gránulos de cuajada, y forma un gel homogéneo y permanente con mayores posibilidades de conservación.

Las características finales del prensado, se puede representar en los siguientes objetivos:

- ✓ Ayudar a que se produzca la expulsión final del suero.
- ✓ Conseguir una determinada textura.
- ✓ Darle forma al queso.

- ✓ Proporcionar una corteza al queso, y es ideal para los quesos que se destinan a una mayor maduración.

La velocidad de prensado y la presión aplicada se adaptan a cada tipo particular de queso. El prensado tiene que ser gradual al principio, ya que la aplicación de una presión inicial elevada comprime la capa superficial y puede encerrar humedad en huecos dentro del cuerpo del queso.²⁵

Según los tipos de quesos, el prensado tiene lugar en condiciones distintas de tiempo, temperatura, presión y pH, que son los factores más importantes que intervienen en esta operación.

Tipos de prensado: Hay tres tipos de prensado en el procesamiento del queso, y la aplicación de cada una de esta depende de que tan asequible sea para el empresario, o la persona que procesa el queso, también como sus recursos económicos. Los tipos de prensado son:

Prensado por gravedad: el más suave; y es el ideal para producir quesos con alto índice de humedad, blandos y algunos semiduros. Los quesos se dejan en moldes o bandejas perforadas durante algún tiempo y por acción de su propio peso van drenando suero.

²⁴ Sánchez, C. Producto lácteos, 1992. p.32

²⁵ SENA. DERIVADOS LÁCTEOS. Derivados lácteos, 1987.

IMAGEN 1: Prensado por gravedad.



Fuente: Autores del proyecto.

Prensado en prensas neumáticas o hidráulicas: en este tipo de prensado se manejan presiones de 0,5 bares en adelante. La cuajada se deposita en moldes perforados, cuando se quieren obtener quesos con contenido medio de humedad. Este prensado da una consistencia mejor, y una superficie más fina y sin tanto orificios sobre el queso.

IMAGEN 2: Prensa neumática horizontal



Fuente: Industrias RG

Las prensas neumáticas pueden ser horizontales o verticales, y deben tener las siguientes propiedades:

- ✓ Deben distribuir la presión uniforme.
- ✓ Deben ser de materiales resistentes e higiénicos. (Acero inoxidable).
- ✓ Tener una buena limpieza.
- ✓ De fácil manejo.

Prensado largo: para obtención de queso de bajo contenido en humedad. Este prensado puede durar desde 8 a 48 horas. Durante el prensado se suelen dar vueltas a los quesos en intervalos regulares. (Madrid A., 1999).

IMAGEN 3: Prensa neumática de larga duración



Fuente: Fesa alimentos.

2.3 MARCO LEGAL

Constitución Colombiana. Se tomaron como base los siguientes artículos para la elaboración del proyecto.

Artículo 69. Se garantiza la autonomía universitaria. Las universidades podrán darse sus directivas y regirse por sus propios estatutos, de acuerdo con la ley. La ley establecerá un régimen especial para las universidades del Estado.

El Estado facilitara mecanismos financieros que hagan posible el acceso de todas las personas aptas a la educación superior.

Artículo 71. La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y las demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades.

Artículo 74. Todas las personas tienen derecho a acceder a los documentos públicos salvo los casos que establezca la ley.

El secreto profesional es inviolable.

Artículo 78. La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización.

Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios. El Estado garantizará la participación de las organizaciones de consumidores y usuarios en el estudio de las disposiciones que les conciernen. Para gozar de este derecho las organizaciones deben ser representativas y observar procedimientos democráticos internos.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

RESOLUCIÓN 2400 DE 1979: CAPÍTULO I. EDIFICIOS Y LOCALES

Contaminación ambiental. Para efectos de contaminación ambiental se tuvo en cuenta el siguiente artículo.

Artículo 155. Para obtener en los establecimientos de trabajo un medio ambiente que no perjudique la salud de los trabajadores, por los riesgos químicos a que están expuestos, se

deberán adoptar todas las medidas necesarias para controlar en forma efectiva los agentes nocivos preferentemente en su origen, pudiéndose aplicar uno o varios de los siguientes métodos: sustitución de sustancias, cambio o modificación del proceso, encerramiento o aislamiento de procesos, ventilación general, ventilación local exhaustiva y mantenimiento. Otros métodos complementarios, tales como limitación del tiempo de exposición y protección personal; solo se aplicarán cuando los anteriormente citados sean insuficientes por sí mismos o en combinación.

Universidad Francisco de Paula Santander. Teniendo en cuenta los estatutos de la universidad.

ACUERDO 065 DE 1996. El cual establece el estatuto estudiantil que es el regente actual en la institución.

Artículo 140. El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

a. Proyecto de Investigación.

Monografía.

Trabajo de Investigación: Generación o aplicación de conocimientos.

Sistematización del conocimiento.

b. Proyecto de Extensión.

Trabajo social.

Labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la Universidad.

Pasantía.

Trabajo dirigido.

Parágrafo 1. El estudiante podrá optar como componente alterna al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académica o exámenes preparatorios.

Parágrafo 2. Para algunos Planes de Estudio y de acuerdo a sus características el Consejo Académico podrá obviar la presentación del trabajo de grado.

Artículo 141. El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

a. Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.

b. Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.

c. Sustentación de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto.

Parágrafo. Para todas las modalidades de proyecto de grado, el estudiante deberá presentar un informe final avalado por su director.

Artículo 142. Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios.

Parágrafo. La Universidad incorporará los trabajos de grado, como componente básico de su hacer y creará bancos de proyectos en los Departamentos Académicos y en las Vicerrectorías Asistente de Investigación y Extensión.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Investigación aplicada. Teniendo en cuenta las necesidades en las que se ha originado el desarrollo de este proyecto se optó por este tipo de investigación.

“Es aquella que parte de una situación problemática que requiere ser intervenida y mejorada. Comienza con la descripción sistemática de la situación deficitaria, luego se enmarca en una teoría suficientemente aceptada de la cual se exponen los conceptos más importantes y pertinentes; posteriormente, la situación descrita se evalúa a la luz de esta teoría y se proponen secuencias de acción o un prototipo de solución. Supone el uso de los métodos de la investigación-acción-participación, es decir, relación directa con la problemática.”²⁶

El querer aplicar nuestro conocimiento en pro de las necesidades y el mejoramiento de nuestra región, tanto en el desarrollo, la aplicación, y la adecuación de tecnologías para problemáticas es lo que hace que queramos realizar este proyecto.

“la investigación aplicada puede ser Fundamental o Tecnológica.

La investigación aplicada fundamental puede ser, a su vez, teórica, experimental, o una mezcla de ambas; dependiente de la naturaleza de su trabajo y sus productos pueden ser artículos científicos publicables, sobre todo si en su desarrollo no está involucrado el interés de una empresa.

La investigación aplicada tecnológica, se entiende como aquella que genera conocimientos o métodos dirigidos al sector productivo de bienes y servicios, ya sea con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente, o con el fin de obtener productos nuevos y competitivos en dicho sector.”²⁷

3.2 POBLACIÓN

La población objeto de este proyecto corresponde a los equipos de prensado para la elaboración del queso fresco, de donde, por medio de la realización de experiencias para la toma de datos necesarios y el análisis de elementos finitos de ciertas piezas para así determinar los parámetros de funcionamiento.

²⁶ **UNIVERSIDAD DE LA SABANA.** Comunicación social y periodismo, investigación aplicada: <http://www.unisabana.edu.co/carreras/comunicacion-social-y-periodismo/trabajo-de-grado/opciones-de-trabajo-de-grado/investigacion-aplicada/>

²⁷ **UNAD.** Investigación pura, investigación aplicada: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/100104/100104_EXE/leccin_5_investigacin_pura_investigacin_aplicada_investigacin_profesional.html

3.3 MUESTRA

Se recopilarán datos en las pruebas de prensado de cuajada, para así establecer de manera segura las condiciones de diseño necesarias para el prototipo final.

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará una investigación de tipo experimental y documental con el fin de conocer las variables que influyen en el proceso, y determinar datos que contribuyan en el diseño final. El aporte del proyecto se verá reflejado en la contextualización, bajo los criterios, recomendaciones y enfoque que se le desean mostrar por parte de los autores.

3.4.1 Análisis de la Información. Con la información recopilada en la investigación se analizarán las principales variables que rigen los parámetros en el funcionamiento del equipo.

3.4.2 Fases del Proyecto de Investigación. Fases para el desarrollo de la propuesta cumpliendo con los objetivos específicos: Cada una de estas fases junto con sus respectivas actividades son formuladas con el fin de dar solución a la problemática de esta investigación, las cuales son:

Fase I. Indagación del tema: Investigación documental: En esta fase se llevará a cabo una revisión bibliográfica relacionada con el proceso de elaboración de quesos y su proceso de prensado como principal tema para este estudio con el fin de recopilar y estudiar la información preliminar aprendiendo conceptos y teorías necesarias para el desarrollo del modelo adecuado para el equipo de prensado.

Fase II. Estudio de laboratorio: Con ensayos de laboratorio se esclarecerán las variables que son indispensables y forman parte importante del proceso de producción de queso para el posterior diseño y selección de elementos.

Fase III. Diseño y selección: Con los conocimientos adquiridos en las asignaturas de pregrado y el apoyo de asesorías en el área de diseño, y los datos recolectados en el laboratorio se procederá con la selección y diseño de elementos para el modelo de prensado.

Fase IV. Ensamble y Simulación: Se procederá a realizar con la ayuda de herramientas CAD el sometimiento a las pruebas correspondientes para la aprobación del modelo diseñado.

Fase V. Presentación del proyecto: Por último después de haber realizado conclusiones del proyecto se determinarán los planos de construcción del equipo con su ficha técnica, manual de uso y recomendaciones para su mantenimiento.

4. DISEÑO DEL EQUIPO DE PENSADO TIPO PALANCA

4.1. PARAMETROS DE DISEÑO

En el laboratorio de lácteos de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, se procesa leche de origen bovino y caprino, para la elaboración de diferentes productos lácteos, entre los cuales entre 100 hasta aproximadamente 300 litros diarios son procesado para la producción de queso costeño. De esta cantidad, aproximadamente se obtiene de un 10 a un 12% del volumen de leche en Kg de queso, con lo cual se procesan diariamente entre 10 a 35 kg de queso.

Se requiere mejorar el último paso de la producción del queso costeño, y es el prensado; basándonos en las recomendaciones de la cartilla **Manual de lácteos del SENA**²⁸, utilizadas en el laboratorio de lácteos para la obtención de un buen producto, y mejorar la calidad del producto.

En las prácticas de laboratorio, se obtuvieron los siguientes parámetros:

4.1.1 Primera prueba de prensado: En el laboratorio de lácteos se realizaba el prensado del queso de la siguiente forma:

Se utilizaban dos ollas llenas de agua, una pesa, la cuajada se depositaba en su respectivo molde, sobre este molde se colocaba la pesa, seguidamente de la ollas llenas de agua, para que todo esto elementos hicieran el prensado durante un día.

Masa de la placa: 39 Kg.

Masa de cada olla (vacía): 7, 93 Kg.

Masa del molde: 2, 535 Kg.

La capacidad de cada olla, es de 55 litros de agua.

Densidad del agua (ρ)²⁹:

$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

Para la obtención de la fuerza ejercida se hace el siguiente procedimiento:

²⁸ **MANUAL DE LACTEOS DEL SENA.** Derivados lácteos. Procesamiento de quesos blancos.

²⁹ **Yunes A. Cengel; Michael A. Boles.** Termodinámica Mc Graw Hill.

$\forall = \text{volumen del agua de la olla}$

$\forall = 55 \text{ LT}$ Se convierten los litros a metros cúbicos.

$$\forall = 55 \text{ litros} \times \frac{0,001 \text{m}^3}{1 \text{ litro}}$$

$$\forall = 0,055 \text{m}^3$$

Encontrar la masa de cada olla llena de agua:

(Ecu 1. Masa de un cuerpo)

$$m = \rho \forall$$

$$m = \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (0,055 \text{m}^3)$$

$$m = 55 \text{kg}$$

La masa total:

$$m_T = 110 \text{kg} + 39 \text{kg} + 7.93 \text{kg} + 2.535 \text{kg}$$

$$m_T = 159,465 \text{kg}$$

Encontrar la fuerza ejercida, sobre el molde:

(Ecu 2 Peso total del molde)

$$w = m_T \times g$$

$$w = 159,465 \times 9,81$$

$$w = 1564,352 \text{ Newton}$$

En el molde de madera, caben 30 Kg de cuajada, y la relacion de fuerza sobre la cuajada es:

Masa de la cuajada: 30 Kg.

$$w_{\text{cuajada}} = 30 \times 9,81$$

$$w_{\text{cuajada}} = 294,3 \text{ Newton}$$

Relación de fuerza sobre la cuajada:

(Ecu 3 Relación de fuerza sobre la cuajada)

$$R_f = \frac{w_{\text{Total}}}{w_{\text{cuajada}}}$$

$$R_f = \frac{1564,352}{294,3}$$

$$R_f = 5,3155$$

Esta relacion de fuerza, se ejerce sobre un area transversal de $0,0729m^2$ que corresponde, al area del molde donde se ejerce la fuerza.

IMAGEN 4: Primera prueba de prensado

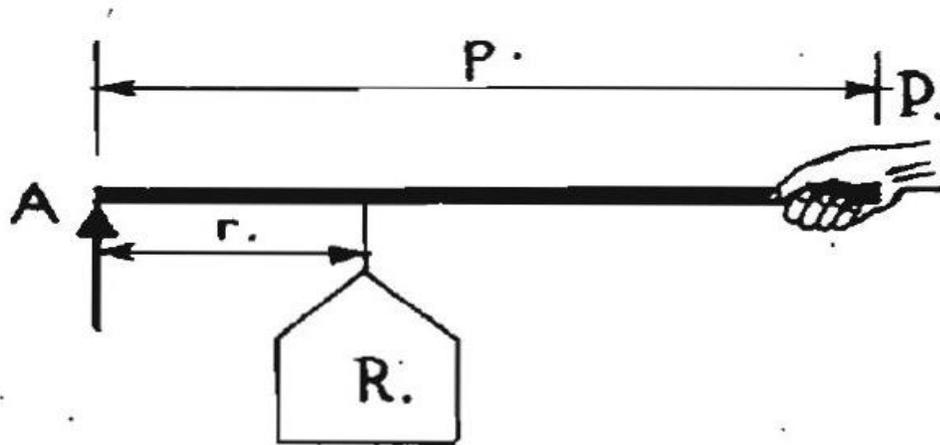


Fuente: Autores del proyecto.

4.1.2 Segunda prueba de prensado: Esta segunda prueba de prensado se realizaron utilizando el mismo molde, la olla de agua se reemplazaron por pesas de tractor. Y se hizo otra prueba paralela utilizando un mecanismo artesanal utilizando el concepto de palanca. Las pesas de del tractor tenían el mismo peso que las dos ollas llena de agua.

La forma de prensar el queso que utiliza la forma de palanca, se le conoce como el nombre de prensa Retamoso, y es de la siguiente forma:

IMAGEN 5: Prensa Retamoso



Fuente: Prensado manual de queso. Santiago Matallana Ventura. 13 de Noviembre 1951

(Ecu 4 Fuerza de prensado Retamoso)

$$R = \frac{P \times p}{r}$$

R = fuerza de prensado que se genera. (Kg_f)

P = peso en el extremo. (Kg)

p = longitud total del brazo. (m)

r = distancia del pivote. (m)

Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de lácteo de la Universidad Francisco de Paula Santander, seccional Ocaña, Norte de Santander. Se procesaron 100 litros de leche cruda, con un pH neutro, es decir, dentro de los parámetros reglamentarios para el procesamiento de productos derivados de la leche.

De los 100 litros de leche, se produjeron 26 Kg de cuajada, y se obtuvieron 17,74 Kg de cuajada, estos se dejaron en el suero que queda, cuando se forma la cuajada. El porcentaje de sal del 24% del contenido total de cuajada, es decir, 4. 1376 Kg de sal. Del total de la cuajada, se extrajeron dos muestras, en una se dejó la cuajada durante 1 hora con el contenido de sal ya mencionado, y la otra muestra a dos horas.

Los datos obtenidos son los siguientes:

$P = 85 Kg$

$p = 1,18 m$

$$r = 0,30 \text{ m}$$

$$R = \frac{(1,18 \text{ m}) \times (85 \text{ Kg})}{(0,30 \text{ m})}$$

$$R = 334,33 \text{ Kg}_f$$

$$R = 334,33 \text{ Kg}_f \times \frac{9,80665 \text{ N}}{1 \text{ Kg}_f}$$

$$R = 3279,81 \text{ N}$$

Esta es la fuerza que genera la palanca Retamoso, apoyándose en el principio de la ventaja mecánica.

Relación de fuerza sobre la cuajada:

$$R_f = \frac{3279,81}{294,3}$$

$$R_f = 11,14$$

Al utilizar la prensa retamoso se genera mas fuerza sobre la cuajada, lo cual hace que el proceso del prensado se optimize, y esto ayuda a obtener una superficie mejor del queso, y una mejor consistencia. Según la recomendación del Manual de lacteos del SENA, se debe aplicar una fuerza de 21 veces, la masa de la cuajada, en intervalos de tiempo definidos, lo cual hace que el proceso de prensado y la fuerza ejercida sea uniforme sobre la cuajada.³⁰

Para un peso se cuajada de **347,97 N**

$$w_{cuajada} = 347,97 \text{ Newton}$$

$$m_{cuajada} = \frac{w_{cuajada}}{g}$$

$$m_{cuajada} = \frac{347,97 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$m_{cuajada} = 35,47 \text{ Kg}$$

Fuerza que se necesita para compactar la masa de la cuajada, teniendo en cuenta la recomendación del manual de SENA³¹

³⁰ **MANUAL DE LACTEOS DEL SENA.** Derivados lácteos. Procesamiento de quesos blancos.

³¹ **MANUAL DE LACTEOS DEL SENA.** Derivados lácteos. Procesamiento de quesos blancos.

(Ecu 5 Fuerza de prensado)

$$F_{com} = w_{cujada} \times 21$$

$$F_{com} = 347,97 \times 21$$

$$F_{com} = 7307,37N$$

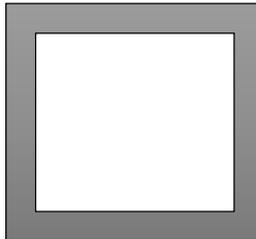
4.2 DISEÑO Y CALCULO DEL EQUIPO DE PRENSADO.

4.2.1 Diseño geométrico: Para el diseño de la estructura se optó por trabajar con la siguiente estructura y sus respectivas dimensiones:

Con las áreas transversales que se tienen disponibles para el diseño son las siguientes:

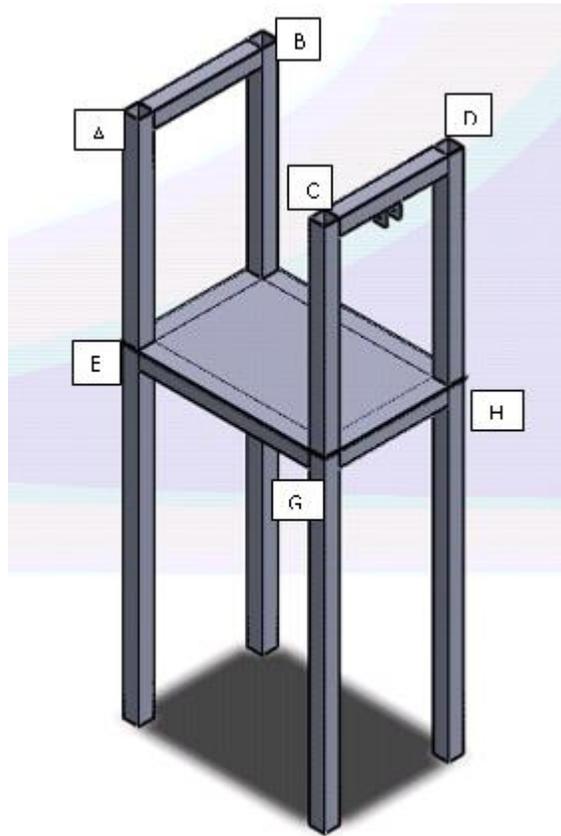
Tubería cuadrada de $\frac{3}{4}$ pulgada, de 1 pulgada, y de 2 pulgada; con los siguientes calibres 16 y 18.

IMAGEN 6: Sección transversal de tubería cuadrada



Fuente: Autores del proyecto.

IMAGEN 7: Estructura de la mesa de prensado.



Fuente: Autores del proyecto.

4.2.2 Diagrama de palanca I: Se seleccionó un acero inoxidable 304, con las siguientes propiedades (Ver anexo A):

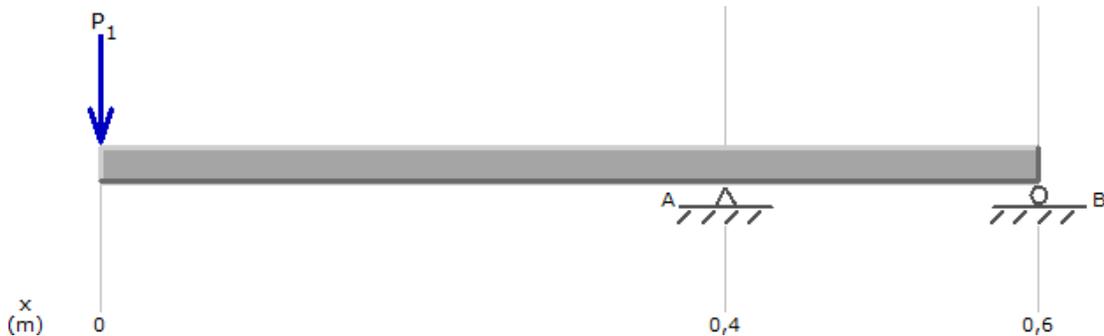
Módulo de elasticidad (E): 190,0 GPa.

Resistencia a la fluencia (S_y): 276 MPa.

Módulo de rigidez (G): 73 GPa

Para la solución estática del diagrama de la barra, se trabajó como una viga simple, apoyada en el punto extremo izquierdo de la carga del actuador, a 20 cm de la fuerza aplicada sobre la cuajada.

IMAGEN 8: D.C.L de la palanca de prensado.



Fuente: Autores del proyecto.

Fuerzas y reacciones presentes en la palanca:

$$F_{Ay} = 2436,25 N \quad ; \quad F_{Ax} = 532,06 N; \quad R_{Qy} = 7307,47N; \quad R_{Qx} = 1889,84N; \quad O_x = 2421,56N; \quad O_y = 4871,22N$$

La palanca se encarga de triplicar la fuerza generada por el actuador para transmitirla a la barra de prensado de queso.

Para el diseño de la palanca analizaremos los esfuerzos máximos tanto esfuerzo a flexión (σ) para compararlo con el esfuerzo máximo del cortante (τ) y ver su incidencia.

Esfuerzo a flexión máximo:

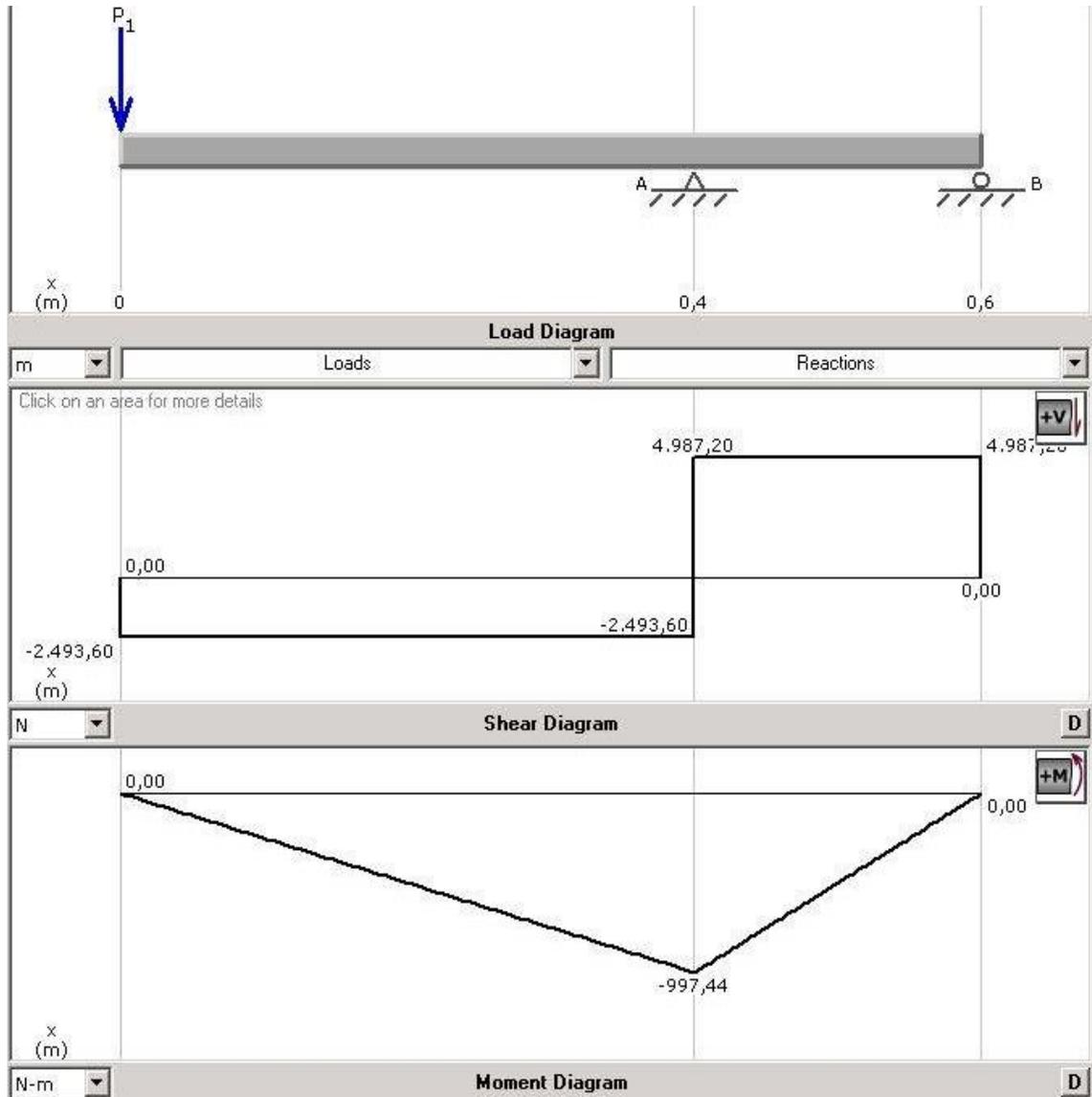
$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

M: Momento máximo presente en el diagrama de momento flector de la palanca.

c: Distancia del eje neutro a la fibra o punto a analizar.

I: Momento de inercia del área transversal de la palanca, en este caso un círculo.

IMAGEN 9: Diagrama de cortante y momento flector de la palanca



Fuente: Autores del proyecto.

Dimensiones del área transversal del tubo circular macizo:

Diámetro: 40 mm

C: 20mm

Inercia:

$$I = \frac{\pi(0,04)^4}{64}$$

$$I = 1,2566 \times 10^{-7} m^4$$

$$\sigma_{max} = \frac{997,44(0,02m)}{1,2566 \times 10^{-7} m^4}$$

$$\sigma_{max} = 158,75MPa$$

Esfuerzo cortante máximo:

$$\tau_{max} = \frac{V Q}{I t}$$

V: Cortante máximo presente el diagrama de cortante.

Q: Producto de área (A) por \bar{Y}

t: Espesor de la fibra o tramo a analizar.

$$Q = \frac{\pi r^2}{4} \frac{4r}{3\pi}$$

$$Q = \frac{\pi (0,02m)^2}{4} \frac{4(0,02m)}{3\pi}$$

$$Q = 2,666 \times 10^{-6} m^3$$

$$\tau_{max} = \frac{4987,2 N (2,666 \times 10^{-6} m^3)}{1,2566 \times 10^{-7} m^4 (0,04m)}$$

$$\tau_{max} = 2,64MPa$$

Comprando los resultados de los esfuerzos cortante máximo y flector máximo llegamos a la conclusión de que solo se tendrá en cuenta el esfuerzo flector máximo presente en la palanca ya que el esfuerzo cortante máximo es muy pequeño e insignificante respecto al esfuerzo flector máximo.

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

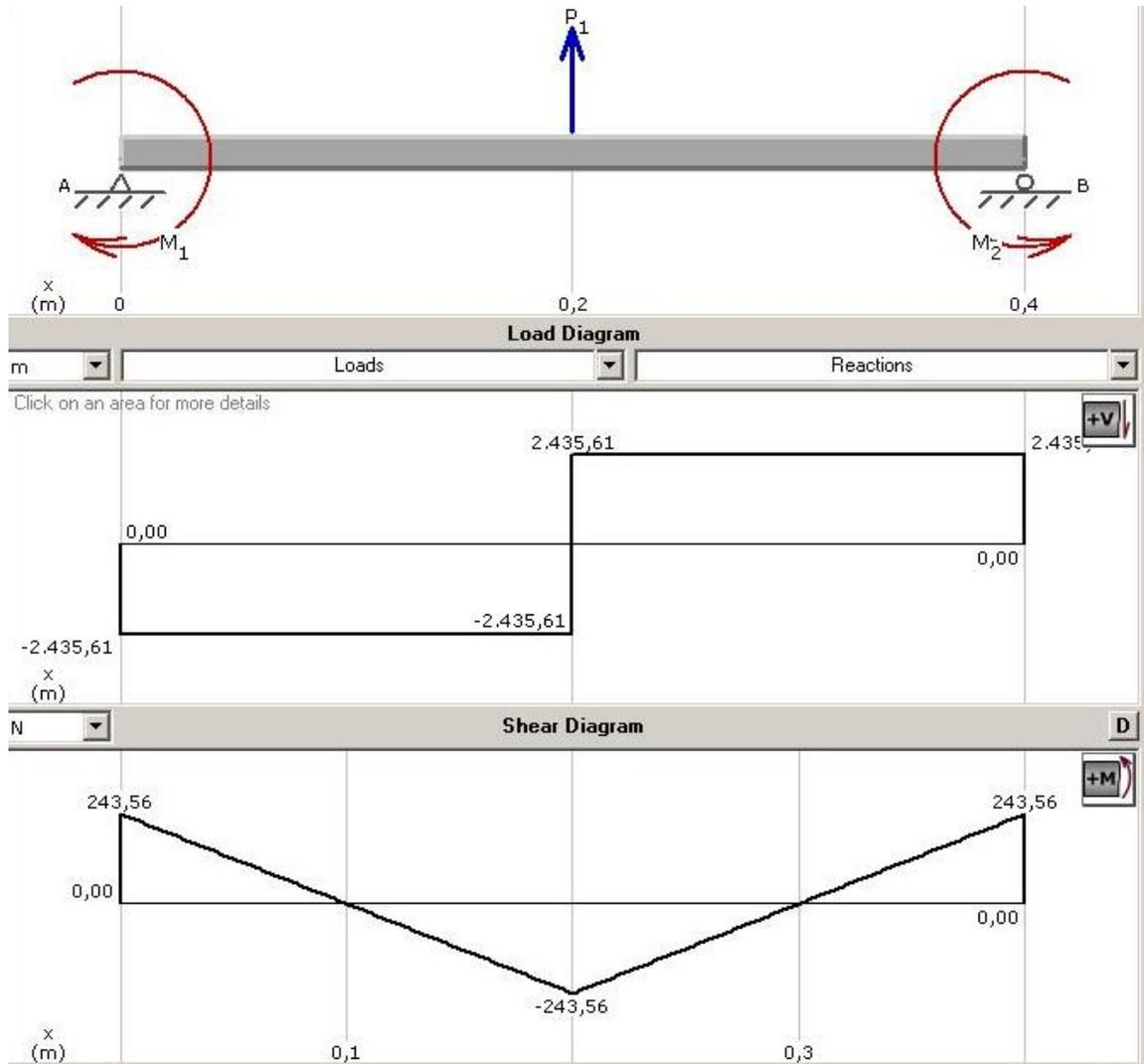
$$n = \frac{276Mpa}{158,75MPa}$$

$$n = 1,74$$

Con un factor de seguridad de 1,74 podemos confiar en que una palanca de diámetro de 40mm y longitud estimada de 600 mm soportara las cargas a las que estará sometido.

4.2.3 Análisis del tramo “CD”

IMAGEN 10: Diagrama de cortante y momento flector del tramo "CD" plano "YZ".



FUENTE: Autores del proyecto.

$$M_e = 243,56 \text{ N.m}$$

El momento que se produce en el punto “e” es igual al en el punto “D”

$$M_d = 243,56 \text{ N.m}$$

Ahora se halla el flector máximo en el punto “D” teniendo en cuenta que la fuerza en el punto “C”, es igual en el punto “D” y tiene la siguiente magnitud:

$$F_c = F_d = 2435,61 \text{ N}$$

Para el flector máximo utilizamos la siguiente formula:

(Ecu 6 Flector máximo en tensión o compresión)

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

M: corresponde al valor del momento máximo.

C: corresponde la distancia que existe entre el eje neutro y la fibra a analizar.

I: corresponde al segundo momento de inercia.

Segundo momento de inercia:

$$I = \frac{bh^3}{12} - \frac{bh^3}{12}$$

B: base de la placa “CD”

H: altura de la placa “CD”

$$I = \frac{50,8 \times 10^{-3} \times (50,8 \times 10^{-3})^3}{12} - \frac{48,37 \times 10^{-3} \times (48,37 \times 10^{-3})^3}{12}$$

$$I = 9,874 \times 10^{-8} m^4$$

Se encuentra el flector máximo:

$$\sigma = \frac{243,56 \text{ N.M} \times 25,4 \times 10^{-3}}{9,874 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma = 62,65 \times 10^6 Pa$$

62,65 × 10⁶ Pa es el flector máximo que corresponde a un tubería cuadrada de 2 × 2

Análisis para la tubería de 1 pulgada calibre de 18 mm plano “YZ”:

Segundo momento de inercia:

$$I_{18} = \frac{bh^3}{12} - \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{18} = \frac{25,4 \times 10^{-3} \times (25,4 \times 10^{-3})^3}{12} - \frac{22,972 \times 10^{-3} \times (22,972 \times 10^{-3})^3}{12}$$

$$I_{18} = 1,1479 \times 10^{-8} m^4$$

Flector máximo:

$$\sigma_{18} = \frac{MC}{I}$$

$$\sigma_{18} = \frac{243,56 \text{ N.M} \times 12,7 \times 10^{-3}}{1,1479 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma_{18} = 269,46 \times 10^6 Pa$$

Factor de seguridad:

(Ecu 7 Factor de seguridad)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{18}}$$

S_y : corresponde a la resistencia a la fluencia del material.

S_y : 276 MPa. (Ver anexo A)

$$n = \frac{276}{269,46}$$

$$n = 1,024$$

Análisis de tubería 1 pulgada calibre 16 mm plano “YZ”:

Segundo momento de inercia:

$$I_{16} = \frac{bh^3}{12} - \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{16} = \frac{25,4 \times 10^{-3} \times (25,4 \times 10^{-3})^3}{12} - \frac{0,02236 \times 10^{-3} \times (0,02236 \times 10^{-3})^3}{12}$$

$$I_{16} = 1,3855 \times 10^{-8} m^4$$

Flector máximo:

$$\sigma_{16} = \frac{MC}{I}$$

$$\sigma_{16} = \frac{243,56 \text{ N.M} \times 12,7 \times 10^{-3}}{1,3855 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma_{16} = 223,256 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Factor de seguridad:

$$n_{16} = \frac{S_y}{\sigma_{18}}$$

$$n_{16} = \frac{276}{223,256}$$

$$n_{16} = 1,23$$

Análisis de tubería 1 pulgada calibre 16 mm plano “XZ”:

$$\sigma_{16} = \frac{MC}{I}$$

$$\sigma_{16} = \frac{121,08 \text{ N.M} \times 12,7 \times 10^{-3}}{1,3855 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma_{16} = 111,02 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Analizando el esfuerzo total aplicado:

(Ecu 8 Flexión en dos planos)

$$\sigma = \frac{M_x Y}{I_x} - \frac{M_y Y}{I_y}$$

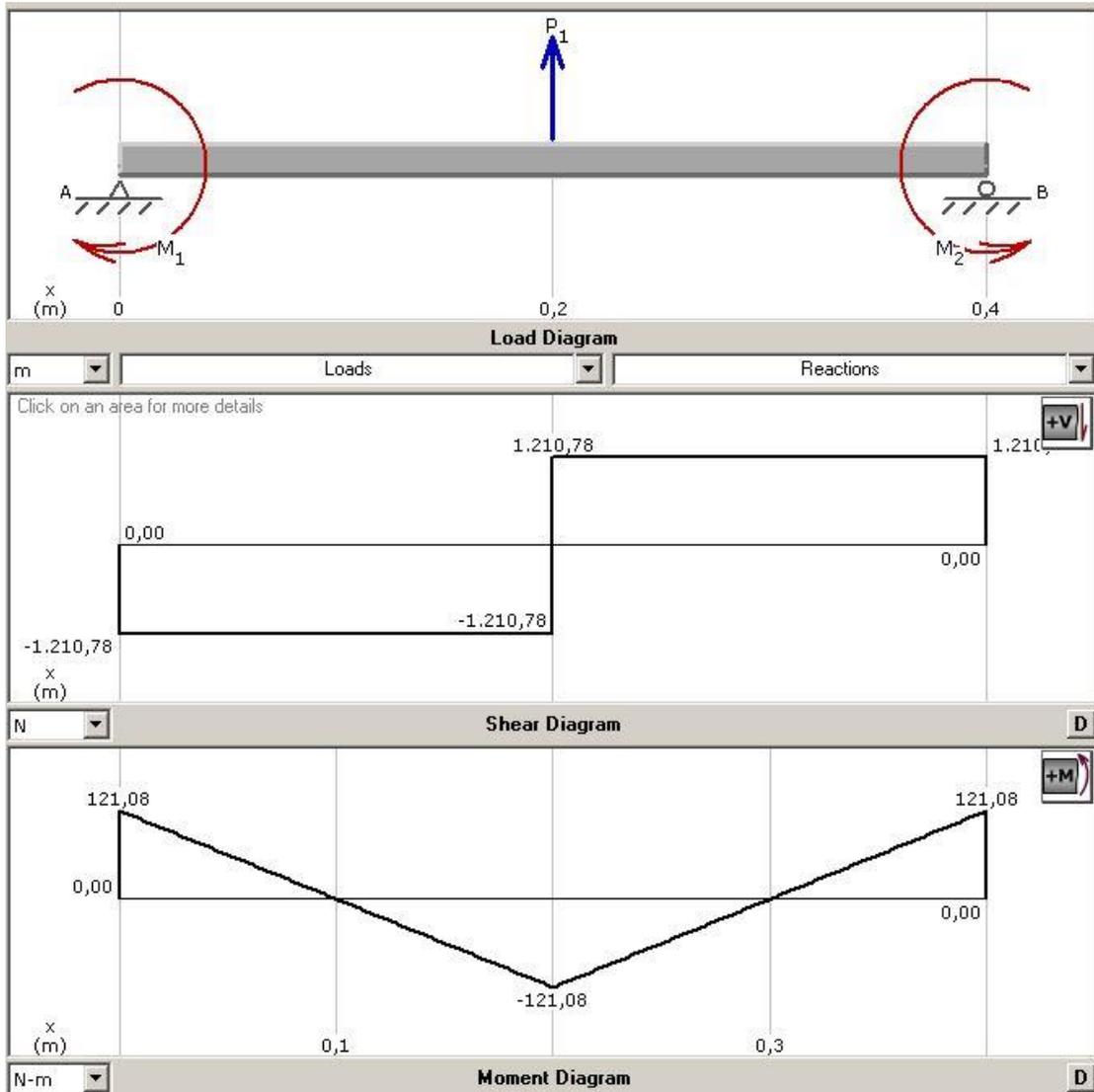
$$\sigma_1 = -111,02 \times 10^6 \text{ Pa} - 223,256 \times 10^6 = -334,276 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -111,02 \times 10^6 \text{ Pa} + 223,256 \times 10^6 = 112,236 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 111,02 \times 10^6 \text{ Pa} + 223,256 \times 10^6 = 334,276 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4 = 111,02 \times 10^6 \text{ Pa} - 223,256 \times 10^6 = -112,236 \text{ MPa}$$

IMAGEN 11: Diagrama de cortante y momento flector del tramo “CD” plano “xz”.



Fuente: Autores del proyecto.

Factor de seguridad para tubería de 1 pulgada y calibre 16:

$$n_{16} = \frac{276}{334,276}$$

$$n_{16} = 0,8$$

La tubería cuadrada de una pulgada y calibre 16 no sirve para la construcción de la prensa, debido a que su esfuerzo máximo es mayor a la resistencia del material que se seleccionó, el cual es un acero AISI 304.

Análisis de barra “CD” tubería cuadrada de 2 pulgada calibre 18:

Se selecciona una tubería cuadrada de 2 pulgada con un calibre de 18 mm, y se analiza el momento flector en los ejes donde están concentradas las distintas fuerzas.

Segundo momento de inercia:

$$I_{18} = \frac{50,8 \times 10^{-3} \times (50,8 \times 10^{-3})^3}{12} - \frac{48,37 \times 10^{-3} \times (48,37 \times 10^{-3})^3}{12}$$

$$I_{18} = 9,874 \times 10^{-8} m^4$$

Plano “YZ”:

$$\sigma = 62,65 \times 10^6 Pa$$

Plano “XZ”:

$$\sigma_{16} = \frac{121,08 N.M \times 25,4 \times 10^{-3}}{9,874 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma = 31,15 \times 10^6 Pa$$

Analizando el esfuerzo total aplicado:

$$\sigma = \frac{M_x Y}{I_x} - \frac{M_y Y}{I_y}$$

$$\sigma_1 = -31,15 \times 10^6 Pa - 62,65 \times 10^6 = -93,8 MPa$$

$$\sigma_2 = -31,15 \times 10^6 Pa + 62,65 \times 10^6 = 31,5 MPa$$

$$\sigma_3 = 31,15 \times 10^6 Pa + 62,65 \times 10^6 = 93,8 MPa$$

$$\sigma_4 = 31,15 \times 10^6 Pa - 62,65 \times 10^6 = -31,5 MPa$$

Factor de seguridad para tubería cuadrada de 2 pulgada y calibre 18:

$$n_{16} = \frac{276}{93,8}$$

$$n_{16} = 2,94$$

El esfuerzo máximo al que se somete la barra tanto en tensión, como en compresión es de 93,8 MPa, y este a su vez está por debajo de la resistencia última del material seleccionado, lo cual se encuentra un factor de seguridad alto y confiable, e indica que la estructura puede soportar el doble de carga a la que se somete.

Se evaluó el cortante, para determinar la incidencia en el análisis de este tramo de esta estructura.

(Ecu 9 Esfuerzo cortante en flexión)

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

V: valor del cortante máximo.

Q: $A \times \hat{Y}$ donde A: corresponde al área del tubo, \hat{Y} corresponde la distancia que hay del eje neutro, al centroide de la figura en el eje “y”.

I: segundo momento de inercia.

T: espesor del material.

Para encontrar “Q”

(Ecu 10 Primer momento de área, al eje neutro)

$$Q = A \times \hat{Y} \text{ (Ecu. 10 Primer momento de area, con respecto al eje neutro.)}$$

$$Q = (50,8 \times 10^{-3}) \times (1,2141 \times 10^{-3}) \times (24,79295 \times 10^{-3})$$

$$Q = 1,529 \times 10^{-6}$$

$$\tau = \frac{(2435,61N) \times (1,529 \times 10^{-6}m^3)}{(9,874 \times 10^{-8}m^4) \times (50,8 \times 10^{-3}m)}$$

$$\tau = 0,742 \text{ MPa}$$

Flector en el punto de fibra a analizar “P”:

$$\sigma = \frac{(243,56) \times (24,792 \times 10^{-3})}{9,874 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma = 61,154 \times 10^6$$

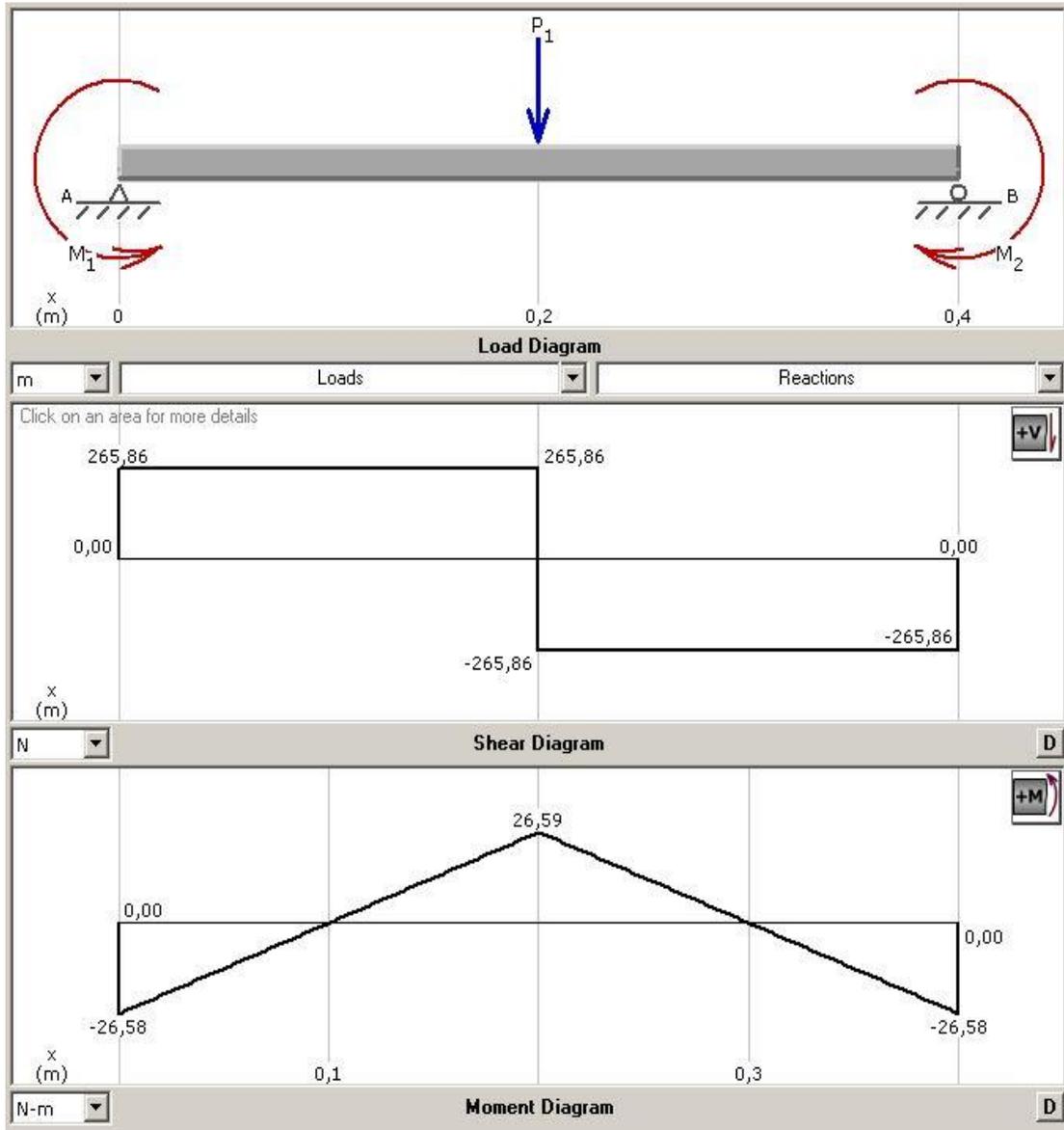
Analizando el punto “P” con el esfuerzo cortante y momento flector, y al comparar sus valores, y saber que $\sigma \gg \tau$ entonces trabajamos con el momento flector, para las condiciones de diseño.

$$\tau_{max} = \frac{(2435,61N) \times (2,2378 \times 10^{-6}m^3)}{(9,874 \times 10^{-8}m^4) \times (2,4282 \times 10^{-3}m)}$$

$$\tau_{max} = 22,7 \times 10^6 \text{ Pa}$$

4.2.4 Análisis del tramo “AB”

IMAGEN 12: Diagrama y momento flector del tramo “AB” plano “xz”.



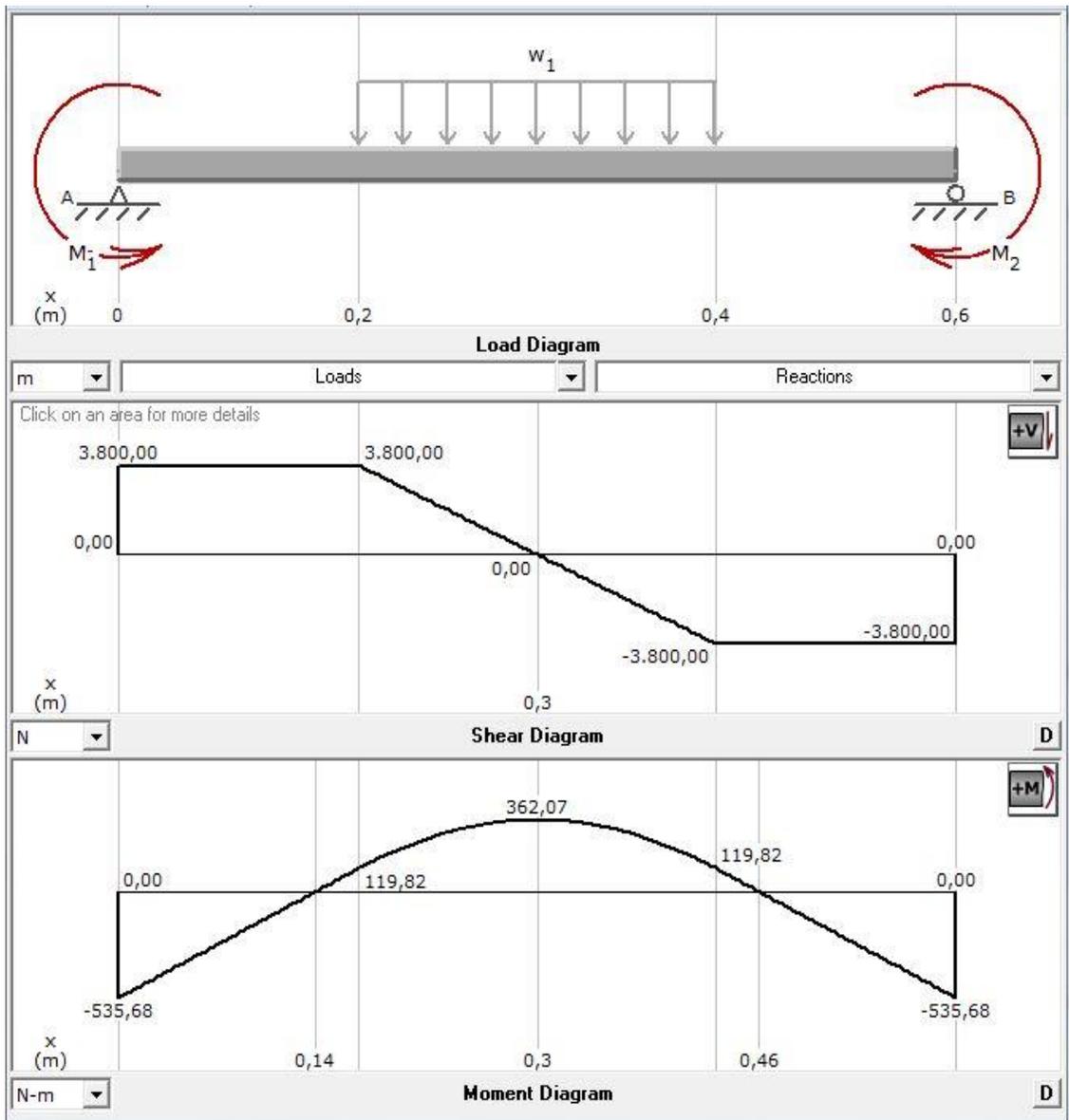
Fuente: Autores del proyecto.

Las fuerzas que soporta el tramo “AB”, tanto como el momento flector son muy pequeños y los cálculos realizados el cortante y con el flector arrojaría resultados muy pequeños, por

ende para facilidad del diseño y para tener una mayor fiabilidad y confiabilidad, el diseño de toda la estructura se realizara con la fuerza cortante y el momento flector del tramo “CD”.

4.2.5 Análisis del tramo “EG”

IMAGEN 13: Diagrama de cortante y momento flector del tramo “EG” plano “yx”.



Fuente: Autores del proyecto.

Trabajando con dimensiones de 2"x2" calibre 18

Análisis de esfuerzos

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$c = 25,4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$I = 9,874 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$Q = 2,2378 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 50,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{328,52 \text{ Nm}(25,4 \times 10^{-3} \text{ m})}{9,874 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 84,5 \text{ MPa}$$

Análisis de esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

De donde:

V: Valor de diagrama cortante en el punto a analizar.

Q: $\sum A\bar{Y}$

I: Momento de inercia con respecto al eje X

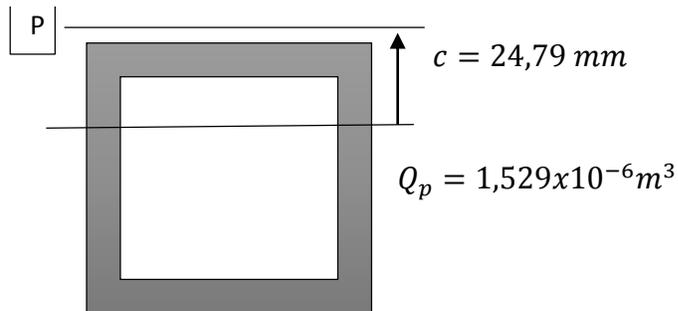
T: Espesor de la fibra a analizar

$$\tau = \frac{3800 \text{ N} (2,2378 \times 10^{-6} \text{ m}^3)}{9,874 \times 10^{-8} \text{ m}^4 (50,8 \times 10^{-3} \text{ m})}$$

$$\tau = 35,467 \text{ MPa}$$

Evaluando esfuerzos en el punto P.

IMAGEN 14: Punto P a analizar



Fuente: Autores del proyecto.

$$\sigma = \frac{328,52 \text{ Nm}(24,79 \times 10^{-3} \text{ m})}{9,874 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 82,48 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{3800 \text{ N} (1,529 \times 10^{-6} \text{ m}^3)}{9,874 \times 10^{-8} \text{ m}^4 (24,79 \times 10^{-3} \text{ m})}$$

$$\tau = 1,16 \text{ MPa}$$

Al analizar los esfuerzos del punto P y observar que el esfuerzo cortante (τ) es demasiado pequeño en comparación con el esfuerzo a flexión (σ) entonces solo se procede a diseñar por medio del esfuerzo a flexión y no con el Von Mises.

Para el esfuerzo a flexión $\sigma = 84,5 \text{ MPa}$ obtenemos un factor de seguridad de 3,26 trabajando con un acero 304 de $S_y = 276 \text{ MPa}$.

4.2.6 Análisis del tramo “CG”: Trasladamos los momentos y fuerzas al centro del área transversal.

$$\sum M_y = M_R$$

$$-1210,78 \text{ N}(0,0254 \text{ m}) + 121,08 \text{ Nm} = 90,32 \text{ Nm}$$

$$\sum M_z = M_R$$

$$2435,61 N (0,0254 m) - 243,56 = -181,69 Nm$$

Análisis de esfuerzos en el área transversal:

$$A_t = (50,8 \times 10^{-3})^2 - [50,8 \times 10^{-3} - 2(1,2141 \times 10^{-3})]^2$$

$$A_t = 2,41 \times 10^{-4} m^2$$

(Ecu 11 Esfuerzo normal)

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

$$\sigma_y = \frac{2435,6 N}{2,41 \times 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma_y = 10,106 MPa$$

$$\tau_1 = \frac{VQ}{It}$$

$$I = 9,874 \times 10^{-8} m^4$$

$$Q = 1,529 \times 10^{-6} m^3$$

$$t = 2,4282 \times 10^{-3} m$$

$$\tau_1 = \frac{1210,78 N (1,529 \times 10^{-6})}{9,874 \times 10^{-8} m^4 (2,4282 \times 10^{-3} m)}$$

$$\tau_1 = 7,72 MPa$$

$$\sigma_1 = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_1 = \frac{181,69 Nm (25,4 \times 10^{-3} m)}{9,874 \times 10^{-8} m^4}$$

$$\sigma_1 = 46,74 MPa$$

Análisis de esfuerzo total (σ_T) para hallar el máximo que se aplica.

$$\sigma_T = \sigma_1 + \sigma_y$$

$$\sigma_{T1} = 10,106 MPa + 46,74 MPa$$

$$\sigma_{T1} = 56,846 MPa$$

$$\sigma_{T1} = \sigma_y - \sigma_1$$

$$\sigma_{T1} = 10,106 \text{ MPa} - 46,74 \text{ MPa}, \text{ a tensión}$$

$$\sigma_{T2} = -36,63 \text{ MPa}, \text{ a compresión}$$

El cortante por torsión se analiza por torsión de en tubos de pared delgada cerrada

(Ecu 12 Torsor en pared delgada)

$$\tau_2 = \frac{\tau}{2 \times A_m \times t}$$

$$\tau_2 = \frac{90,3 \text{ N m}}{2 \times (2,45 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \times 1,2141 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\tau_2 = 15,89 \text{ MPa}$$

Análisis del esfuerzo cortante para hallar esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_m = \tau_1 + \tau_2$$

$$\tau_m = 7,72 \text{ MPa} + 15,89 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = 22,89 \text{ MPa}$$

Teniendo τ_m y σ_{T2} ; analizamos esfuerzos de Von Mises (σ')

(Ecu 13 Esfuerzo de Von Mises)

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

$$\sigma_x = \sigma_{T1} = 56,846 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = \tau_m = 22,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = ((56,846 \text{ MPa})^2 + 3(22,89 \text{ MPa})^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = 69,3 \text{ MPa}$$

Calcular el factor de seguridad con el Von Mises:

(Ecu 14 Factor de seguridad de Von Mises)

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma'}$$
$$F_s = \frac{276 \text{ MPa}}{69,3 \text{ MPa}}$$
$$F_s = 3,98$$

Ya que el factor de seguridad es podemos concluir que se puede utilizar tubería cuadrada de 2"x2" calibre 18 para este tramo de la estructura.

4.2.7 Análisis de columnas (Patás de la mesa)

$$I = A \times K^2$$

I: segundo momento de inercia.

A: área de la columna.

K: radio de giro.

Relación de Esbeltez:

(Ecu 15 Relación de Esbeltez)

$$\frac{L}{K}$$

El área está dada de la siguiente forma:

$$A = (50,8 \times 10^{-3} m)^2 - [(50,8 \times 10^{-3} m) - 2 \times (1,2141 \times 10^{-3} m)]$$
$$A = 2,41 \times 10^{-4} m^2$$

Entonces para el radio de giro, se tiene:

$$9,874 \times 10^{-8} m^4 = 2,41 \times 10^{-4} m^2 \times K^2$$
$$K^2 = 4,091 \times 10^{-4} m^2$$
$$K = 0,02024 m$$

Si la longitud de la columna es igual a 1 m, la relación de Esbeltez será:

$$\frac{1}{0,02024} = 49,4$$

(Ecu 16 Relación de carga crítica unitaria)

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \left(\frac{2 \times \pi^2 \times C \times E}{S_y}\right)^{1/2}$$

C: condición de extremo de columna.

E: módulo de elasticidad del material.

Para una condición de columna que se encuentra empotrado-libre, se escoge un valor de C, para un valor recomendado³² (Ver anexo B), y tiene un módulo de rigidez de 190 GPa, y una resistencia a la fluencia de 276 MPa.

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \left(\frac{2 \times \pi^2 \times \frac{1}{4} \times 190 \times 10^9 Pa}{276 \times 10^6 Pa}\right)^{1/2}$$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = 58,28$$

De lo anterior:

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 > \frac{l}{k}$$

De acuerdo a la figura 4-19 (Ver anexo C) se determina qué tipo de columna es, o si se trata de un elemento que está sometido a compresión pura. Para este caso, la columna es de longitud intermedia, con carga centrada.

(Ecu 17 Carga crítica en columna intermedia)

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y l}{2\pi k}\right)^2 \times \frac{1}{CE}$$

$$\frac{P_{cr}}{A} = 276 \times 10^6 Pa - \left(\frac{276 \times 10^6 Pa}{2\pi} \times \frac{1}{0,02024m}\right)^2 \times \frac{1}{(190 \times 10^9 Pa) \times \left(\frac{1}{4}\right)}$$

³² **Richard G. Budynas Y J. Keith Nisbett.** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México: Mc Graw Hill, 2008. Pág. 175.

$$\frac{P_{cr}}{A} = 176,84 \times 10^6 Pa$$

$$P_{cr} = 176,84 \times 10^6 Pa \times 2,41 \times 10^{-4} m^2$$

$$P_{cr} = 42618 N$$

Comparando la carga crítica P_{cr} con la carga de mayor magnitud que actúa sobre una de las patas de la mesa de prensado podemos ver que $3800N \ll 42618,88 N$ con lo cual vemos que una sección cuadrada de 2"x2" de calibre 18 si soporta trabajar bajo esta carga.

4.2.8 Diseño barra para compactar: Para el diseño de esta barra que realiza el proceso de transferir la fuerza de la palanca al molde para compactar la cuajada se procederá a determinar en primero a hacer el respectivo análisis de columna.

Determinamos la relación de esbeltez para saber qué tipo de análisis se le deberá realizar.

Con el anterior análisis geométrico sabemos que la longitud de la barra debe ser de 0.3 metros.

L: 0.3 metros

Del diseño anterior sabemos que los valores de K, E, Sy y A para dimensiones de tubería cuadrada de 2" de calibre 18 son:

K: 0.02024 m

E:190 MPa

Sy:276 MPa

A: $2,41 \times 10^{-4} m^2$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \left(\frac{2 \times \pi^2 \times C \times E}{S_y}\right)^{1/2}$$

$C = 1$ Para la condición de articulado en ambos extremos para análisis de columnas³³

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = 116,5$$

³³ **Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett.** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill, 2008. Pág. 175

Evaluando el L/K y comparamos con $\left(\frac{l}{k}\right)_1$.

$$\frac{l}{K} = \frac{0,3}{0,02024}$$

$$\frac{l}{K} = 914,8$$

Ya que el $L/K \ll \left(\frac{l}{k}\right)_1$ entonces no se aplica columnas y analizamos por compresión pura.

$$F = 547,89 \text{ Newton}$$

$$A = 2,41 \times 10^{-4} m^2$$

Compresión pura:

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

$$\sigma = \frac{7547,89 \text{ N}}{2,41 \times 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma = 31,32 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad (n):

$$n = \frac{276 \text{ MPa}}{31,32 \text{ MPa}}$$

$$n = 8,8$$

El valor de 8,8 que nos proporciona el factor de seguridad nos indica que se puede usar para las patas de la mesa una tubería cuadrada de 2"x2" de calibre 18.

4.3 DISEÑO DE UNIONES Y SUJECIONES

4.3.1 Diseño de pasadores: Los pasadores se han diseñado teniendo en cuenta la mayor fuerza que se aplica en la palanca, la cual se encuentre en el punto "o" (ver imagen de la palanca).

Fuerza total:

$$F_{Total} = \sqrt{R_{Qy}^2 + R_{Qx}^2}$$

$$F_{Total} = \sqrt{(7307,47N)^2 + (1889,84N)^2}$$

$$F_{Total} = 7547,8879N$$

Encontrar el área de pasador:

(Ecu 18 Esfuerzo cortante simple)

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

F: fuerza que soporta el pasador.

A: área transversal donde se concentra la fuerza.

$$276 \text{ MPa} = \frac{7547,8879N}{A}$$

Despejando “A” de la ecuación, se obtiene:

$$A = 2,7347 \times 10^{-5} m^2$$

“A” corresponde al área transversal del pasador, ahora se encuentra su diámetro:

(Ecu 19 Área de un círculo)

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

$$2,7347 \times 10^{-5} = \frac{\pi}{4} D^2$$

Despejando “D”, se tiene:

$$D = 5,90 \times 10^{-3} m$$

Recomendación del pasador (poner referencia)

$$\emptyset_{Pasador} > 5,90 \times 10^{-3} m$$

Se pasa al siguiente diámetro, es decir, se escoge uno a mayor al diámetro que se tiene, pero que a su vez este sea comercial, para este caso, se selecciona un diámetro para el pasador de 8 mm.

Entonces se encuentra el cortante que soporta el pasador, con el diámetro seleccionado.

$$\tau = \frac{7547,8879N}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times (8 \times 10^{-3})^2}$$

$$\tau = 150,160 \text{ MPa}$$

Para el factor de seguridad del pasador:

$$n = \frac{276 \text{ MPa}}{150,160 \text{ MPa}}$$
$$n = 1,838$$

4.3.2 Análisis de esfuerzo en los soportes de la palanca: El esfuerzo esta dado de la siguiente manera:

(Ecu 20 Concentración del esfuerzo)

$$\sigma = k_t \frac{F}{A}$$

F: fuerza que soporta el soporte.

A: área transversal del soporte.

k_t : Factor de concentrador.

Tomando el área recomendada³⁴ se tiene:

$$A = (w - d) \times t$$

W: es el ancho del soporte.

D: diámetro del pasador.

T: el espesor del soporte.

H: altura del soporte.

A continuación se muestra las distintas dimensiones, para cada parámetro establecido para encontrar el área, y el concentrador de esfuerzo.

$$d = 8 \text{ mm}, w = 40 \text{ mm}, h = 20 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{w} = \frac{20}{40}$$

$$\frac{h}{w} = 0,5$$

³⁴ ³⁴ **Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett.** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill, 2008. Pág. 1009

$$\frac{d}{w} = \frac{8}{40}$$

$$\frac{d}{w} = 0,2$$

$$k_t = 5,4$$

Se seleccionó un concentrador de esfuerzo k_t 5,4.

Para una fuerza de **5439,92 N**, se divide entre el número de soportes, pues esta se distribuye de igual forma en cada uno de los soportes, entonces se tiene:

$$F = \frac{5439,92 \text{ N}}{2}$$

$$F = 2719,96 \text{ N}$$

Si se varía el espesor de cada placa, cambia su área y también su esfuerzo, analizaremos como es el cambio en los siguientes espesores:

$$t = 3 \text{ mm} \quad \sigma = (5,4) \times \frac{2719,96}{9,6 \times 10^{-5}} \quad n = 1,35 \text{ calibre 8}$$

$$\sigma = 153 \text{ MPa}$$

$$t = 4,16 \text{ mm} \quad \sigma = (5,4) \times \frac{2719,96 \text{ N}}{1,33 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \quad n = 1,88 \text{ calibre 8}$$

$$\sigma = 110,43 \text{ MPa}$$

$$t = 4,58 \text{ mm} \quad \sigma = (5,4) \times \frac{2719,96 \text{ N}}{1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \quad n = 2,27 \text{ calibre 6}$$

$$\sigma = 91,8 \text{ MPa}$$

Verificando la incidencia del esfuerzo cortante directo presente en el soporte tenemos para calibre 8:

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

$$\tau = \frac{2421,56 \text{ N}}{1,33 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\tau = 18,21 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de Von Mises:

(Ecu 21 Esfuerzo de Von Mises)

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{(110,43 \text{ MPa})^2 + 3(18,19 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma' = 123,18 \text{ MPa} \quad \therefore \quad n = 2,24$$

Como resultado se puede trabajar con cualquier espesor superior al calibre 8 para el diseño del soporte, ya que nos asegura un factor de seguridad de 2,24 lo cual indica confiabilidad del diseño.

4.3.3 Análisis de esfuerzo en los soportes barra de prensado: Dimensiones asumidas para la parte en contacto con la palanca:

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$w = 5 \text{ cm}$$

$$h = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma = k_t \frac{F}{A}$$

Se divide la fuerza para los dos soportes por igual.

$$F_{\text{soporte}} = \frac{7547,89 \text{ N}}{2}$$

$$F_{\text{soporte}} = 3773,9 \text{ N}$$

k_t Se halla en la tabla A-15-12 (Ver anexo D)

$$A = (w - d) \times t$$

$$\frac{d}{w} = \frac{0,8 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$\frac{d}{w} = 0,16$$

$$\frac{h}{w} = \frac{2,5 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$\frac{h}{w} = 0,5$$

$$k_t = 6,23$$

Realizando el procedimiento para los espesores (t) de 3 mm y 4 mm usando $S_y = 276$ MPa

Para:

$$t = 3\text{mm} \quad \sigma = 186,59 \text{ MPa} \text{ Y un } n = 1,47$$

$$t = 3,5\text{mm} \quad \sigma = 159,9 \text{ MPa} \text{ Y un } n = 1,72$$

$$t = 4\text{mm} \quad \sigma = 139,94 \text{ MPa} \text{ Y un } n = 1,97$$

Puede usarse un espesor para el soporte en contacto con la palanca con un espesor superior a 3 mm.

4.3.4 Soporte del molde: Dimensiones:

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$w = 2 \text{ cm}$$

$$h = 2 \text{ cm}$$

Para este soporte se trabaja con la fuerza completa de 7547.89 N

$$\sigma = k_t \frac{F}{A}$$

$$A = (w - d) \times t$$

$$\frac{d}{w} = \frac{0,8 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}$$

$$\frac{d}{w} = 0,4; \quad \frac{h}{w} = \frac{2 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}; \quad \frac{h}{w} = 1$$

$$k_t = 6,23$$

Para espesores (t) de 8 a 10 mm

$$t = 10 \text{ mm} \quad \sigma = 138,37 \text{ MPa} \text{ Y un } n = 1,9$$

$$t = 8 \text{ mm} \quad \sigma = 172,97 \text{ MPa} \text{ Y un } n = 1,59$$

Se puede trabajar con un soporte de espesor (t) superior a 8 m.

4.4 DISEÑO DE UNIONES PERMANENTES (SOLDADURA)

Los esfuerzos en uniones soldadas sujetas a flexión, se determinan con el cortante nominal que se presenta en la garganta, y está dada por la siguiente formula:

(Ecu 22 Cortante en garganta de soldadura)

$$\tau = \frac{M \times c}{I} = \frac{1,414 \times M}{b \times d \times h}$$

B: ancho de la tubería cuadrada.

D: altura de la tubería cuadrada.

H: garganta de la soldadura.

Se diseñó la factura con un cortante igual a 276 MPa, que es a su vez la resistencia a la fluencia del material de toda la estructura.

Las dimensiones de trabajo, son las mismas para todo el diseño. (Ver imagen 14).

Hallamos “h”

$$b = d = 50,8 \times 10^{-3}m, M = 535,68 N m, \tau = 138 MPa$$

$$138MPa = \frac{1,414 \times (535,68 Nm)}{(50,8 \times 10^{-3}m)^2 \times h}$$

$$h = 2,127 \times 10^{-3}m$$

Después de hallada la garganta de la soldadura, se encuentra su área, su \hat{X} y su \hat{Y} y I_u (Ver anexo D).

(Ecu 23 Área de garganta de soldadura)

$$A = 1,414 \times h(b + d)$$

$$A = 1,414 \times 2,127 \times 10^{-3}m(50,8 \times 10^{-3}m + 50,8 \times 10^{-3}m)$$

$$A = 3,055 \times 10^{-4}m^2$$

(Ecu 24 X trazo de la garganta de la soldadura)

$$\hat{X} = \hat{Y} = \frac{b}{2}$$

$$\hat{X} = \hat{Y} = \frac{50,8 \times 10^{-3}m}{2}$$

$$\hat{X} = \hat{Y} = 25,4 \times 10^{-3}m$$

(Ecu 25 Segundo momento unitario de área de la soldadura)

$$I_u = \frac{d^2}{6} \times (3b + d)$$

$$I_u = \frac{(50,8 \times 10^{-3}m)^2}{6} \times ((3 \times 50,8 \times 10^{-3}m) + 50,8 \times 10^{-3}m)$$

$$I_u = 8,739 \times 10^{-5}m^3$$

Para la soldadura de la estructura se propone usar un electrodo E27610 y un ancho de filete de 3 mm.

4.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

SELECCIÓN DEL ACTUADOR

Con la fuerza encontrada en el análisis de la palanca de valor 2493 N y con ayuda del catálogo de AIRTAC de elementos neumáticos se selecciona un actuador doble efecto de 63mm de diámetro del embolo, además de una presión común de 8 bares ya que esta es presión de trabajo que puede generar cualquier compresor de fácil adquisición en cualquier ferretería del municipio de Ocaña. (Ver anexo E)

Con los datos obtenidos en los ensayos en el laboratorio vemos que la compresión aproximada del queso es de 5cm con lo cual se obtiene para una palanca de 60 cm que el actuador debe tener un recorrido máximo de 15 cm con esto se obtiene un actuador de referencia CA63150. (Ver anexo F).

SELECCIÓN DE VÁLVULA DIRECCIONAL

(Ecu 26 Cálculo del factor de válvula)

$$k_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}$$

$$Q = \text{caudal maximo, en } m^3/h$$

$$\rho = \text{densidad } kg/dm^3$$

$$\Delta P = \text{variacion de presion, en bares}$$

$$k_v = \text{factor de valvula, en } m^3/h$$

Caudal de funcionamiento (Q):

(Ecu 27 Caudal de funcionamiento)

$$Q = \frac{\text{carrera} \times \text{área del embolo}}{\text{tiempo de recorrido}}$$

$$Q = \frac{0.15 \text{ m} \times \pi D_{\text{embolo}}^2}{4 \times 20 \text{ horas}}$$

$$Q = \frac{0.15 \text{ m} \times \pi (0.063)^2}{4 \times 20 \text{ horas}}$$

$$Q = 2,3379 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_v = 2,3379 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{h} \sqrt{\frac{1.29 \times 10^{-3}}{8 \text{ bar}}}$$

$$k_v = 2,97 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{h}$$

Para la selección de válvula se realiza con el factor de capacidad (Cv):

(Ecu 28 Cálculo de factor de capacidad)

$$C_v = 1,16 k_v$$

$$C_v = 1,16 \left(2,97 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{h} \right)$$

$$C_v = 3,4452 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{h}$$

Se selecciona el tipo de válvula 4/2 o de 5/2 de 1/4" NPT y ya que el factor Cv es muy pequeño para poder usarlo de manera precisa se selecciona la válvula con el factor Cv más pequeño que ese encuentra en el catálogo con la referencia VB0302 la cual es una válvula de botón. (Ver anexo G).

UNIDAD DE MANTENIMIENTO DE AIRE

Se selecciona una unidad de mantenimiento de aire con un NPT de 1/4", capacidad del filtro de hasta 40 micras, con manómetro y regulador manual para poder graduar la presión que se suministra al actuador en el proceso de prensado, la referencia de este es **UM2021**. (Ver anexo H).

Para la selección del compresor no se tendrá en cuenta las pérdidas de presión por la tubería debido a las condiciones de funcionamiento como el caudal de $2,3379 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{h}$ el cual

es muy pequeño no se requiere que esto se realice y ya que el actuador se seleccionó para una presión máxima de 8 bares se decidió usar un compresor comercial de 8 bares el cual se puede encontrar en cualquier ferretería de accesorios neumáticos.

Tubería: Se decidió usar una manguera de poliuretano de 8mm y longitud de 10 metros aprox.

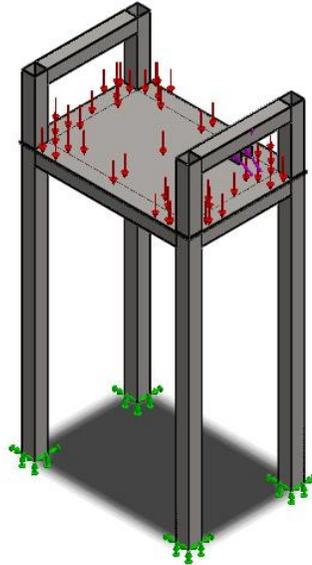
Acoples: aproximadamente 8 acoples rápidos de 1/4" PT X 8 mm

Silenciador: De uno a dos silenciadores de 1/4" todo de acuerdo a la válvula direccional

5. ANALISIS DE SOLIDWORK DE LA ESTRUCTURA DE PRENSADO

5.1 ANALISIS DE LA MESA DE PRENSADO

IMAGEN 15: Mesa de Prensado



Fuente: Autores. Dibujo realizado en SolidWorks

Propiedades del material

Material: AISI 304

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal.

Criterio de error predeterminado: tensión máxima de Von Mises

Límite elástico: $2,068 \times 10^8$ Pa.

Límite de tracción: $5,1 \times 10^8$ Pa.

Información del mallado:

Tipo de malla: malla sólida.

Mallado utilizado: malla estándar.

Puntos jacobianos: 4 puntos.

Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Tamaño de elemento: 18,6352 mm.

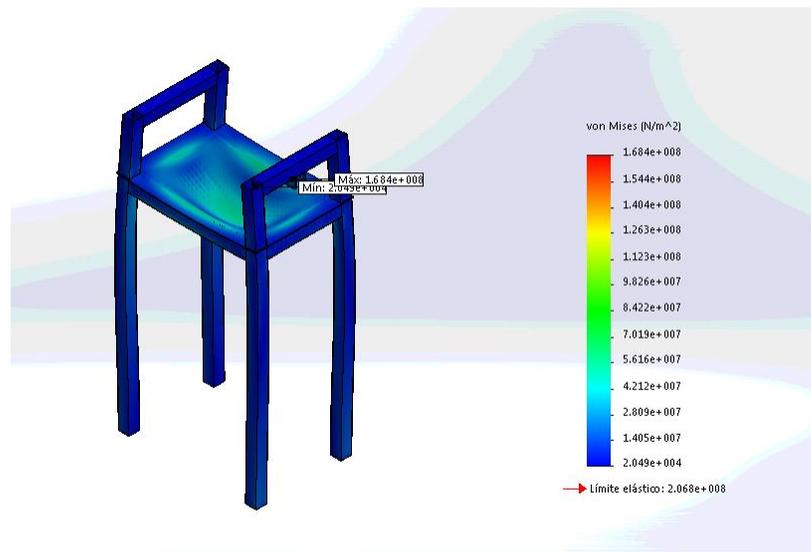
Tolerancia: 0,931759 mm.

Número total de nodos: 69975.

Número total de elementos: 35394

5.1.2 Análisis de esfuerzo y deformación

IMAGEN 16: Esfuerzo de Von Mises



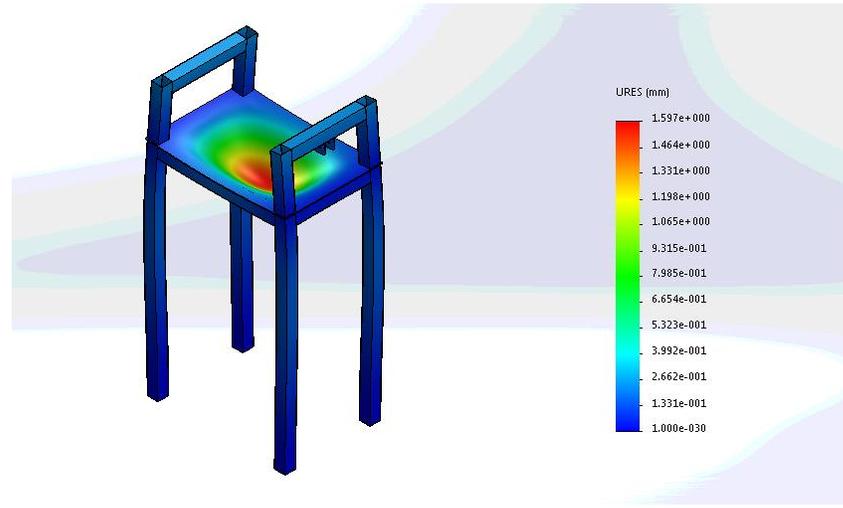
Fuente: Autores. Cálculos realizados en SolidWorks

Tensión mínima: 20493 Pa

Tensión máxima: 168,42 MPa

El esfuerzo máximo al que es sometido esta parte de la estructura nos indica que al usar un materia como el AISI 304 con $S_y = 276$ MPa, con la dimensiones establecidas anteriormente (ver anexo) aseguran que la estructura soportara las cargas de trabajo.

IMAGEN 17: Desplazamiento de la mesa



Fuente: Autores. Cálculos realizados en SolidWorks

Desplazamiento mínimo: 0 mm.

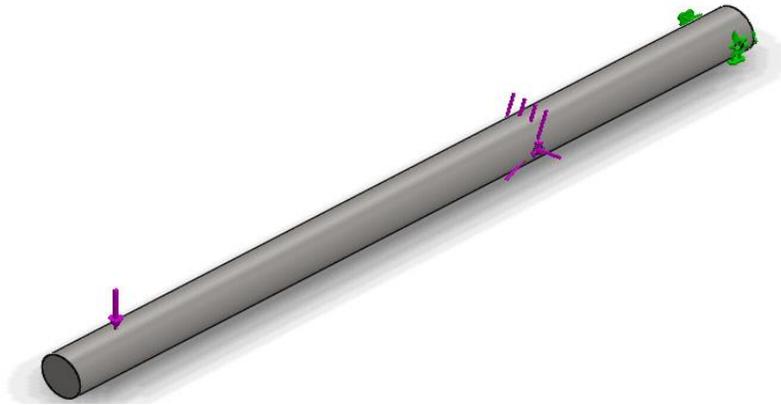
Desplazamiento máximo: 1,59694 mm.

Los desplazamientos obtenidos por la simulación nos ayudan a verificar que la estructura no tendrá deformaciones que afecten su funcionamiento.

5.2 ANALISIS DE LA PALANCA

La palanca es la encargada de triplicar la fuerza generada por el actuador, para transmitirla a la cuajada que se encuentra en el molde, que posteriormente se convertirá en queso.

IMAGEN 18: Palanca de prensado



Fuente: Autores. Dibujo realizado en SolidWorks.

Propiedades del material

Material: AISI 304

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal.

Criterio de error predeterminado: tensión máxima de Von Mises

Límite elástico: $2,068 \times 10^8$ Pa.

Límite de tracción: $5,1 \times 10^8$ Pa.

Información del mallado:

Tipo de malla: malla sólida.

Mallado utilizado: malla estándar.

Puntos jacobianos: 4 puntos.

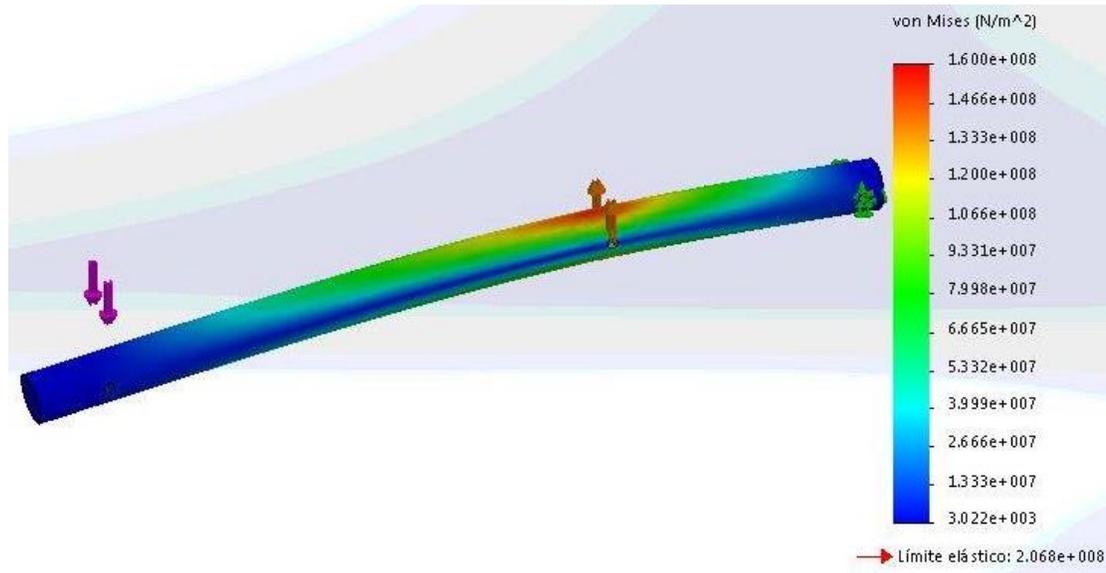
Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Tamaño de elemento: 18,6352 mm.

Tolerancia: 0,931759 mm.

5.2.1 Análisis de esfuerzo y deformación para la palanca

IMAGEN 19: Esfuerzo de Von Mises de la palanca



Fuente: Autores. Cálculos realizados en SolidWorks

Tensión mínima: 3022 Pa.

Tensión Máxima: 160 MPa.

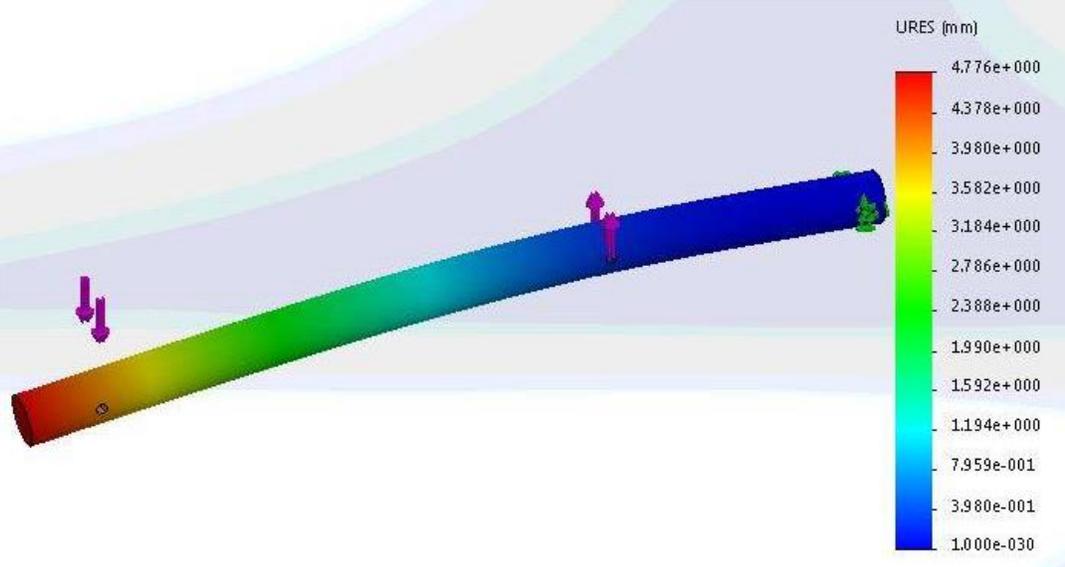
El esfuerzo que soporta la palanca está dentro de los límites que soporta el material, dando soporte a que la fuerza generada por el actuador a través de la palanca no hará que la palanca falle por exceso de carga. Se obtiene un factor de seguridad de 1,73, lo cual hace que la palanca se confiable.

Desplazamiento mínimo: 0 mm.

Desplazamiento máximo: 4, 776 mm.

Los desplazamientos obtenidos por la aplicación de la fuerza sobre la palanca de compactación se encuentran dentro de los límites para que se presente una buena compactación, la cual no debe ser mayor a 5 cm.

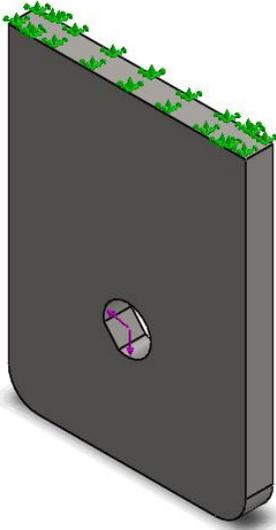
IMAGEN 20: Desplazamiento de la palanca



Fuente: Autores. Cálculos hechos en SolidWorks

5.3 ANALISIS DE LOS SOPORTES DE LA PALANCA

IMAGEN 21: Soporte de la palanca



Fuente: Autores. Dibujo realizado en SolidWorks

Propiedades del material

Material: AISI 304

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal.

Criterio de error predeterminado: tensión máxima de Von Mises

Límite elástico: $2,068 \times 10^8$ Pa.

Límite de tracción: $5,1 \times 10^8$ Pa.

Información del mallado:

Tipo de malla: malla sólida.

Mallado utilizado: malla estándar.

Puntos jacobianos: 4 puntos.

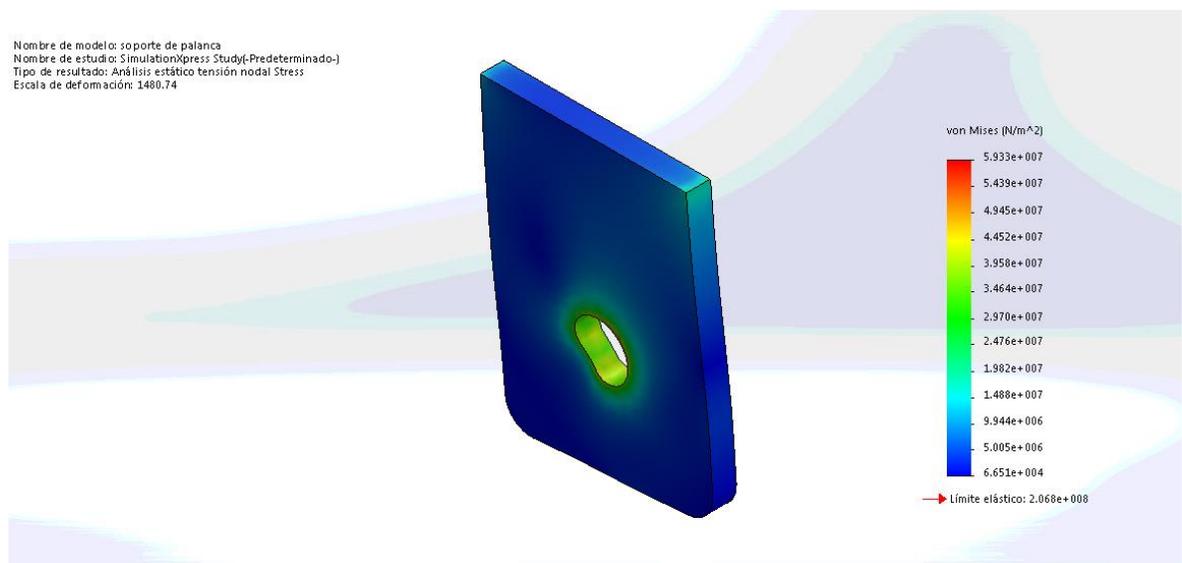
Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Tamaño de elemento: 18,6352 mm.

Tolerancia: 0,931759 mm.

5.3.1 Análisis de esfuerzo y deformación para los soporte de la palanca

IMAGEN 22: Esfuerzo de Von Mises Soporte de la palanca



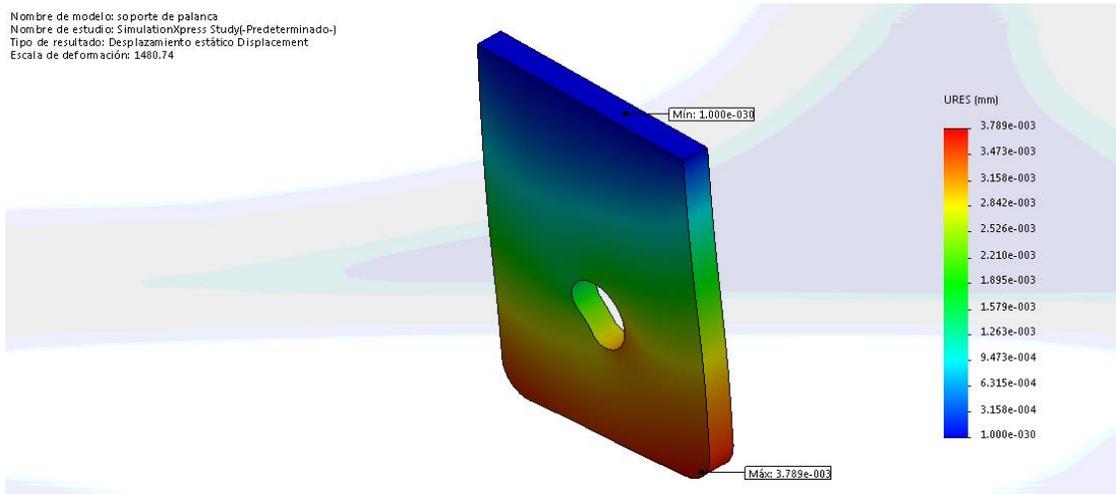
Fuente: Autores. Cálculos realizados en SolidWorks

Tensión mínima: 66505 Pa.

Tensión Máxima: 59,33 MPa.

Los soportes de la palanca están sometido a un esfuerzo menor al que puede resistir el material con el que está diseñado.

IMAGEN 23: Desplazamiento de soporte de la palanca



Fuente: Autores. Cálculos realizados en SolidWorks

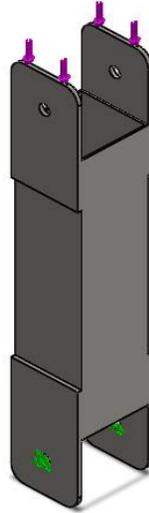
Desplazamiento mínimo: 0 mm.

Desplazamiento máximo: 3,78 mm.

Los desplazamientos de los soportes de la palanca, son muy pequeños, por ende no afectan el funcionamiento de la palanca.

5.4 ANALISIS DE LA BARRA DE PRENSADO

IMAGEN 24: Barra de prensado



Fuente: Autores. Dibujo realizado en SolidWorks

Propiedades del material

Material: AISI 304

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal.

Criterio de error predeterminado: tensión máxima de Von Mises

Límite elástico: $2,068 \times 10^8$ Pa.

Límite de tracción: $5,1 \times 10^8$ Pa.

Información del mallado:

Tipo de malla: malla sólida.

Mallado utilizado: malla estándar.

Puntos jacobianos: 4 puntos.

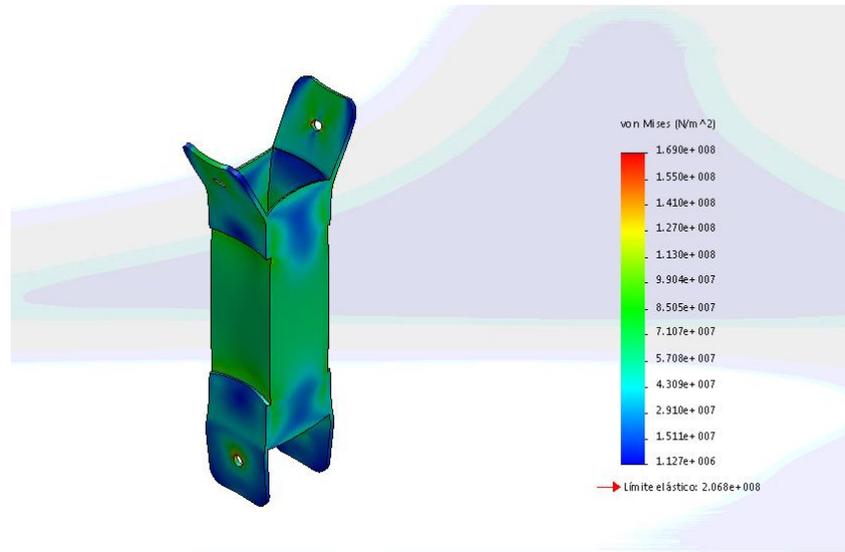
Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Tamaño de elemento: 18,6352 mm.

Tolerancia: 0,931759 mm.

5.4.1 Análisis de esfuerzo y deformación para la barra de prensado

IMAGEN 25: Esfuerzo de Von Mises Barra de prensado



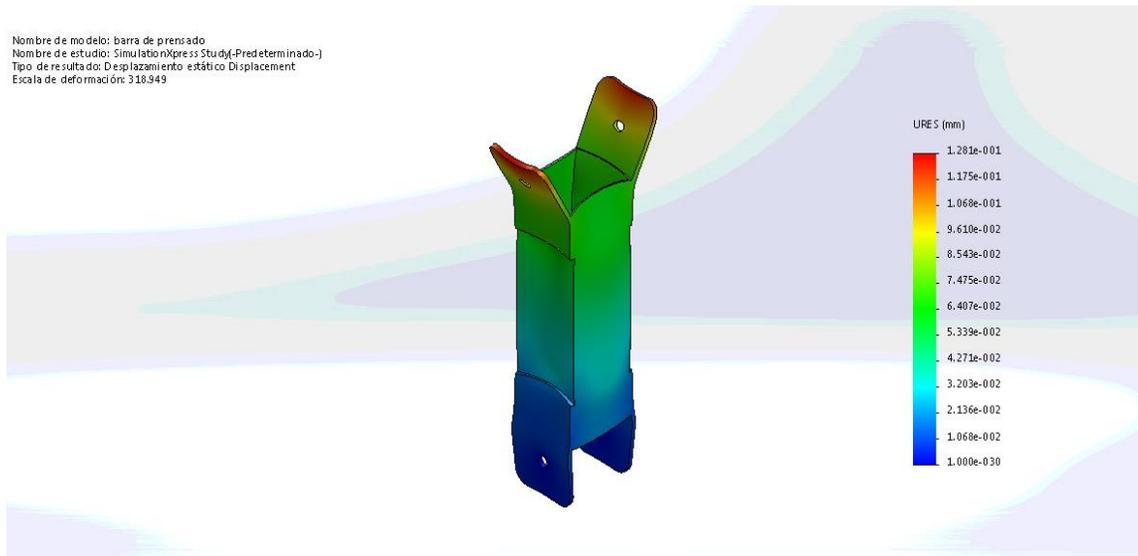
Fuente: Autores. Cálculos realizados en SolidWorks

Tensión mínima: 1,1271 MPa.

Tensión Máxima: 168,9 MPa.

Esta es la parte de toda la máquina que soporta más esfuerzo, pero esta a su vez no supera el límite de falla del material que se seleccionó para su diseño. Entonces la barra que ejerce la fuerza de prensado sobre el molde, es fiable y confiable.

IMAGEN 26: Desplazamiento de la barra de prensado



Fuente: autores. Cálculos realizados en SolidWorks

Desplazamiento mínimo: 0 mm.

Desplazamiento máximo: 1,281 mm.

Aunque es la parte que más fuerza soporta, y la que más esfuerzo tiene, su desplazamiento no es tan alto, y no afecta el rendimiento de la barra.

6. PRESUPUESTO

Tabla 2: Costos de los elementos

DETALLE	UNIDAD	VALOR/ UNID	TOTAL
UNIDAD DE MANTENIMIENTO DE AIRE	1	\$ 300.000	\$ 300.000
ACTUADOR DOBLE EFECTO	1	\$ 800.000	\$ 800.000
MANGUERA POLIURETANO 8 mm	10	\$ 3.600	\$ 36.000
SILENCIADOR 1/4" BRONCE	2	\$ 8.200	\$ 16.400
ACOPLES RAPIDOS 1/4" X 8mm	10	\$ 9.400	\$ 94.000
VALVULA DIRECCIONAL 1/4" NPT	1	\$ 350.000	\$ 350.000
COMPRESOR DE 8 BAR DE PRESION	1	\$ 300.000	\$ 300.000
TUBERIA DE ACERO AISI 304 2"X2"	12	\$ 40.000	\$ 480.000
	TOTAL		1896400

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 3: Costos de construcción

MANO DE OBRA	\$ 1.000.000
SOLDADURA	\$ 1.500.000
COSTOS DE DISEÑO	\$1.000.000
TOTAL	\$ 3.500.000

Fuente: Autores del proyecto

LA CONSTRUCCIÓN TOTAL DEL PROYECTO TIENE UN COSTO DE \$5396400 PESOS.

CONCLUSIONES

La utilización de la prensa Retamoso ayuda aplicar una mayor carga, con el uso de menores recursos, ya que, con esta se triplica la fuerza aplicada lo cual asegura una mayor capacidad de compactación de la cuajada, de tal manera que se podría acortar el tiempo prensado.

Con la prensa Retamoso el aumento de aplicación de la fuerza es del 52% además, aumenta la producción del queso, ya que, el resultado final después del prensado no será de 10 Kg sino de 35 Kg, lo cual repercute en un aumento en la producción del 71%.

La selección de una tubería cuadrada de 2 pulgada calibre 18 de acero inoxidable AISI 304 para el diseño de la estructura asegura que soportara las distintas cargas a la que es sometida, además la flexión de la estructura se mantiene con un alto factor de seguridad debido a que la flexión máxima que presenta la estructura, no supera la resistencia a la fluencia del material seleccionado.

La barra que compacta el queso es la parte de la estructura que soporta la mayor fuerza y la mayor flexión, asimismo la barra es del mismo material toda la estructura, su geometría no es cuadrada, sino circular.

Con los resultados obtenidos mediante el análisis de elementos finitos realizados en el software “SolidWorks” de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se pudo corroborar un correcto funcionamiento de los elementos estructurales de la prensa.

El uso de acero inoxidable en la estructura ayuda en higiene del producto terminando, acatando la NTC 750 y la NTC 5894 que rigen la producción de productos lácteos.

De acuerdo a las fuerzas alcanzadas en los ensayos y las recomendaciones del manual de lácteos del SENA, se pudo encontrar una fuerza adecuada para asegurar un mejor prensado del queso

La implementación de un sistema neumático facilita la aplicación de fuerzas sobre la cuajada, y los tiempos de aplicación de esta con la ayuda de un regulador de presión.

RECOMENDACIONES

El espacio de trabajo debe estar totalmente nivelado para asegurar una buena distribución de las fuerzas sobre el queso, tener la cercanía a una buena cometida eléctrica para asegurar el buen funcionamiento del compresor.

Bajo la placa de la mesa de prensado se debe soldar tres tubos de las dimensiones de la mesa de prensado con el fin de evitar futuras flexiones por fatiga de placa de la mesa de prensado, que es la que soporta el molde de la cuajada, junto con las cargas que se aplican.

Se debería utilizar un sistema de control de presión automático para asegurar un mejor prensado.

La ubicación de la estructura debe ser en un lugar cercano a un sistema de desagüe, para asegurar que el suero resultante del prensado sea removido eficientemente.

La utilización de velo de novia, ayuda a que los gránulos de la cuajada se concentren mejor, por ende, el queso tendrá una mejor consistencia, evitando que la cuajada salga por los orificios de los moldes, los cuales son usados para desuerado durante el proceso de prensado.

El uso de un acero inoxidable AISI 304 tubería cuadrada de 2 pulgada para la estructura y una palanca de 4 cm de diámetro maciza ayudan a una mejor higiene para el producto.

La acidez de la leche debería estar en un estado neutro, ya que, una acidez muy alta, hace que el proceso de prensado sea más largo.

BIBLIOGRAFIA

ARROYO, M. y C. GARCÍA. 1988. Quesos de España. Espasa-Calpe S.A. ed. Madrid.

BONET, B., M. JUÁREZ, B. MORENO, R.M. ORTEGA, y L. SUÁREZ. 2009. Libro Blanco de los Lácteos. Federación Nacional de Industrias Lácteas. Madrid.

CASADO, P. 1991. Guía para el análisis químico de la leche y los derivados lácteos. Ayala S.A. ed. Madrid.

CASTILLO, M. 2001. Predicción del tiempo de corte en la elaboración de queso mediante dispersión de radiación de infrarrojo próximo. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Murcia.

CHACÓN, A. 2006. Tecnología de membranas en la industria láctea. Agronomía Mesoamericana. 17(02):243-263.

Ir, MARCO R. Meyer. Manual para la educación agropecuaria. Elaboración de productos lácteos. 6ta Ed. Octubre 1988.

DURAN RAMÍREZ, Felipe. Lácteos y Derivados – obtención-conservación-procesos. 2009.

UNIVERSIDAD DE LA SABANA. Comunicación social y periodismo, investigación aplicada: <http://www.unisabana.edu.co/carreras/comunicacion-social-y-periodismo/trabajo-de-grado/opciones-de-trabajo-de-grado/investigacion-aplicada/>

UNAD. Investigación pura, investigación aplicada: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/100104/100104_EXE/leccin_5_investigacin_pura_i_nvestigacin_aplicada_investigacin_profesional.html

SENA. DERIVADOS LÁCTEOS. Derivados lácteos, 1987.

LIBRO BLANCO DE LOS LÁCTEOS. Libro blanco de los lácteos 2010.

Vargas Arredondo J. Manual de industrialización de la leche. ITA No. 20 Morelia, Mich.

Sánchez, C. Producto lácteos, 1992.

JEFFREY KANER ROBERT. Utilización de leche cruda Vs pasteurizada en la elaboración de queso. 1982.

HARBUTT J. Productos lácteos. 1998

VILLEGA DE GANTE. Procesos de elaboración del queso. 2004.

DE ALBA, J. asociación mexicana de producción animal, 1985.

HILL A. Dairy Chemistry and Physics, 2006.

MANUAL DE PRÁCTICA PARA PROCESAR ALIMENTOS A BASE DE LECHE. Colegio de estudios científicos y tecnológicos, Michoacán agosto del 2009.

MANUALES PARA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. Elaboración de productos lácteos.

COLANTA, ESCUELA DE QUESOS. Historia del queso en Colombia:
<http://www.escueladequesos.com/el-queso/34-contenidos/78-historia-del-queso-en-colombia>

LÁCTEOS Y DERIVADOS. Obtención, conservación y procesos.

PONCELET, ENCICLOPEDIA DEL QUESO. Historia del queso:
<http://www.poncelet.es/enciclopedia-del-queso/historia.html>

DIRECTO AL PALADAR, EL SABOR DE LA VIDA. Historia del queso:
<http://www.directoalpaladar.com/cultura-gastronomica/la-historia-del-queso>

UNIVERSIDAD NACIONAL. Manual de elaboración de queso costeño amasado.

MATALLANA VENTURA, SANTIAGO. Prensado del queso.

ANEXOS

Anexo A: Constantes físicas de materiales

I Constantes físicas de materiales

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso unitario w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Fundición de hierro (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Metal Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Niquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al niquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Anexo B: Constante condiciones finales columnas

Tabla 4-2

Constantes de condiciones finales de las columnas de Euler [para usarse con la ecuación (4-40)]

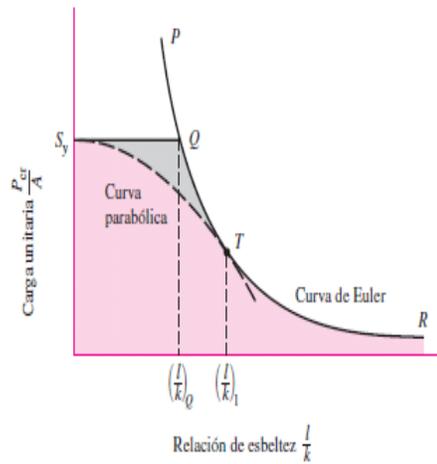
Condiciones de extremos de columnas	Constante C de condición de extremos		
	Valor teórico	Valor conservador	Valor recomendado*
Empotrado-libre	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Articulado-articulado	1	1	1
Empotrado-articulado	2	1	1.2
Empotrado-empotrado	4	1	1.2

*Para usarse sólo con factores de seguridad amplios cuando la carga de la columna se conozca con exactitud.

Anexo C: Grafica de Curva de Euler

Figura 4-19

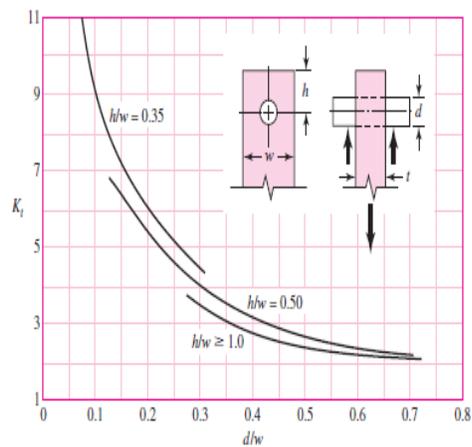
Gráfica de la curva de Euler mediante la ecuación (4-40) con $C = 1$.



Anexo D: Factor de concentrador de esfuerzo

Figura A-15-12

Placa cargada en tensión mediante un pasador a través de un agujero. $\sigma_0 = F/A$, donde $A = (w - d)t$. Cuando exista holgura incrementa K_t de 35 a 50%. (M. M. Frocht y H. N. Hill, "Stress Concentration Factors around a Central Circular Hole in a Plate Loaded through a Pin in Hole", en *J. Appl. Mechanics*, vol 7, núm. 1, marzo de 1940, p. A-5.)



Anexo E: Cilindros fuerzas teóricas

CILINDROS - FUERZAS TEORICAS SISTEMA ISO

Art.

CILINDROS

$$F = P \times A$$



F1 = Fuerza en extensión - Newtons

F2 = Fuerza en retracción - Newtons

Diámetro del Cilindro	Presión Bar (Kgf/cm ²)									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	F1	5.7	8.5	11.3	14.1	17.0	19.8	22.6	25.5	28.3
	F2	4.2	6.4	8.5	10.6	12.7	14.9	17.0	19.1	21.2
10	F1	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0	62.9	70.7	78.6
	F2	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	52.8	59.4	66.0
12	F1	23	34	45	57	68	79	91	102	113
	F2	17	25	34	42	51	59	68	76	85
16	F1	40	60	80	101	121	141	161	181	201
	F2	35	52	69	86	104	121	138	156	173
20	F1	63	94	126	157	189	220	251	283	314
	F2	53	79	106	132	158	185	211	238	264
25	F1	98	147	196	246	295	344	393	442	491
	F2	83	124	165	206	248	289	330	371	413
32	F1	161	241	322	402	483	563	644	724	805
	F2	138	207	277	346	415	484	553	622	691
40	F1	251	377	503	629	754	880	1,006	1,131	1,257
	F2	211	317	422	528	634	739	845	950	1,056
50	F1	393	589	786	982	1,179	1,375	1,571	1,768	1,964
	F2	330	495	660	825	990	1,155	1,320	1,485	1,650
63	F1	624	936	1,247	1,559	1,871	2,183	2,495	2,807	3,119
	F2	561	841	1,122	1,402	1,683	1,963	2,244	2,524	2,804
80	F1	1,006	1,509	2,011	2,514	3,017	3,520	4,023	4,526	5,029
	F2	908	1,361	1,815	2,269	2,723	3,176	3,630	4,084	4,538
100	F1	1,571	2,357	3,143	3,929	4,714	5,500	6,286	7,071	7,857
	F2	1,473	2,210	2,946	3,683	4,420	5,156	5,893	6,629	7,366
125	F1	2,455	3,683	4,911	6,138	7,366	8,594	9,822	11,049	12,277
	F2	2,294	3,442	4,589	5,736	6,883	8,031	9,178	10,325	11,472
160	F1	4,021	6,032	8,043	10,053	12,063	14,074	16,085	18,095	20,106
	F2	3,770	5,655	7,540	9,425	11,310	13,195	15,080	16,965	18,850
200	F1	6,280	9,420	12,560	15,700	18,840	21,980	25,120	28,260	31,400
	F2	6,030	9,045	12,060	15,075	18,090	21,105	24,120	27,135	30,150

Cilindros-04

Art.

Anexo F: Carrera del cilindro

CILINDROS NORMAS ISO 15552 / ISO 6431 / VDMA 24562 SERIE CA

Art

CILINDROS

Doble efecto
Ø 32 ... 200 mm



Características

- Normas: ISO 15552
ISO 6431
VDMA 24562
- Modelos con embolo magnético para control de posición
- Los interruptores magnéticos quedan integrados en el perfil
- Los cilindros de 160 y 200 mm poseen sensores ocultos, cámara tipo mickey mouse
- Amortiguación regulable en ambas cabezas
- No requieren lubricación

Datos Técnicos

Fluido:
Aire comprimido Filtado,
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:
1 a 10 Bar ~ 14,5 a 145 PSI

Temperatura de Trabajo:
-20°C a 80°C ~ -4°F a 176°F

Kit de Alta Temperatura:
Hasta 150°C ~ 302°F

Amortiguación:
Neumática, Regulable

Materiales

Perfil:
Aluminio inyectado

Cabezas:
Aluminio inyectado

Vástago:
Acero al carbón con 20µ de
superficie como endurecida
Opcional: Acero Inoxidable

Empaques:
TPU (Polietileno Termoplástico)
NBR

Modelos Standard

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del cilindro en milímetros								
	32	40	50	63	80	100	125	160	200
25 (1")	CA32025	CA40025	CA50025	CA63025	CA80025	CA100025	CA125025	CA160025	CA200025
50 (2")	CA32050	CA40050	CA50050	CA63050	CA80050	CA100050	CA125050	CA160050	CA200050
75 (3")	CA32075	CA40075	CA50075	CA63075	CA80075	CA100075	CA125075	CA160075	CA200075
100 (4")	CA32100	CA40100	CA50100	CA63100	CA80100	CA100100	CA125100	CA160100	CA200100
125 (5")	CA32125	CA40125	CA50125	CA63125	CA80125	CA100125	CA125125	CA160125	CA200125
150 (6")	CA32150	CA40150	CA50150	CA63150	CA80150	CA100150	CA125150	CA160150	CA200150
175 (7")	CA32175	CA40175	CA50175	CA63175	CA80175	CA100175	CA125175	CA160175	CA200175
200 (8")	CA32200	CA40200	CA50200	CA63200	CA80200	CA100200	CA125200	CA160200	CA200200
250 (10")	CA32250	CA40250	CA50250	CA63250	CA80250	CA100250	CA125250	CA160250	CA200250
300 (12")	CA32300	CA40300	CA50300	CA63300	CA80300	CA100300	CA125300	CA160300	CA200300
350 (14")	CA32350	CA40350	CA50350	CA63350	CA80350	CA100350	CA125350	CA160350	CA200350
400 (16")	CA32400	CA40400	CA50400	CA63400	CA80400	CA100400	CA125400	CA160400	CA200400
450 (18")	CA32450	CA40450	CA50450	CA63450	CA80450	CA100450	CA125450	CA160450	CA200450
500 (20")	CA32500	CA40500	CA50500	CA63500	CA80500	CA100500	CA125500	CA160500	CA200500
600 (24")	CA32600	CA40600	CA50600	CA63600	CA80600	CA100600	CA125600	CA160600	CA200600
700 (28")	CA32700	CA40700	CA50700	CA63700	CA80700	CA100700	CA125700	CA160700	CA200700
800 (32")	CA32800	CA40800	CA50800	CA63800	CA80800	CA100800	CA125800	CA160800	CA200800
900 (36")	CA32900	CA40900	CA50900	CA63900	CA80900	CA100900	CA125900	CA160900	CA200900
1000 (40")	CA32000	CA40000	CA501000	CA631000	CA80000	CA1001000	CA125000	CA160000	CA200000
1200 (48")							CA1251000	CA1601000	CA2001000
1400 (56")							CA1251000	CA1601000	CA2001000
1500 (60")							CA1251000	CA1601000	CA2001000
Ø Vástago	12 mm	16 mm	20 mm	20 mm	25 mm	25 mm	32 mm	40 mm	40 mm
Conexión	G1/8	G1/8	G1/4	G1/8	G1/8	G1/2	G1/2	G3/4	G3/4
Empaques	CAK032	CAK040	CAK050	CAK063	CAK080	CAK100	CAK125	CAK160	CAK200
Alta Temp.	CAKA032	CAKA040	CAKA050	CAKA063	CAKA080	CAKA100	CAKA125	CAKA160	

* Para carteras no standard y cilindros de doble vástago consulte con su distribuidor

Art

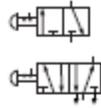
Cilindros-07

Anexo G: Válvula de botón

VALVULAS

VALVULAS DE BOTON 3/2 - 5/2 SERIE VB 1/4 - 3/8 NPT

Art.



Características

- Normalmente cerradas
- Dos posiciones fijas
- Tamaño muy compacto
- Resistentes a la corrosión
- Montaje en tablero

Datos Técnicos

Fluido:
Aire comprimido Filtrado,
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:
0 a 8 Bar ~ 0 a 114 PSI

Temperatura de Trabajo:
5°C a 60°C ~ 23°F a 140°F

Materiales

Cuerpo : Aluminio
Sellos : NBR

3/2



5/2



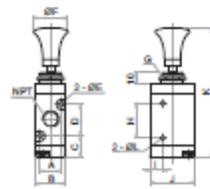
Válvulas de Botón 3/2 Vías

Referencia	NPT	Operador	Cv
VB0302	1/4"	Botón / 2 Posiciones	0,89
VB0303	3/8	Botón / 2 Posiciones	1,67

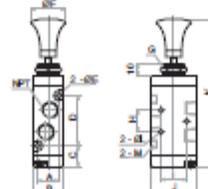
Válvulas de Botón 5/2 Vías

Referencia	NPT	Operador	Cv
VB0502	1/4"	Botón / 2 Posiciones	0,89
VB0503	3/8	Botón / 2 Posiciones	1,67

Válvulas 3/2



Válvulas 5/2



NPT	Válvulas 3/2		Válvulas 5/2	
	1/4"	3/8"	1/4"	3/8"
A	17	20	17	20
B	22	27	22	27
C	12,7	15	12,7	15
D	30	35	38	50
E	3,3	4,3	3,3	4,3
F	22	25	22	25
G	M14x1,0	M16x1,0	M14x1,0	M16x1,0
H	25	30	20	24
I	8	10	23,5	27,5
J	35	40	35	40
K	90	100	98	115
L	4,3	4,3	4,3	4,3
M	-	-	1/8"	1/4"

Válvulas-30

Art.

Anexo H: Unidad de mantenimiento

UNIDADES DE MANTENIMIENTO

SERIE UM 1/8 - 1/4 - 3/8 - 1/2 NPT

Art



Filtro/Regulador, Lubricador
Manómetro y Soporte



Características

- Remueven agua y partículas sólidas mayores de 5 micras
- Regular con bloqueo de seguridad
- Vasos transparentes con protector metálico
- Manómetro integrado en el regulador
- Uniones modulares que facilitan la conexión y el mantenimiento

Datos Técnicos

Fluido:
Aire comprimido

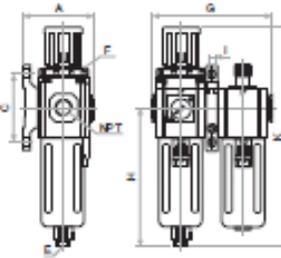
Remoción de Partículas:
Miniatura: 5 micrones
Standard: 40 micrones

Presión de Trabajo:
1,5 a 9 Bar ~ 21 a 128 PSI

Temperatura de Trabajo:
-20°C a 70°C ~ -4°F a 158°F

Materiales

Cuerpo : Aluminio
Vaso : Policarbonato
Empaques : NBR
Elemento
Filtrante 5µ : Polipropileno
Elemento
Filtrante 40µ : Bronce Sinterizado



Tamaño	A	C	E	F
Miniatura	62	50	Ø16 OD	M00x1,5
Standard	72	70	1/8	M40x1,5
Alto Flujo	89	80	1/4	M50x2

Tamaño	G	H	I	K
Miniatura	97	93	5,5	161
Standard	124	143	6,5	225,5
Alto Flujo	164	165,5	8,5	269,5

Unidades Miniatura

Referencia	NPT	Desajuste	Vaso	Micras	SCFM
UM1011	1/8"	Manual	Transparente	5	20
UM1021	1/4"	Manual	Transparente	5	24

Unidades Standard

Referencia	NPT	Desajuste	Vaso	Micras	SCFM
UM2021	1/4"	Manual	Transparente / Protector	40	50
UM2022	1/4"	Automático	Transparente / Protector	40	50
UM2031	3/8"	Manual	Transparente / Protector	40	50
UM2032	3/8"	Automático	Transparente / Protector	40	50
UM2041	1/2"	Manual	Transparente / Protector	40	60
UM2042	1/2"	Automático	Transparente / Protector	40	60

Unidades de Alto Flujo

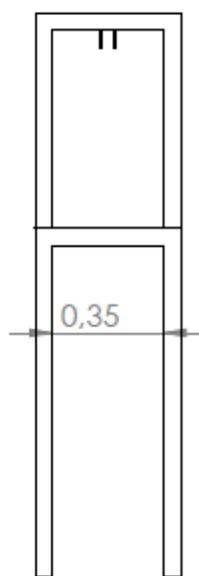
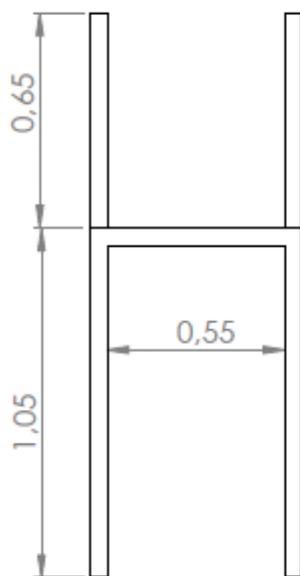
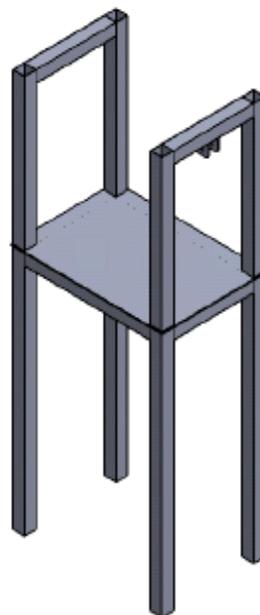
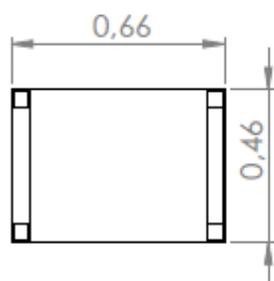
Referencia	NPT	Desajuste	Vaso	Micras	SCFM
UM3041	1,0"	Manual	Transparente / Protector	40	100
UM3042	1,0"	Automático	Transparente / Protector	40	100

MANTENIMIENTO

Mantenimiento-02

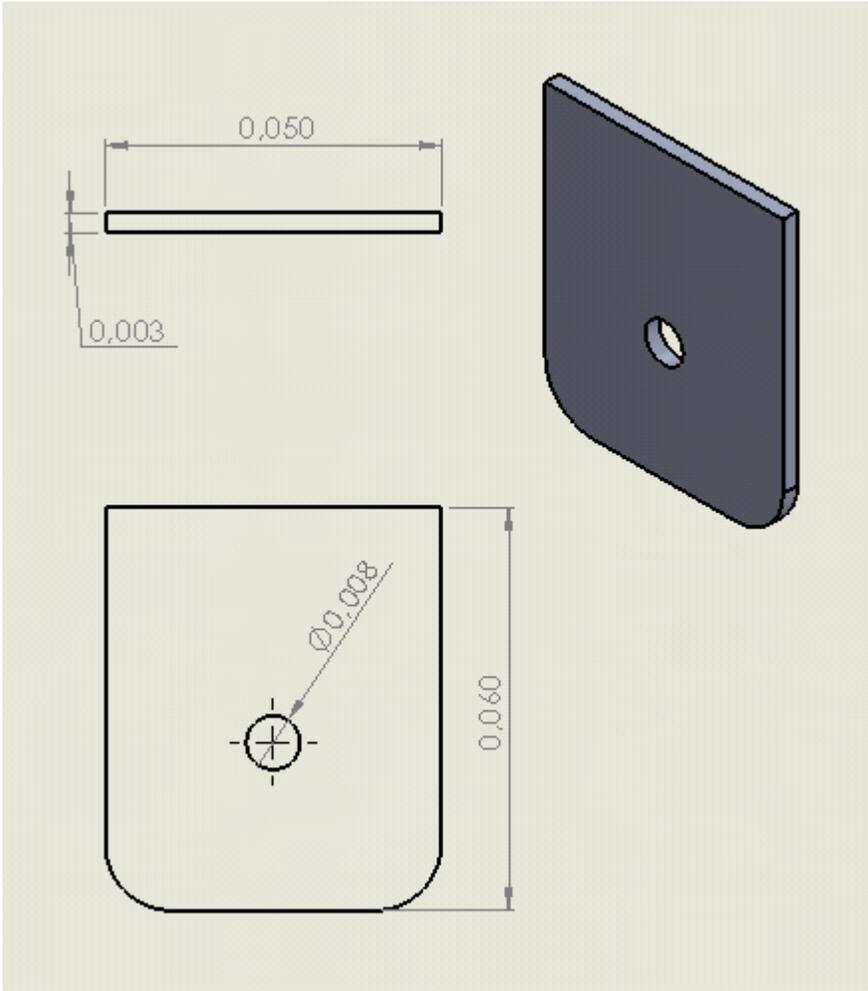
Art

Anexo I: Diseño final mesa de prensado



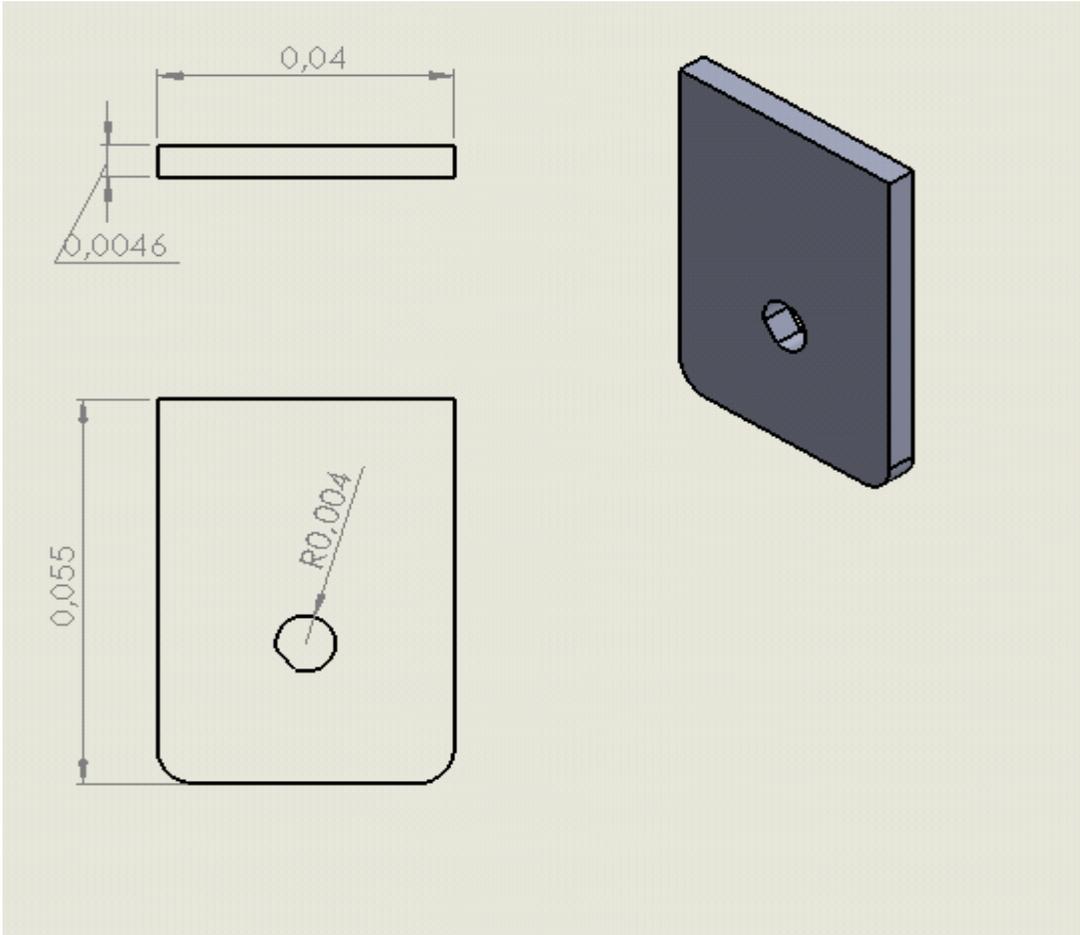
UNIDADES	METROS
CANTIDADES	1

Anexo J: Diseño final soporte de la barra compactadora



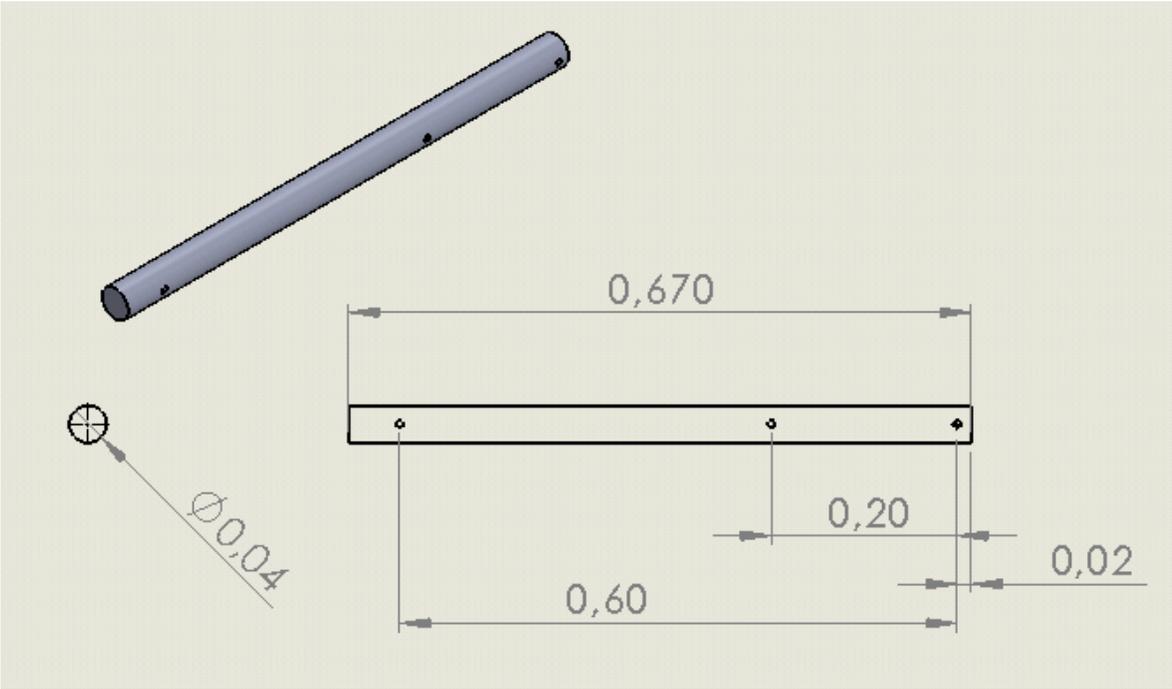
UNIDADES	METROS
CANTIDAD	2

Anexo K: Diseño final soporte de palanca



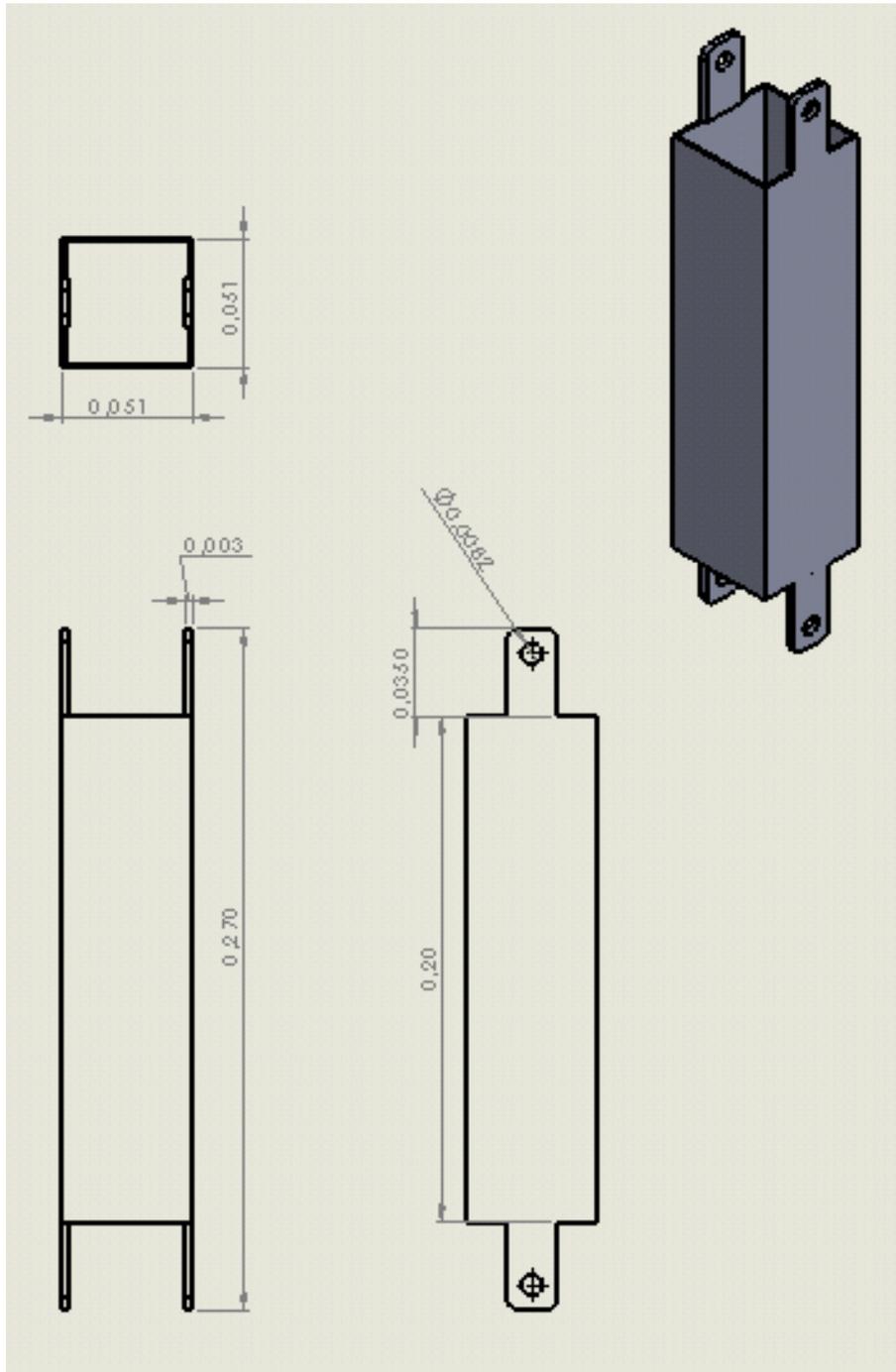
UNIDADES	METROS
CANTIDADES	2

Anexo L: Diseño final palanca



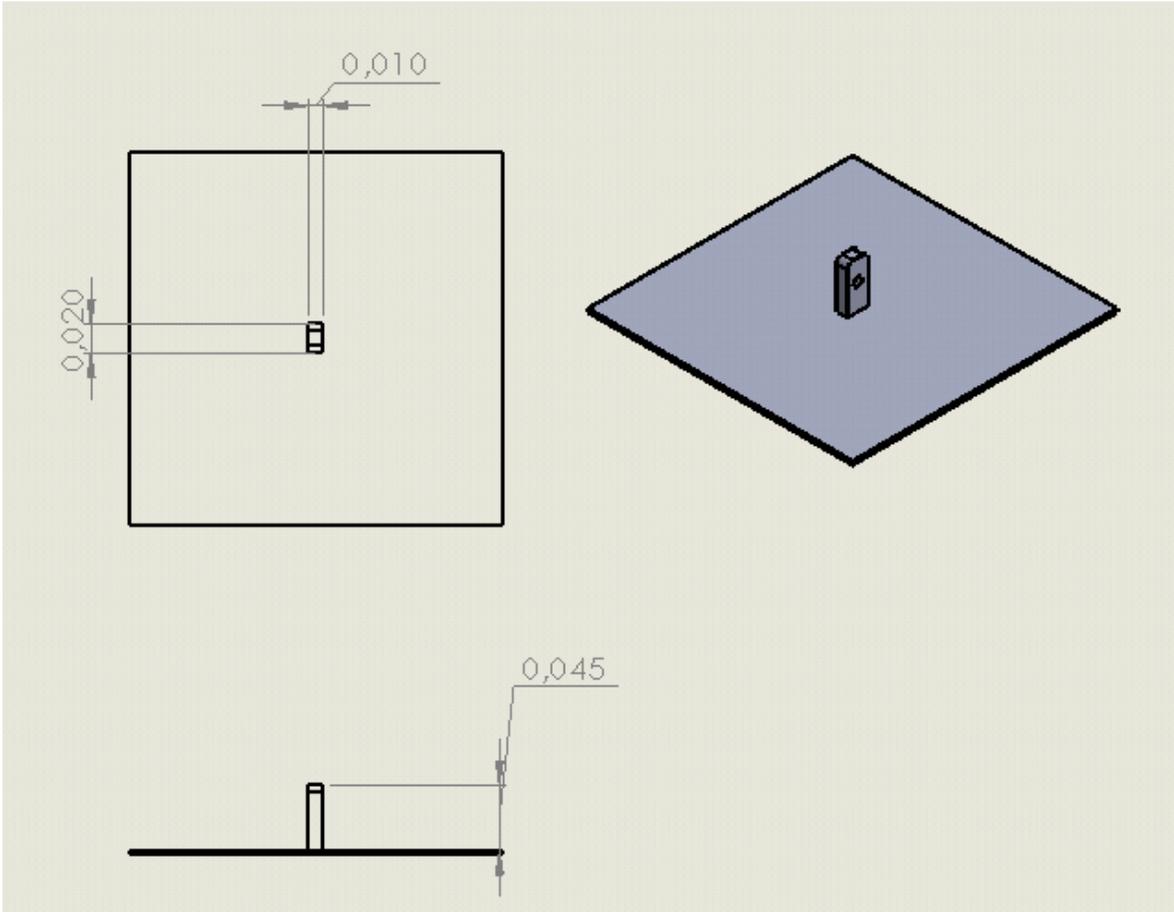
UNIDADES	METROS
CANTIDADES	1

Anexo M: Diseño final de la barra de prensado



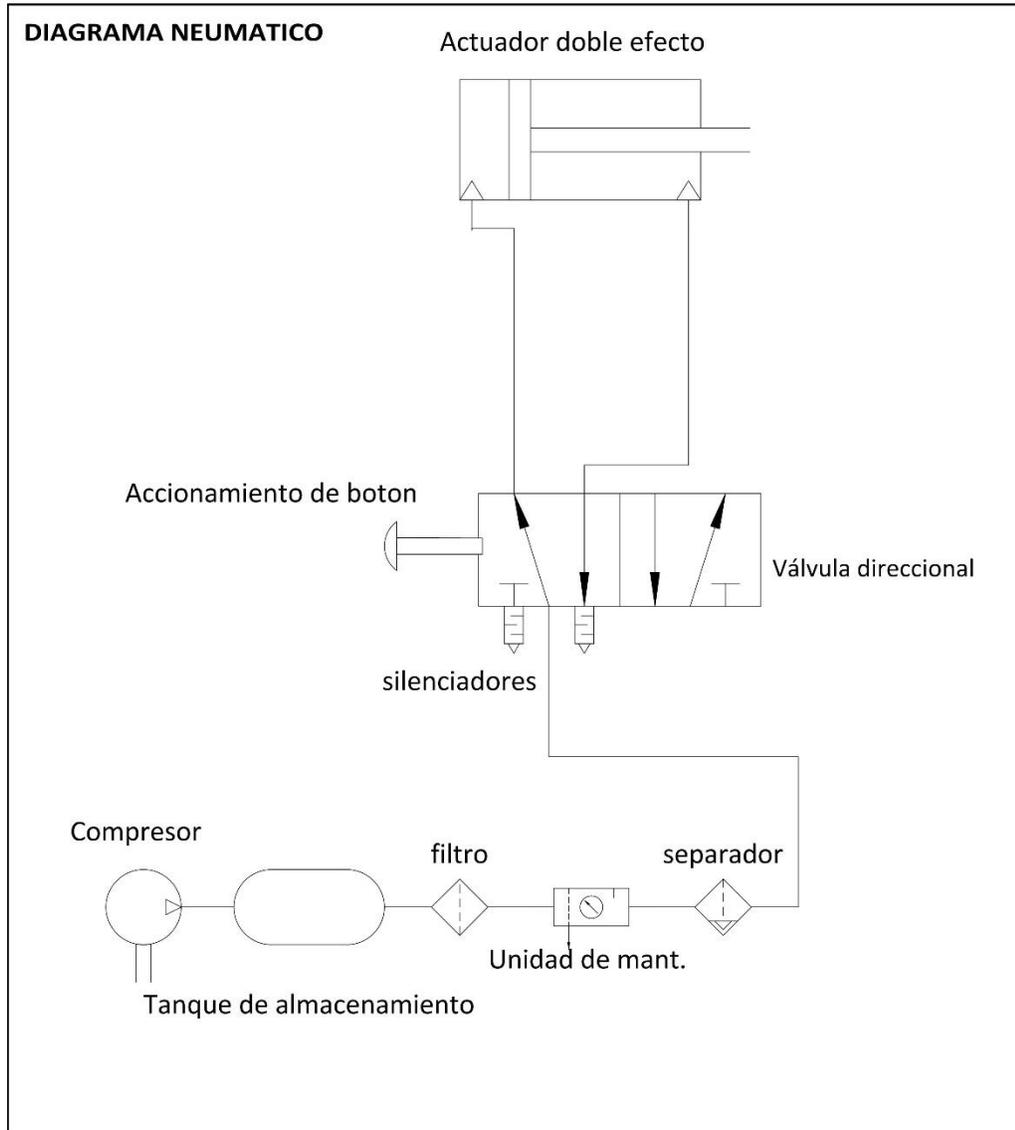
UNIDADES	METROS
CANTIDADES	1

Anexo N: Diseño final soporte de molde



UNIDADES	METROS
CANTIDAD	1

Anexo O: Diagrama del sistema Neumático de la prensa



Fuente: Autores