

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL DE ADECUACION Y
EMPACADO PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE CULTIVO DE TRUCHA

FABIÁN DAVID ARÉVALO MELO
ANDERSON JESUS GONZALEZ DELGADO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2010

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL DE ADECUACION Y
EMPACADO PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE CULTIVO DE TRUCHA

FABIÁN DAVID ARÉVALO MELO
ANDERSON JESUS GONZALEZ DELGADO

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director
ISNARDO GONZALEZ JAIMES
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2010

DEDICATORIA

A Dios

Por su infinita grandeza

A mis abuelos y mis padres

Por su incondicional apoyo

A mis hermanos

Por su habitual compañía

A mis amigos y familiares

A mi amada

Por hacerme demorar otros semestres más

Fabián

DEDICATORIA

A mi mamá y mis hermanas por su apoyo incondicional

Anderson

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente proyecto agradecen a todas las personas involucradas en el correcto desarrollo del mismo, pero especialmente a:

Isnardo González Jaimes, Ingeniero Mecánico, director del proyecto, por ser una guía en el cumplimiento de los objetivos propuestos en este proyecto.

Néstor Yezid Álvarez, propietario de la empresa pesquemos, por su apoyo durante la fabricación.

Docentes de la escuela de Ingeniería Mecánica y de la facultad de Físico-mecánicas, por su labor de formación integral para nosotros como ingenieros.

Todas las personas que participaron en la construcción de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	22
1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA DE LA TRUCHA.....	24
1.1 LA EMPRESA PESQUEMOS.....	24
1.1.1 Misión.....	24
1.1.2 Visión.....	25
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	25
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	26
1.3.1 Objetivos generales.....	26
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
1.4 PROCEDIMIENTO DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE LA TRUCHA.....	27
1.5 LIMPIEZA DE LA TRUCHA.....	29
1.6 EMPACADO DE LA TRUCHA Y SELLADO DE LA BOLSA.....	29
2. DISEÑO DEL SISTEMA INTEGRAL DE EMPACADO DE TRUCHA.....	31
2.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD (QFD).....	31
2.1.1 Requerimientos del consumidor.....	31
2.1.2 Requisito de las máquinas.....	32
2.1.3 Ponderación de resultados para la selección de la solución.....	34
2.1.4 Planteamiento de alternativas.....	35
2.1.4.1 Alternativa 1.....	35
2.1.4.2 Alternativa 2.....	35
2.1.4.3 Alternativa 3.....	35
2.1.4.4 Alternativa 4.....	36
2.1.5 Evaluación de las opciones de diseño.....	36
2.2 CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS.....	38
2.2.1 Caracterización del subsistema de limpieza.....	38

2.2.2 Caracterización del subsistema de empacado.....	38
2.3 ESTACIONES DE PRODUCCION.....	40
2.3.1 Velocidad de producción.....	40
2.3.2 Tiempos de producción.....	41
2.3.3 Cálculo del número de trabajadores.....	42
2.4 DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS.....	43
2.5 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE LIMPIEZA.....	45
2.5.1 Diseño de la banda transportadora.....	45
2.5.2 Diseño de la estructura de la banda transportadora.....	52
2.6 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE EMPACADO.....	56
2.6.1 Cálculo y selección de la bomba de vacío.....	57
2.6.2 Diseño de las cámaras de vacío.....	60
2.6.3 Diseño de la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	70
2.6.4 Componentes del sellado.....	74
2.6.5 Circuito neumático de las cámaras de vacío.....	77
2.6.6 Componentes del control electrónico.....	77
3. CONSTRUCCION Y PRUEBAS.....	81
3.1 REQUERIMIENTOS.....	81
3.2 MATERIALES.....	81
3.3 IDENTIFICACION DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.....	82
3.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA.....	83
3.4.1 Estructura.....	83
3.4.2 Componentes de ventilación.....	84
3.4.3 Componentes de potencia.....	85
3.5 CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE VACIO Y SELLADO.....	85
3.5.1. Tapas de acrílico.....	85
3.5.2 Cámaras de vacío.....	87
3.5.3 Estructura.....	88
3.5.4 Componentes de sellado.....	89

3.5.5 Componentes de vacío.....	89
3.5.6 Componentes de control electrónico.....	90
4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIBILIDAD.....	91
4.1 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN.....	91
4.2 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO.....	92
5. PRESUPUESTO.....	95
6. CONCLUSIONES.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXOS.....	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Organización de requerimientos del consumidor.....	32
Tabla 2. Matriz calidad para el diseño de un sistema integral de adecuación y empacado de trucha.....	33
Tabla 3. Evaluación de Alternativas.....	37
Tabla 4. Cálculo de velocidad de producción.....	41
Tabla 5. Cálculo del tiempo de la línea.....	42
Tabla 6. Cálculo del número de trabajadores.....	43
Tabla 7 Cálculos para el diseño de la banda transportadora.....	48
Tabla 8. Calculo de potencia de la banda transportadora.....	49
Tabla 9. Selección de correas y poleas.....	50
Tabla 10. Diseño del eje de la banda transportadora.....	51
Tabla 11. Cálculo de cargas equivalentes y vida nominal del rodamiento.....	52
Tabla 12. Diseño de las cuñas de las poleas.....	52
Tabla 13. Cálculo de la capacidad volumétrica de la bomba de vacío.....	59
Tabla 14. Cálculo de las fuerzas sobre la tapa.....	62
Tabla 15. Cálculos para el sellado.....	75
Tabla 16. Cálculo de la Potencia para el sellado.....	76
Tabla 17. Identificación del proceso de manufactura.....	82
Tabla 18. Carta de atención básica a los equipos del sistema.....	94
Tabla 19. Presupuesto.....	95

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Empresa PESQUEMOS.....	25
Figura 2. Proceso en la sala de empaque.....	28
Figura 3. Truchas sacrificadas antes del proceso de empaque.....	28
Figura 4. Limpieza de la trucha.....	29
Figura 5. Empacado de la trucha.....	30
Figura 6. Sellado de la bolsa.....	30
Figura 7. Ponderación de Resultados.....	34
Figura 8. Diagrama del sistema de limpieza.....	38
Figura 9. Diagrama del sistema de empaque.....	39
Figura 10: Determinación del número de trabajadores.....	40
Figura 11. Distribución de espacio en la sala de empaque.....	44
Figura 12. Redistribución de la sala de empaque.....	44
Figura 13. Esquema del subsistema de limpieza.....	45
Figura 14. Pruebas de limpieza con aire.....	46
Figura 15. Dimensiones de la estructura de la banda transportadora.....	53
Figura 16. Cargas sobre la estructura de la banda transportadora.....	54
Figura 17. Enmallado de la estructura de la banda transportadora.....	54
Figura 18. Deformaciones en la estructura de la banda de transportadora.....	55
Figura 19. Esfuerzos de la estructura de la banda transportadora.....	55
Figura 20. Factor de seguridad de la estructura de la banda transportadora.....	56
Figura 21. Esquema del subsistema de empaque.....	56
Figura 22. Dimensiones del empaque.....	57
Figura 23. Bomba de vacío de seleccionada.....	60
Figura 24. Cámaras de vacío en 3D.....	60
Figura 25. Dimensiones de la tapa de las cámaras de vacío.....	63
Figura 26. Cargas sobre la tapa de las cámaras de vacío.....	64

Figura 27. Enmallado de la tapa de las cámaras de vacío.....	64
Figura 28. Deformación de la tapa de las cámaras de vacío.....	65
Figura 29. Esfuerzos de la tapa de las cámaras de vacío.....	66
Figura 30. Factor de seguridad de la tapa de las cámaras de vacío.....	66
Figura 31. Dimensiones de la mesa de las cámaras de vacío.....	67
Figura 32. Enmallado de la mesa de las cámaras de vacío.....	68
Figura 33. Cargas sobre la mesa de las cámaras de vacío.....	68
Figura 34. Deformación total de la mesa de las cámaras de vacío.....	69
Figura 35. Esfuerzos de la mesa de las cámaras de vacío.....	69
Figura 36. Factor de seguridad de la mesa de las cámaras de vacío.....	70
Figura 37. Dimensiones de la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	71
Figura 38. Cargas sobre la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	71
Figura 39. Enmallado de la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	72
Figura 40. Deformación en la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	72
Figura 41. Esfuerzos en la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	73
Figura 42. Factor de seguridad de estructura base de la mesa de las cámaras de vacío.....	73
Figura 43. Esquema del sellado por impulso eléctrico.....	74
Figura 44. Diagrama circuito neumático.....	77
Figura 45 Esquema del circuito electrónico de control.....	78
Figura 46. Planos de la tarjeta de control.....	80
Figura 47. Estructura base del sistema de limpieza.....	84
Figura 48. Componentes de la ventilación para la limpieza.....	84
Figura 49. Moto-reductor de la banda de limpieza.....	85
Figura 50. Tapa de las cámaras de vacío en acrílico.....	86

Figura 51. Cortadora de acrílico laser.....	86
Figura 52. Cámaras de vacío en acero inoxidable.....	87
Figura 53. Dobladora de láminas.....	88
Figura 54. Estructura base de las cámaras de vacío.....	88
Figura 55. Transformador eléctrico.....	89
Figura 56. Bomba de vacío.....	89
Figura 57. Válvula de 3 vías 2 posiciones.....	90
Figura 58. Tarjeta de control electrónico.....	90
Figura 59. Sistema Integral.....	92
Figura 60. Controles de tiempo.....	93

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Propiedades del acrílico de propósito general

Anexo B. Propiedades del Acero Inoxidable serie 300

Anexo C. Propiedades del acero AISI 1020

Anexo D. Factor de servicio para la selección de correas

Anexo E. Gráfica para la selección del tipo de correa

Anexo F. Tamaños de cuña en función del diámetro del eje

Anexo G. Catálogo de rodamientos SKF

Anexo H. Propiedades del perfil estructural cuadrado

Anexo I. Ficha técnica de la bomba de vacío

Anexo J. Ficha técnica de las electroválvulas

Anexo K. Planos

ABREVIATURAS

ω	Velocidad angular tambor cabeza	Rad/s
Ω	Resistencia	Ohmios
δ_{pt}	Densidad del polietileno	gr/cm ³
A_b	Ancho de la banda	Metros
A_{cam}	Ancho de la Cámara	M
A_{cg}	Area de cargue	metros ²
A_{inf}	Área inferior	m ²
A_{sup}	Área superior	m ²
A_{tp}	Ancho tapa	M
B_{tp}	Largo Tapa	M
C	Calor especifico	cal/gr°C
Cal	Calorías	Cal-kwh
Cban	Capacidad de la banda	Ton/hr
Cc	Distancia real entre centros de poleas	m
Ccmin	Distancia mínima entre centros de las poleas	m
C_{tp}	Orillo tapa	M
Da	Demanda Anual	unidades/año
Dcc	Diámetro exterior de la polea conducida	m
Dcc	Diámetro exterior polea conducida	Pulg
Det	Diámetro del eje	m
Dpc	Diámetro exterior de la polea conductora	m
Dpc	Diámetro exterior de la polea conductora	Pulg
Dpcc	Diámetro de la polea conducida	m
Dppc	Diámetro primitivo de la polea conductora	m
Dt	Diámetro tambor cabeza	m
E	Eficiencia de producción	-
E_s	ancho de selle	Cm
f	Factor de fricción de los rodillos	-
F_{atm}	Fuerza atmosférica	N
F_s	Factor de servicio	-
F_t	Fuerza en el tambor motriz	N
F_v	Fuerza de vacio	N
h	Altura de transporte	m
H_{cam}	Alto de la Cámara	M
Hsh	Horas Turno	horas/turno
I	Intensidad	Amperios
i	Reducción con poleas	-
j	Factor polea para cálculo del diámetro primitivo	m
L	longitud de la barra	Cm
Lc	Longitud entre centros	Metros

L_{cam}	Largo de la Cámara	M
Lcorr	Longitud de la correa	m
Lcorr	Longitud de la correa	Pulg
Lo	Factor de longitud	m
M	Masa del polietileno	Gr
N	Normal ó fuerza neta	N
Nb	Numero de truchas en la banda	Truchas
N_c	calibre de la película	Cm
N_c	Calibre de la película	Cm
N_{motor}	Velocidad del motor	RPM
Ntb	Revoluciones por minuto tambor	RPM
P	Potencia eléctrica	Watt.h
P_{atm}	Presión Atmosférica	Pa
P_c	Potencia consumida	KW
P_e	Potencia efectiva	KW
P_f	Presión final	Pa
P_i	Presión inicial	Pa
P_m	Peso de partes móviles	Lb/ft
P_t	Potencia de la banda transportadora	KW
P_{vac}	Presión de vacio	Pa
Q	Calor	Cal
$Q_{perdidas}$	Calor perdido	Cal
Q_{total}	Calor total	Cal
r/p	Reducción total	-
Rent	Revoluciones eje de entrada	Rpm
Res	Revoluciones del eje de salida	-
Rp	Velocidad de producción	unidades/hora
S_{eff}	Capacidad efectiva de la Bomba	m^3/s
Sw	Turnos por Semana	turnos/semana
$t_{ambiente}$	Temperatura ambiente	$^{\circ}C$
Tc	Tiempo de la línea	-
Tl	Tiempo de limpieza	Segundos
Tp	Tiempo real	Minutos
T_{pu}	Tiempo por unidad	Segundos
Tr	Tiempo requerido	S
t_{selle}	Temperatura de selle	$^{\circ}C$
Tt	Tamaño de la trucha	$metro^2/trucha$
Twc	Tiempo de contenido de trabajo	Minutos
Utr	Unidades a manejar de trucha	Trucha/dia
V	Velocidad tangencial de la banda	$m/s*trucha$
V_{cam}	Volumen de la cámara	m^3
Vol	Voltaje	Voltios
V_{pt}	Volumen	cm^3
Wmin	Número de trabajadores	Trabajadores
W_{tp}	Peso de la tapa	N

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL DE ADECUACION Y EMPACADO PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE CULTIVO DE TRUCHA*

AUTORES:

FABIAN DAVID ARÉVALO MELO
ANDERSON JESÚS GONZÁLEZ DELGADO**

PALABRAS CLAVE:

Trucha, empaque, metodología, diseño.

DESCRIPCIÓN:

En este proyecto de grado se diseñó y construyó un sistema de adecuación y empackado de trucha para mejorar el proceso productivo de pequeñas empresas productoras, Los pequeños productores están limitados en la adquisición de tecnología pues en el país la maquinaria de empackado es demasiado costosa, pues son máquinas que se tienen que importar, otra limitante que tienen es que los equipos que se consiguen en el mercado nacional no están diseñados específicamente para sus productos, lo cual hace que esta maquinaria en ocasiones no se acomode a sus procesos productivos.

Durante el proceso de diseño primero se requirió de una herramienta metodológica que ayudara a la toma de decisiones, para esto se recurrió a el QFD (*Quality Function Deployment*), la metodología del QFD ayudó de manera importante porque se pudo desglosar cada uno de los sistemas involucrados en el diseño y evaluar la mejor alternativa de diseño. Posteriormente se hizo un diseño conceptual de los sistemas de la alternativa ganadora.

El uso de herramientas CAD como Solid Edge y Solid Work, permitieron un análisis geométrico detallado de los componentes, que luego fueron exportados a una herramienta CAE como lo es ANSYS Workbench y realizarles los análisis estructurales necesarios.

Durante la construcción se tuvo especial cuidado en el uso de los materiales y procesos adecuados para la fabricación de los componentes, para garantizar su funcionalidad, calidad y larga vida.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ciencias Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Ing. Isnardo González
Jaimes

ABSTRACT

TITLE:

DESIG AND CONSTRUCTION OF A INTEGRAL SYSTEM OF ADEQUANCY AND PACKING FOR SMALL COMPANIES OF CULTIVATE TROUT*

AUTHORS:

FABIAN DAVID ARÉVALO MELO
ANDERSON JESÚS GONZÁLEZ DELGADO**

KEY WORDS:

Trout, packing, methodological, design.

DESCRIPTION:

In this degree work of a system of adequacy was designed and constructed and packed of trout to improve the productive process of producing small enterprises, The small producers are limited in the acquisition of technology since in the country it would scheme it of packed it is too costly, since they are machines that have to be imported, bounding other one that they have is that the equipments that are obtained on the domestic market are not designed specifically for his products, which does that this one would machinate in occasions does not get accommodated to his productive processes.

During the process of the first design there was needed of a methodological tool that it was helping to the capture of decisions, for this it was appealed to the QFD (Quality Function Deployment), the methodology of the QFD helped in an important way

The use of tools CAD like Solid Edge and Solid Work, they allowed a geometric detailed analysis of the components, which then were exported to a tool CAE since it is ANSYS Workbench and to realize the structural necessary analyses.

During the construction special care was had in the use of the materials and processes adapted for the manufacture of the components, to guarantee his functionality, quality and long life.

*Degree Work

**Physical-Mechanical Engineer Faculty. Mechanical Engineering, Eng. Isnardo González Jaimes.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del país está ligado directamente con el sector primario por lo cual es función primordial de los profesionales colombianos hacer llegar a este renglón de la economía herramientas que lo hagan más competitivo, para el caso específico de la cría y comercialización de la trucha, surge la necesidad de llevar un producto al mercado que durante su flujo comercial logre mantener la integridad física e higiénica, como consecuencia de ello si se quiere ser competitivo en el mercado se tiene que ofrecer un producto que cumpla a satisfacción dichas condiciones de empaçado.

Los pequeños productores están limitados en la adquisición de tecnología pues en el país la maquinaria de empaçado es demasiado costosa, pues son máquinas que se tienen que importar, otra limitante que tienen es que los equipos que se consiguen en el mercado nacional no están diseñados específicamente para sus productos, lo cual hace que esta maquinaria en ocasiones no se acomode a sus procesos productivos.

Durante el proceso de diseño primero se requirió de una herramienta metodológica que ayudara a la toma de decisiones, para esto se recurrió a el QFD (*Quality Function Deployment*), la metodología del QFD ayudó de manera importante porque se pudo desglosar cada uno de los sistemas involucrados en el diseño y evaluar la mejor alternativa de diseño. Posteriormente se hizo un diseño conceptual de los sistemas de la alternativa ganadora.

Ya teniendo el diseño conceptual definido, se inició el proceso de cálculo de cada uno de los sistemas, para esto se realizaron tablas de Excel que permitieron que el proceso fuera rápido, dado que estas permiten que se puedan variar los datos de entrada y así facilitar la iteración para obtener mejores resultados.

El uso de herramientas CAD como Solid Edge y Solid Work, permitieron un análisis geométrico detallado de los componentes, que luego fueron exportados a una herramienta CAE como lo es ANSYS Workbench y realizarles los análisis estructurales necesarios.

Durante la construcción se tuvo especial cuidado en el uso de los materiales y procesos adecuados para la fabricación de los componentes, para garantizar su funcionalidad, calidad y larga vida.

La obtención de los componentes en el mercado local fue una limitante en el proceso de diseño y construcción, dado a esto se tuvo que rediseñar en varias ocasiones para facilitar el proceso de construcción. Gracias al uso de las herramientas informáticas el proceso de iteración y rediseño se hizo más ágil y rápido.

1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA DE LA TRUCHA

La trucha arco iris originaria de la costa este de los Estados Unidos hoy en día ocupa el cuarto renglón en importancia en la acuicultura comercial colombiana, precedida de la tilapia (*oreochromis*), el camarón (*litopenaeus vannamei*) y cachama (*piaractus*), en conjunto estas 4 especies representan el 96% de la producción acuícola colombiana con una producción anual de 66.567 toneladas en el año 2007 con un crecimiento anual de 8.66%; siendo el 11.36% correspondiente a la producción de trucha arco iris. La evolución de esta actividad económica y en especial la producción de trucha se observa en la actualidad por factores como avance en la infraestructura y métodos de producción, mejoramiento en la eficiencia de recursos hídrico, aumento en la productividad y competitividad con el fin de suplir los mercados externos el mejoramiento en la producción de los concentrados, el manejo en cultivo entre otros.¹

1.1 LA EMPRESA PESQUEMOS

Pesquemos es una micro empresa fundada en el año 1997 en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander, cuya actividad económica es el cultivo y comercialización de alevinos y trucha, su principal objetivo es ofrecer productos de calidad y brindar un buen servicio a nuestros clientes. De igual manera, se ha convertido en una empresa generadora de empleo y desarrollo económico de la región.

1.1.1 Misión

Producir y comercializar productos pesqueros de alta calidad que puedan ser consumidos en forma masiva y a precios razonables por el consumidor final, y ser generadores de empleo y desarrollo para nuestra región.

¹ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Sistema de información de precios y mercado, boletín semanal N°.13 Vol.5, 26 de Marzo al 1 de Abril del 2009.

Figura 1. Empresa PESQUEMOS



1.1.2 Visión

PESQUEMOS en el 2012 contará con puntos de distribución en las dos capitales del gran Santander, ofreciendo productos de alta calidad y posicionando una marca que sea reconocida a nivel regional, permitiendo de esta manera un crecimiento serio y sostenido de nuestra empresa

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de ser cada día ser más competitivos ha hecho que todos los sectores productivos busquen un mejoramiento continuo de sus procesos, por lo cual el sector piscícola no debe ser ajeno, pues en un mundo cada día más globalizado se debe pensar en estar preparados con maquinaria que contribuya a que los procesos de manipulación de alimentos sean los idóneos.

Se busca propiciar un proceso integral semiautomático de limpieza y empaclado rápido e higiénico; además conservar la frescura y el sabor del pescado para así

tener una mayor competitividad en el mercado, garantizando una disminución en los costos de producción y mejorando la calidad del producto.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general

Contribuir con el desarrollo regional mediante la vinculación de la Universidad con el sector piscícola, brindando una alternativa tecnológica en la adecuación y empaque de la trucha, dando así continuidad a la misión institucional de la Universidad Industrial de Santander de participar activamente en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, impulsando en el país una nueva alternativa en el campo piscicultor que contribuya al desarrollo económico y social de la nación, ofreciendo al mercado truchas de alta calidad que sean comercialmente viables mediante el diseño de un proceso integral de adecuación y empacado de la trucha.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diseñar y construir una máquina semiautomática que permita desarrollar un proceso integral de adecuación y empacado en serie, con una capacidad de empacado de 375 pescados/hora en rutinas diarias de 8 horas

Diseñar un sistema de limpieza que mantenga la integridad y textura de la carne del pescado y la prepare para el empaque.

Diseñar un sistema de empacado que cumpla las buenas prácticas de manufactura para truchas de 300-500 gramos, en los aspectos de; Inhibir la proliferación de bacterias, proteger al alimento de las acciones físicas, químicas y microbiológicas, conservar la calidad y salubridad del alimento, acondicionar el producto para la manipulación comercial, mantener la frescura, sabor y textura de la trucha.

Generar un manual de operatividad y mantenibilidad de la máquina garantizando un funcionamiento adecuado y la menor probabilidad de paradas del proceso integral de empacado y secado.

Seleccionar los diferentes mecanismos como son:

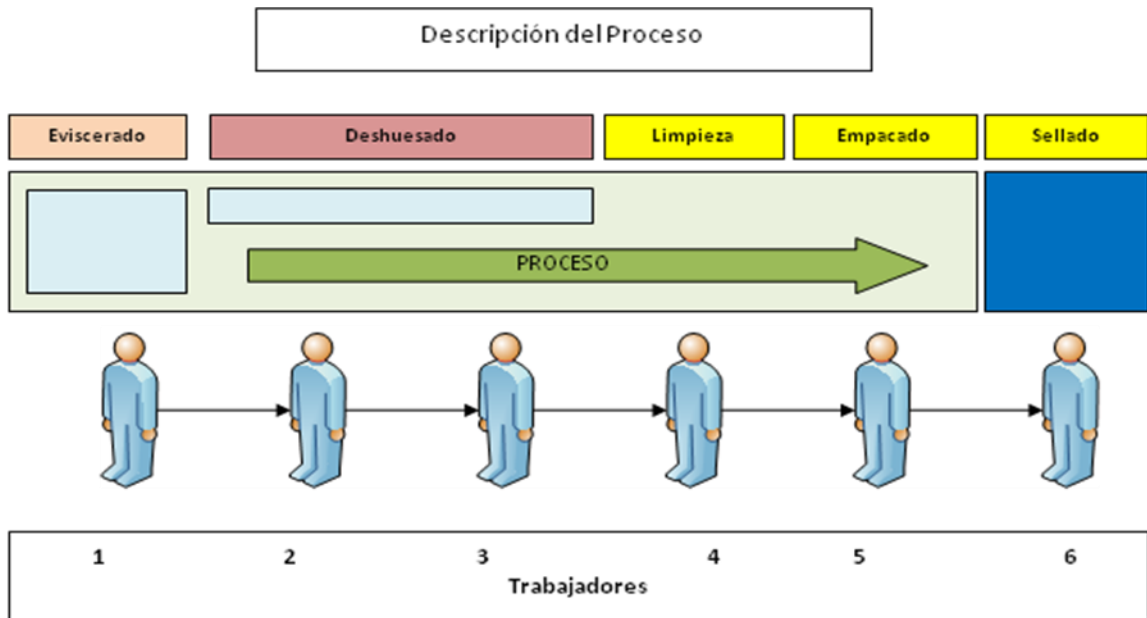
- Sistemas de transporte
- Sistema de sellado
- Mecanismos de accionamiento

1.4 PROCEDIMIENTO DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE LA TRUCHA

El proceso completo comprende 6 etapas:

- Sacrificio
- Eviscerado
- Deshuesado
- Limpieza:
- Empacado
- Sellado

Figura 2. Proceso en la sala de empaque



El sacrificio se lleva a cabo en los tanques donde es cultivada y se traslada a la sala de empaque en canastas (ver figura 3), posteriormente se abre y eviscera manualmente, luego es entregada a la persona encargada del deshuesado, seguidamente tres trabajadores se encargan de realizar la limpieza, empacado y sellado respectivamente.

Figura 3. Truchas sacrificadas antes del proceso de empaque



1.5 LIMPIEZA DE LA TRUCHA

Dentro de los requerimientos básicos para la adecuación de la trucha dentro del proceso de empaclado, se debe realizar una limpieza antes de empaclar (ver figura 4), que consiste básicamente en eliminar de la trucha:

- El exceso de agua.
- La baba de su parte exterior.

De esta manera evitar que la humedad aumente la proliferación de bacterias y afecte la buena conservación de la trucha.

Figura 4. Limpieza de la trucha



1.6 EMPACADO DE LA TRUCHA Y SELLADO DE LA BOLSA

El *empaquete primario* se define como todo aquel que contiene en su presentación individual o básica el producto dispuesto para la venta de primera mano. A este grupo pertenecen las bolsas plásticas, botellas, sistemas tetra-brick, enlatados, frascos entre otros.

El empaque tiene por objetivo cumplir algunas funciones de gran importancia:

- Proteger el producto en su camino hacia el consumidor
- Brindar protección después de comprar el producto
- Formar parte del programa de marketing de la empresa

Figura 5. Empacado de la trucha



En el mercado colombiano el empaqueo de la trucha se realiza en bolsas de polietileno, dicho empaque cumple satisfactoriamente con las funciones básicas de un empaque.

Figura 6. Sellado de la bolsa



El sellado es el procedimiento mediante el cual se suelda la bolsa de polietileno para darle hermeticidad al empaque.

2. DISEÑO DEL SISTEMA INTEGRAL DE ADECUACIÓN Y EMPACADO DE TRUCHA

El proceso integral de adecuación y empaçado está regido por el volumen de producción requerido, el tamaño del producto, el tipo y calidad de empaçado. La necesidad de un equipo versátil que sea capaz de cumplir estas necesidades hace que sea necesario utilizar un proceso de diseño que ayude a la toma de decisiones como lo es el QFD (*Quality Function Deployment*).

2.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD)

Teniendo en cuenta las necesidades de la empresa se realizó un estudio de selección de las posibles alternativas por medio del despliegue de la función calidad (QFD). Este estudio se presenta a continuación

2.1.1 Requerimientos del Consumidor. A continuación se establece una lista de los requerimientos básicos de los interesados en el desarrollo del producto:

- Capacidad 375 peces/hora
- Proceso en serie
- Fácil limpieza
- Empacado al vacío
- Económico
- Funcional
- Versátil
- Fácil de desarmar
- Resistente a la corrosión
- Fácil de operar
- Libre de ruidos vibratorios

- Rápido

2.1.2. Requisitos de las máquinas

Los requisitos de las máquinas según los requerimientos para el diseño se ordenaron en la tabla 1.

Tabla 1. Organización de requerimientos del consumidor

ASPECTO	SENCILLA BUEN ASPECTO ECONOMICA
OPERACIÓN Y USO	POTENTE :capacidad de trabajo relación peso equipo/carga bajo PROCESO EN SERIE :las etapas de secado, vació y sellado se realizan al mismo tiempo en tiempos iguales POCO MANTENIMIENTO: fácil de armar, fácil de desarmar , fácil limpieza, repuestos fácil de conseguir
VIDA LARGA	RESISTENTE A LA CORROSION

El resultado de esta organización constituye las necesidades o requerimientos del cliente y deben introducirse en la matriz de calidad en las celdas verticales, a estas necesidades se le han asignado un valor que estima la importancia para el consumidor, además se establecieron los requisitos previos del proyecto como características de ingeniería medibles, estos requisitos se introducen en la parte superior de la matriz calidad, es necesario establecer una relación entre las necesidades del consumidor y los requisitos del proyecto para esto se introdujeron valores en las casillas de matriz calidad (ver tabla 2)

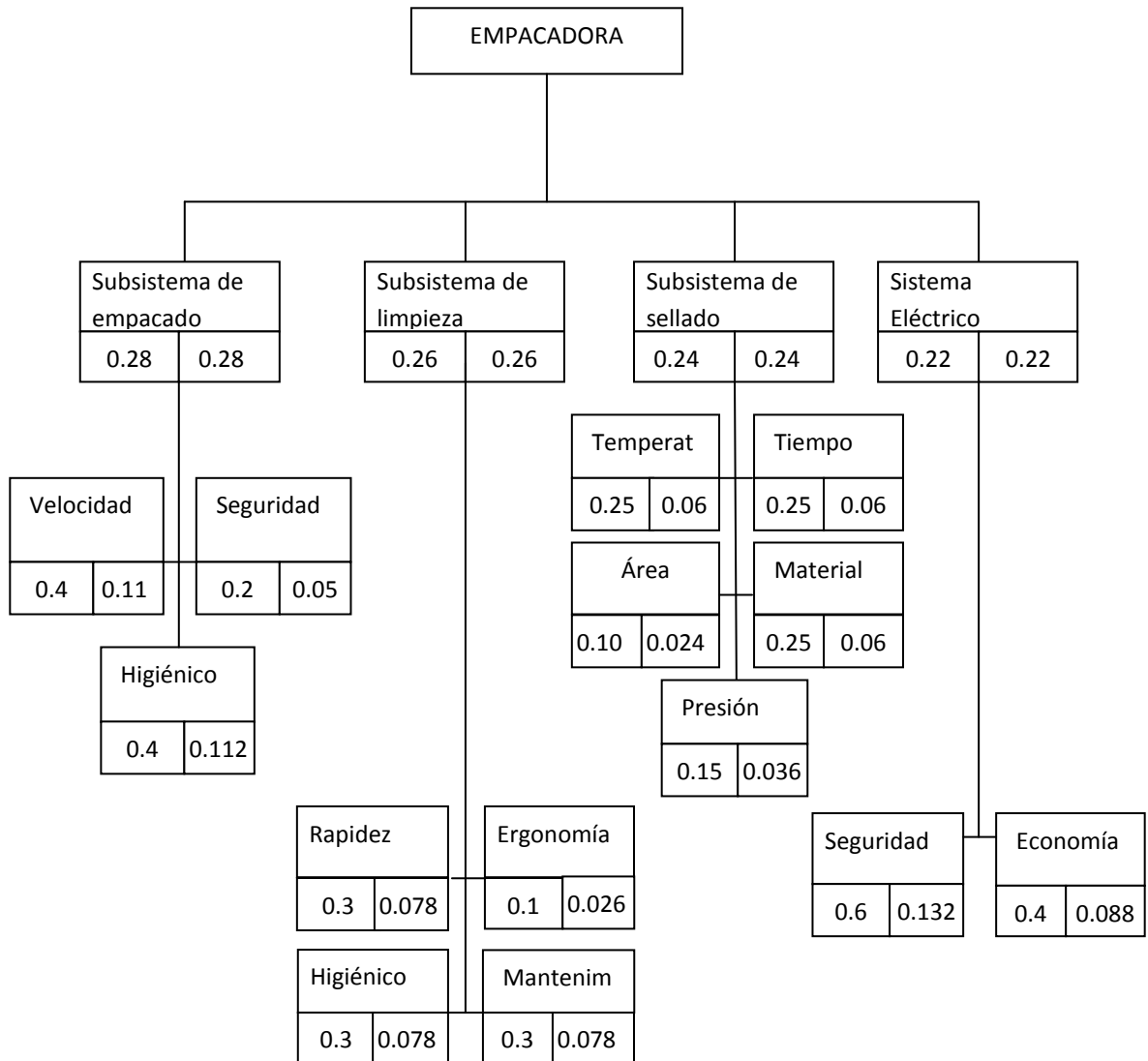
Tabla 2. Matriz calidad para el diseño de un sistema integral de adecuación y empaqueo de trucha

			Subsistema de estaciones		Subsistema de Adecuación		Subsistema eléctrico		Subsistema de transporte		Subsistema de sellado		Subsistema móvil		Subsistema de empaqueo		Subsistema de protección	
Aspecto	Sencilla	5	15	3	15	3	5	1	15	3	15	3	5	1	45	9	45	9
	Económica	10	30	3	90	9	30	3	30	3	30	3	30	3	30	3	90	9
	Buen Aspecto	3	9	3	3	1	0	0	3	1	3	1	9	3	9	3	3	1
Operación y Uso	Rapidez	6	54	9	54	9	54	9	18	3	54	9	18	3	54	9	6	1
	Versátil	4	36	9	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3
	Proceso en serie	11	33	3	33	3	99	9	33	3	99	9	33	3	99	9	0	0
	Bajo Consumo de Energía	9	0	0	81	9	27	3	81	9	27	3	9	1	27	3	9	1
	Fácil Operación	4	36	9	12	3	12	3	12	3	36	9	12	3	36	9	12	3
	Seguridad	5	45	9	15	3	15	3	15	3	15	3	45	9	15	3	5	1
Vida Larga	Resistente a la Corrosión	7	0	0	7	1	0	0	7	1	7	1	21	3	21	3	7	1
	Mantenimiento	8	0	0	24	3	24	3	24	3	24	3	72	9	24	3	72	9
TOTAL			258		346		278		250		322		266		372		261	

2.1.3 Ponderación de resultados para selección de la solución

Después de llenar la matriz calidad, se procede a ponderar los resultados obtenidos, con el fin de definir los requerimientos de diseño que serán decisivos en el momento de escoger una alternativa.

Figura 7. Ponderación de Resultados



2.1.4 Planteamiento de alternativas

Se plantearon cuatro alternativas de diseño para el sistema de adecuación y empacado, cada alternativa plantea opciones diferentes para cada uno de los subsistemas.

2.1.4.1 Alternativa 1

Limpieza mediante aplicación directa de aire comprimido y empacado con rollos de polietileno y sellado con barras calentadas por impulso, sin vacío y una banda transportadora para cada sub-sistema.

Esta alternativa realiza el proceso por lotes de pescado realizándose o no simultáneamente en cada sub-sistema.

En caso donde el proceso sea simultáneamente en cada subsistema se debe verificar los tiempos de cada subsistema para que no exista cuello de botella y se cumpla con los tiempos requeridos de diseño.

2.1.4.2 Alternativa 2

La limpieza se realiza con rodillos en un proceso en serie (un pescado a la vez) y luego se empaca en bolsas de polietileno lo cual lo hace complejo pues se necesita un sistema de manejo de las bolsas, y el sellado

Este proceso se realiza simultáneamente en cada uno de los subsistemas, lo que requiere que todo el sistema trabaje a la misma velocidad.

Dicha velocidad debe satisfacer la capacidad de diseño 375 pescados/hora.

2.1.4.3 Alternativa 3

La limpieza se realiza por medio de cuchillos de aire, es un procesos por lotes, en el empacado se utilizan rollos de polietileno seguidamente se realiza vacío para finalmente sellar el empaque, el diseño es complejo pues se requiere gran precisión en los tiempos.

Esta alternativa es costosa, requiere una inversión más alta porque utiliza tecnología más eficiente permitiendo una mejor calidad y presentación en el producto final

2.1.4.4 Alternativa 4

La limpieza se realiza a través de una malla transportadora la cual cumple dos funciones, primero llevar la trucha desde la sección de deshuesado hasta la sección de empaque y segundo durante su trayecto adecuar (escurrir), durante el trayecto la humedad es removida por una corriente suave de aire generada por unos ventiladores ubicados en la parte superior de la banda.

La introducción de la trucha a la bolsa la realiza un operario y la introduce en una cámara para extraer el aire y sellar la bolsa.

El vacío es generado con la ayuda de una bomba de vacío y el sellado por medio de impulsos eléctricos.

2.1.5 Evaluación de las opciones de diseño

Para decidir cual alternativa escoger se tabularon las cuatro alternativas y se evaluaron cuantitativamente según la ponderación que se realizó a cada uno de los subsistemas.(ver tabla 3)

Tabla 3. Evaluación de Alternativas

			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		
Criterio de Evaluación		Parámetros	Pi	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación
Subsistema de empacado	0,28	Velocidad	0.4	4	0,448	3	0,3696	4	0,448	5	0,56
		Seguro	0,2	4	0,224	3	0,168	4	0,224	4	0,224
		Higiénico	0,4	2	0,224	4	0,448	4	0,448	5	0,56
Subsistema de limpieza	0,26	Rapidez	0,3	4	0,312	4	0,312	3	0,234	5	0,39
		Higiénico	0,3	2	0,156	2	0,156	2	0,156	5	0,39
		Ergonómico	0,1	4	0,104	3	0,078	4	0,104	2	0,052
		Mantenimiento	0,3	4	0,312	4	0,312	4	0,312	4	0,312
Subsistema de sellado	0,24	Temperatura	0,25	4	0,24	3	0,18	3	0,18	4	0,24
		Presión	0,15	3	0,108	2	0,072	2	0,072	4	0,144
		Área	0,1	4	0,1	2	0,048	2	0,048	4	0,1
		Tiempo	0,25	3	0,18	3	0,18	4	0,24	4	0,24
		Material	0,25	3	0,18	3	0,18	4	0,24	4	0,24
Subsistema Eléctrico	0,22	Seguro	0,6	3	0,396	3	0,396	3	0,396	5	0,528
		Económico	0,4	3	0,264	3	0,264	2	0,264	4	0,352
TOTAL					3,248		3,1636		3,366		4,332

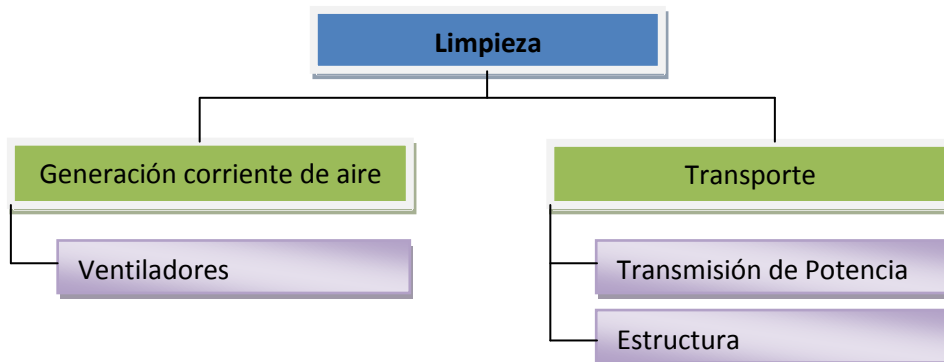
2.2 CARACTERIZACION DE LOS SUBSISTEMAS

Para facilitar el análisis y diseño de la máquina, ésta se dividió en dos subsistemas, uno se llamó de limpieza y el otro de empaque.

2.2.1 Caracterización del subsistema de limpieza

El proceso de adecuación o limpieza comienza posterior al deshuesado de la trucha, en el figura 8 se muestra como este subsistema se dividió en dos componentes; uno generación de una corriente de aire, el cual se encarga de remover de una manera suave parte del agua que trae la trucha, y otro componente que es el de transporte que sirve para trasladar la trucha del subsistema de limpieza al subsistema de empaque. En la figura 8 también se muestra cuales son los elementos constitutivos de cada componente.

Figura 8. Diagrama del subsistema de limpieza



El subsistema de limpieza se concibió de la siguiente manera: consiste en una estructura resistente que soporte la banda transportadora y el sistema de potencia de la misma, la banda es una malla que transporta la trucha durante un tiempo suficiente como para permitir que la corriente de aire generada mecánicamente le ayude a escurrir parte del agua que trae.

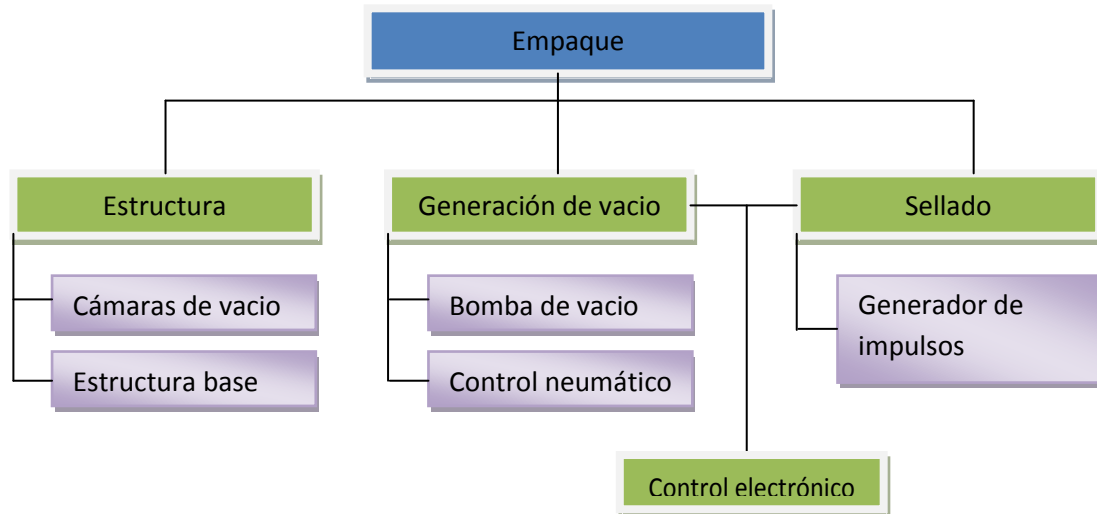
2.2.2 Caracterización del subsistema de empacado

Consiste en introducir la trucha a un empaque de polietileno para posteriormente empacar al vacío, el proceso de vacío se lleva a cabo dentro de una cámara de

dimensiones determinadas de acuerdo al empaque, el sellado se debe realizar dentro de la cámara. Se decidió utilizar el método de empackado al vacío por sus grandes ventajas como la prolongación en la conservación del alimento, mantiene la textura y sabor de la carne, los microorganismos no se desarrollan ante la ausencia de oxígeno entre otras ventajas.

El subsistema de empaque se dividió en 4 componentes: estructura, generación de vacío, sellado, y control electrónico (ver figura 9), esto con el fin de que en el proceso de diseño fuera más ordenado.

Figura 9. Diagrama del sistema de empaque



En este subsistema se encuentra un operario quien será el que manipule la empackadora al vacío, la secuencia que se debe seguir en esta etapa es la siguiente:

- Introducir la trucha en el empaque
- Meter la trucha en su empaque a la cámara de vacío
- Cerrar la tapa de la cámara de vacío
- Succionar el aire de la cámara hasta alcanzar la presión deseada
- Sellar la bolsa

- Despresurizar
- Abrir la tapa

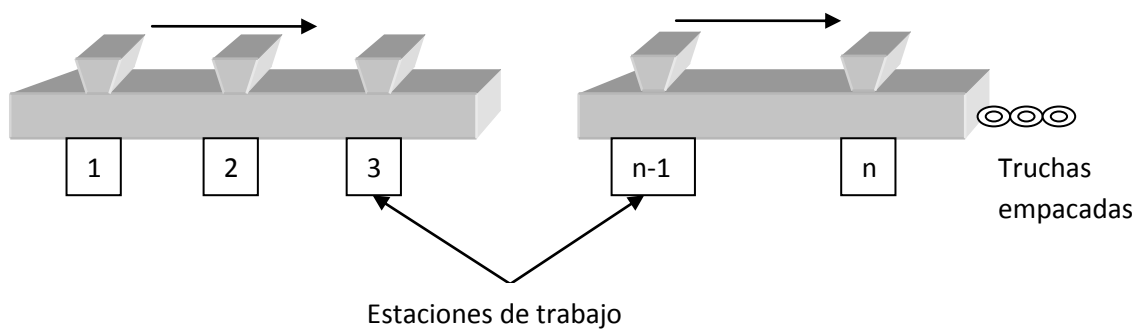
El proceso de generación de vacío y sellado por impulsos es automático y se controla electrónicamente.

2.3 ESTACIONES DE PRODUCCION

Durante la etapa de diseño se realizó un análisis de los procesos, para así lograr una mejor integración en la adecuación y el empaque.

La velocidad de producción de la línea se determina por medio de su estación más lenta. Las estaciones de trabajo con ritmos más rápidos que el de la estación más lenta estarán limitadas por este cuello de botella. La transferencia de la trucha o producto a lo largo de la línea de producción pasa de realizarse manualmente a una forma mecánica (ver figura 10).

Figura 10. Determinación del número de trabajadores



2.3.1 Velocidad de producción

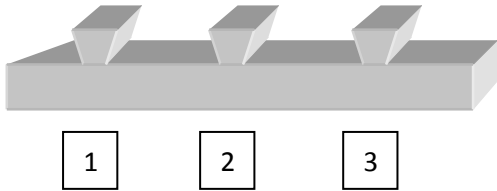
Para determinar el número requerido de trabajadores y estaciones de trabajo en la línea de producción se utilizaron las ecuaciones del libro de fundamentos de manufactura moderna de Groover².

²GROOVER. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: materiales procesos y sistemas. Mexico : McGraw Hill, 2008. 1022p

Si se supone n semanas por año, entonces la velocidad de producción requerida por hora de la línea se determina:

$$R_p = \frac{D_a}{50S_w H_{sh}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Tabla 4. Cálculo de velocidad de producción

ESTACIONES DE TRABAJO			
			$R_p = \frac{D_a}{50S_w H_{sh}}$
DATOS DE ENTRADA			
Item	Nomenclatura	Unidades	Valor
Demanda Anual	Da	truchas/año	150000
Turnos por semana	Sw	turnos/semana	1
Horas turno	Hsh	horas/turno	8
DATOS CALCULADOS			
Velocidad de producción	Rp	truchas/hora	375
Donde R_p = la velocidad de producción promedio real, truchas/hora D_a = demanda anual de truchas, unidades/año; S_w = numero de turnos/semana; H_{sh} = horas/turno.			

2.3.2 Tiempos de producción

Desafortunadamente, tal vez la línea no esté disponible todo el tiempo debido a problemas de confiabilidad que provocan tiempos perdidos. Para compensar estos problemas debe existir una eficiencia en la línea la cual es proporción del tiempo de funcionamiento, el tiempo de la línea T_c esta dado por

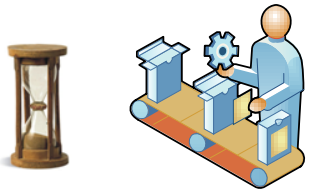
$$T_c = ET_p = \frac{60 E}{R_p} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$T_p = \frac{60}{R_p}$$

(Ecuación 3)

Donde T_p = tiempo de producción promedio real convertido en minutos

Tabla 5. Cálculo del tiempo de la línea

TIEMPOS DE TRABAJO			
		$T_p = \frac{60}{R_p}$ $T_c = ET_p = \frac{60 E}{R_p}$	
DATOS DE ENTRADA			
Item	Nomenclatura	Unidades	Valor
Velocidad de producción	Rp	unidades/hora	375
Eficiencia	E	-	0,95
DATOS CALCULADOS			
Tiempo real	Tp	Minutos	0,16
Tiempo de la línea	Tc	Minutos	0,152

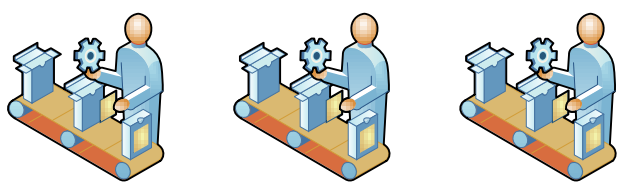
2.3.3 Cálculo del número de trabajadores

Cualquier producto contiene cierto contenido de trabajo que representa todas las tareas que se van a realizar en la línea. Este contenido de trabajo requiere una cantidad de tiempo, denominada el *tiempo de contenido de trabajo* T_{wc} . este es el tiempo total que se requiere para empacar la trucha si se supone que el tiempo de contenido de trabajo se divide de manera equitativa entre los trabajadores de manera que cada uno tenga una carga de trabajo igual, cuyo tiempo para realizarla = T_c entonces la cantidad mínima posible de trabajadores w_{min} en la línea puede determinarse como:

$$w_{min} = \text{entero mínimo} \geq \frac{T_{wc}}{T_c}$$

(Ecuación 4)

Tabla 6. Cálculo del número de trabajadores

NUMERO DE TRABAJADORES			
			$w_{min} = \text{entero minimo} \geq \frac{T_{wc}}{T_c}$
DATOS DE ENTRADA			
Item	Nomenclatura	Unidades	Valor
Tiempo de la línea	Tc	Minutos	0,152
Tiempo de contenido de trabajo	Twc	Minutos	0,25
DATOS CALCULADOS			
Número de trabajadores	Wmin	Trabajadores	1,64
Número entero de trabajadores	Wmin	Trabajadores	2

Si cada trabajador es asignado a una estación de parada, entonces el número de estaciones de trabajo es igual al número de trabajadores $n_{min} = w_{min}$

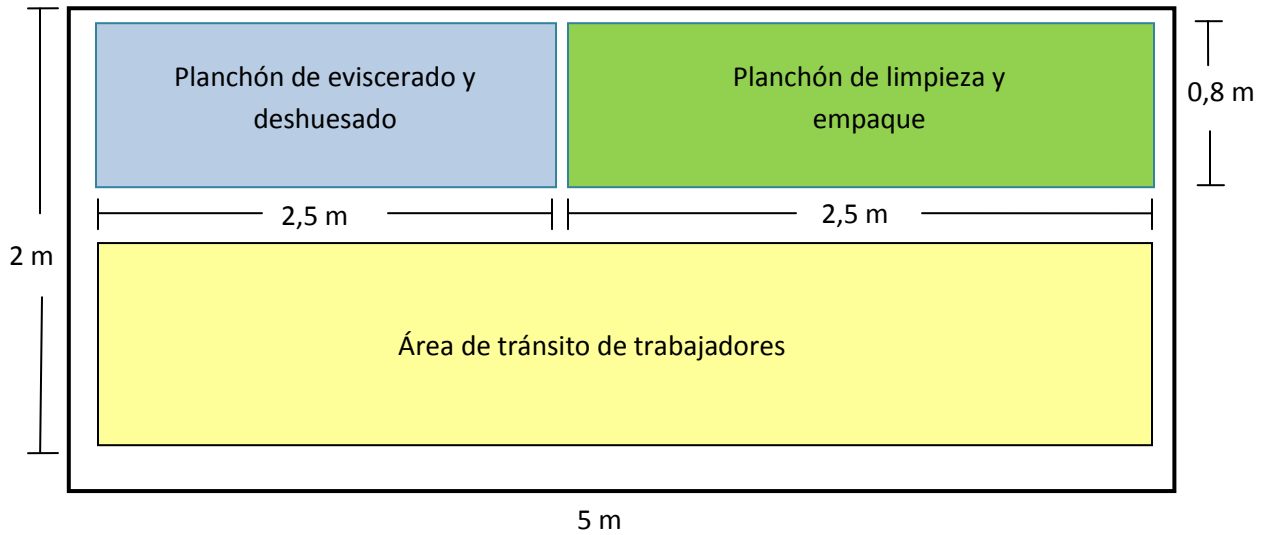
Para el diseño del sistema integral se debe tener en cuenta no superar el número mínimo de trabajadores pues lo que se quiere es mejorar el proceso y hacerlo más eficiente, se debe procurar con la ayuda de las máquinas minimizar el número de trabajadores

2.4 DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS

Antes de empezar el diseño de los subsistemas se decidió cuanto iba a ocupar cada uno de los subsistemas principales de limpieza y empackado.

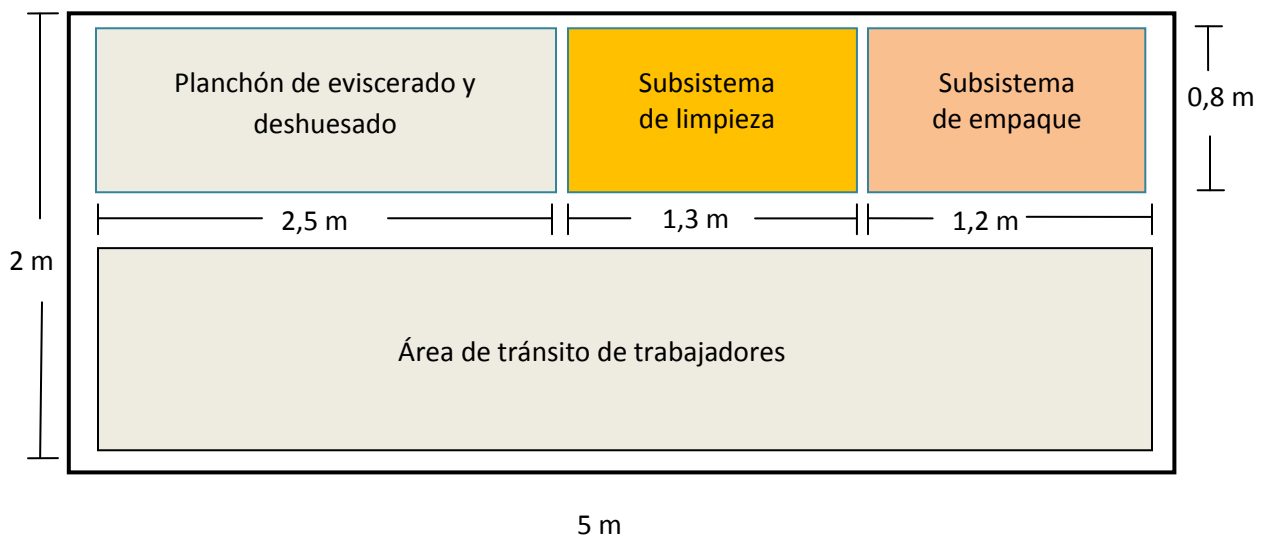
La instalación que la empresa PESQUEMOS dispone para el área de empackado tiene la distribución que se presenta en la figura 11.

Figura 11. Distribución de espacio en la sala de empaque



Como se observa en la vista superior de la distribución de la sala de empackado (ver figura 11), se dispone para el diseño un área de 2,5 X 0,8 metros. Se decidió utilizar para el sistema de limpieza 1,3 m del ancho y para el sistema de empackado al vacío y sellado 1,2 metros del ancho disponible.

Figura 12. Redistribución de la sala de empaque

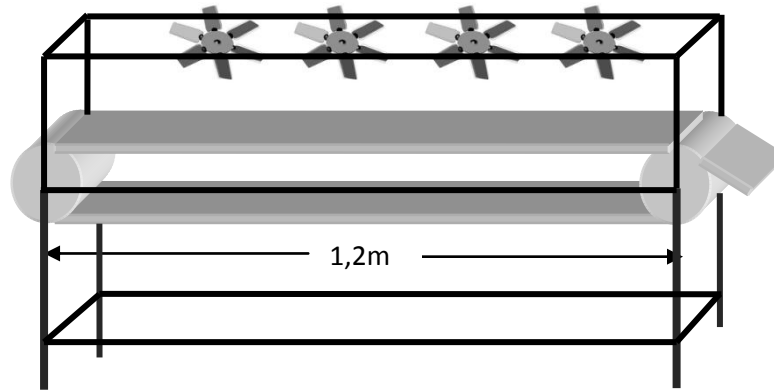


La redistribución fue muy sencilla pero de gran importancia para la toma de decisiones en el proceso de diseño.

2.5 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE LIMPIEZA

El sistema de limpieza está compuesto por dos componentes uno de transporte y otro de remoción de humedad.

Figura 13. Esquema del subsistema de limpieza



2.5.1 Diseño de la banda transportadora

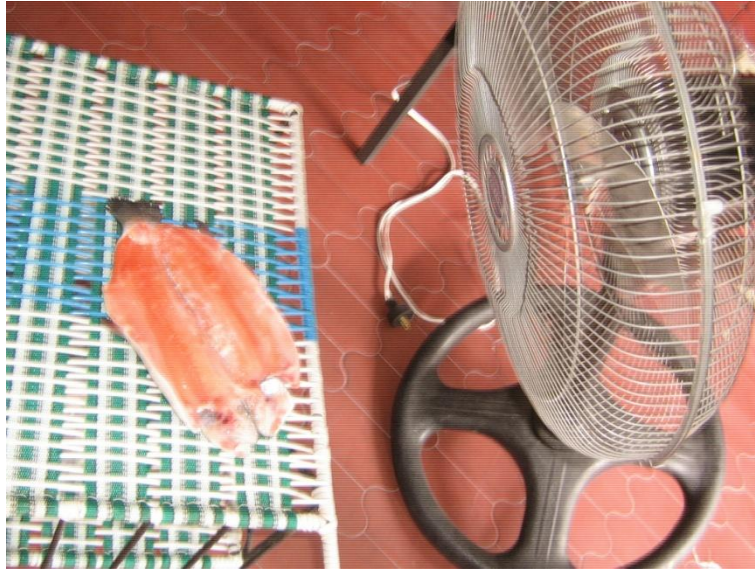
En este diseño se buscará encontrar los parámetros de velocidad de banda, el reductor, y la potencia del subsistema de limpieza.

Para el diseño de la banda se tuvieron en cuenta los siguientes requerimientos

- *Capacidad en Ton/hora*: es un dato que viene de la necesidad del consumidor la cual es de 0,125 ton/hora.
- *Espacio*: se dispone de un área de 2,5 metros de largo por 0,8 metros de profundo para realizar la limpieza y el empaque, la banda transportadora para la limpieza se decidió hacerla de 1,2 metros y 0,6 metros de profundidad.

El tiempo de permanencia de la trucha en la banda se encontró con pruebas bajo condiciones reales, en el cual debería estar sometida la trucha bajo un flujo de aire con un ventilador de 10 watts en el cual se lograra una remoción de agua satisfactoria , las pruebas arrojaron un tiempo (T_{lr}) de 30 segundos.

Figura 14. Pruebas de limpieza con aire



El tiempo por trucha en segundos (T_p) es igual a dividir los segundos de 8 horas sobre la demanda diaria (D_d)

$$T_p = \frac{3600 * 8}{D_d} \quad (\text{Ecuación 5})$$

El área de carga máxima (A_{cg}) es igual al ancho de la banda (A_b) multiplicado por la longitud entre centros (L_c):

$$A_{cg} = A_b * L_c \quad (\text{Ecuación 6})$$

El tamaño de la trucha (T_t) está determinado por sus dimensiones y es de $0,0875\text{m}^2$.

Luego el número de truchas máximo (N_b) que puede haber en la banda será:

$$N_b = \frac{A_{cg}}{T_t} \quad (\text{Ecuación 7})$$

El tiempo de permanencia de la trucha en la banda, está limitado en un tiempo mínimo que es el tiempo encontrado en las pruebas realizadas bajo condiciones

reales, y también en un tiempo máximo debido a la capacidad y las dimensiones de la banda, por esta razón se calculó un rango de velocidades en cual podría funcionar el sistema de limpieza.

El tiempo máximo de permanencia en la banda de una trucha está determinado por

$$T_{mp} = T_p * N_b \quad (\text{Ecuación 8})$$

Con la longitud entre centros y los tiempos de permanencia calculamos el rango de velocidades de la banda.

$$v_{max} = \frac{L_c}{t_{lr}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$v_{min} = \frac{L_c}{t_{mp}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Para los cálculos de las reducciones ya se tenía como dato de entrada las revoluciones de un moto reductor de 28 rpm, luego se debía verificar si dicha reducción servía o se tenía que realizar una reducción extra.

Los cálculos se tabularon en la tabla en Excel que se muestra a continuación:

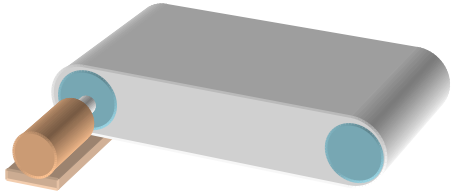
Tabla 7 Cálculos para el diseño de la banda transportadora

Cálculo de Velocidades y Reducciones				
	$T_p = \frac{3600 * 8}{D_d}$	$N_b = \frac{A_{cg}}{T_t}$		
	$A_{cg} = A_b * L_c$	$v_{max} = \frac{L_c}{t_{lr}}$		
	$T_{mp} = T_p * N_b$	$v_{min} = \frac{L_c}{t_{mp}}$		
DATOS DE ENTRADA				
Item		Unidades	Valor	
Demanda diaria	Dd	tru/día	3000	
Longitud entre centros	Lc	m	1,2	
Ancho de Banda	Ab	m	0,5	
Tamaño de la trucha	Tt	m ² /tru	0,0875	
Diámetro tambor cabeza	Dt	m	0,065	
Tiempo de permanencia de pruebas	Tlr	s	30	
Velocidad del motor reductor	N _{motor}	rpm	28	
DATOS CALCULADOS				
Tiempo real	Tp	s	9,6	
Área de carga máxima	Acg	m ²	0,6	
Número de truchas en la banda	Nb	tru	6,86	
Tiempo máximo de permanencia en la banda	Tl	s*tru	65,83	
Velocidad máxima Tangencial Banda	Vmax	m/s	0,04	
Velocidad mínima Tangencial Banda	Vmin	m/s	0,018	
Velocidad Angular Tambor Cabeza mínima	ω	rad/s	0,56	
Revoluciones por minuto Tambor Cabeza mínima	N _{tb}	Rpm	5,36	
Velocidad Angular Tambor Cabeza máxima	ω	rad/s	1,23	
Revoluciones por minuto Tambor Cabeza máxima	N _{tb}	Rpm	11,75	
Reducción Total para una velocidad angula mínima	r/p	-	5,23	
Reducción Total para una velocidad angula máxima	r/p	-	2,38	

Se requirió reducir aún más la velocidad se decidió utilizar correas y poleas, para lo cual primero se tenía que calcular la potencia a transmitir.

Ya teniendo la velocidad de avance se procedió a calcular la potencia necesaria para mover la malla transportadora.

Tabla 8. Cálculo de potencia de la banda transportadora

Cálculo de la potencia de la banda			
	(Ecuación 11)		
	$P_t = \frac{C_{ban} * h}{990} + \frac{f(L_c + L_o)C_{ban}}{990} + \frac{f(L_c + L_o)P_m * V}{990}$		
	$F_t = \frac{550 * P_t}{V} \quad \text{(Ecuación 12)}$		
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Capacidad de la banda	Cban	ton/hora	0,125
Altura de transporte	h	M	0
Factor de fricción de los rodillos	f	-	0,3
Longitud entre centros	Lc	M	1,2
Longitud entre centros	Lc	Ft	4
Factor de longitud	Lo	M	3
Factor de longitud	Lo	Ft	10
Peso de partes móviles	Pm	lb/ft	10
Velocidad de la banda	V	m/s	0,04
Velocidad de la banda	V	ft/s	0,133
DATOS CALCULADOS			
Potencia de la banda transportadora	Pt	Hp	0,0061
Potencia de la banda transportadora	Pt	Kw	0,0046
Fuerza en el tambor de motriz	Ft	Lb	25,52
Fuerza en el tambor motriz	Ft	N	113,68

La potencia necesaria es muy pequeña y en el mercado solo se logró conseguir un motor de 1/4 Hp, el cual es idóneo pues tenía que ser un motor de mayor capacidad a la calculada. Ya teniendo la reducción se procedió a seleccionar las correas y las poleas.

Para la selección de la correa se siguió la metodología que recomienda el fabricante REXON de Colombia. El factor de servicio es de 1 (ver anexo D) y el tipo de banda A por ser un mecanismos que no maneja grandes potencias (ver anexo E).


Las poleas comerciales tienen un factor j que se utiliza para encontrar el diámetro primitivo.

El proceso de selección fue iterativo hasta encontrar los diámetros comerciales de poleas (diámetro exterior) para bandas tipo A (ver anexo E).

Tabla 9. Selección de correas y poleas

CÁLCULO DE CORREAS Y POLEAS			
		$D_{ppc} = D_{pc} - 2j$ $C_{cmin} = 0,7(D_{pc} + D_{cc} - 4j)$ $L_{corr} = 2 * C_c + 1,57 * \frac{(D_{pc} + D_{cc})}{2} + \frac{(D_{cc} - D_{pc})^2}{4 * C_c}$	
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Revoluciones eje de entrada	Rent	Rpm	28
Reducción con poleas	i	-	4,63
Distancia real entre centros de poleas	Cc	m	0,2
Diámetro exterior de la polea conductora	Dpc	m	0,0381
Factor de poleas para cálculo del diámetro primitivo	j	m	0,0033
Factor de servicio	Fs	-	1
Potencia consumida	Pc	KW	0,19
DATOS CALCULADOS			
Diámetro exterior de la polea conducida	Dcc	m	0,15
Diámetro primitivo de la polea conductora	Dppc	m	0,03
Diámetro de la polea conducida	Dpcc	m	0,14
Diámetro exterior de la polea conductora	Dpc	Pulg	1,5
Diámetro exterior polea conducida	Dcc	Pulg	6,00
Distancia mínima entre centros de las poleas	Ccmin	m	0,12
Revoluciones del eje de salida	Res	-	6,0
Longitud de la correa	Lcorr	m	0,56
Longitud de la correa	Lcorr	Pulg	22,28
Potencia efectiva	Pe	KW	0,19
** Las revoluciones del eje de salida deben estar entre 5,36 y 11,75 rpm, para que cumpla con la necesidad			
** La reducción debe estar entre 2,38 y 5,23			

Tabla 10. Diseño del eje de la banda transportadora

Cálculo del eje de los tambores de la banda transportadora			
		(Ecuación 16)	
		$D_{et} = \left[\frac{32 N_{eje}}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$	
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Fuerza en el tambor motriz	Ft	N	114
Diámetro del tambor	Dt	m	0,065
Factor de seguridad	-	Neje	5
Esfuerzo de fluencia del acero 1020	Sy	Pa	350000000
DATOS CALCULADOS			
Torque	T	N_m	7,41
Diámetro del eje	Det	m	0,01

El diámetro del eje quedó en 12 mm por ser un diámetro estándar para la selección del rodamiento.

Por ser un mecanismo que no gira rápido y no está sometido a grandes cargas se seleccionó el rodamiento 6001 que cumple con el diámetro interior para nuestro eje y soporta perfectamente las cargas de diseño. (ver anexo G). Esto verificado con el software de SKF® (ver tabla 11)

El mecanismo de sujeción de la polea al eje de la banda transportadora se realizó con cuñas cuadradas siguiendo las recomendaciones del libro de diseño de Mott³ (ver anexo F).

³ MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. México: PEARSON EDUCACION, 2006. 930p

Tabla 11. Cálculo de Cargas equivalentes y vida nominal del rodamiento

Cargas equivalentes y vida nominal

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicho cálculo.
 Véase la sección "Carga dinámica equivalente del rodamiento"
 Véase la sección "Carga estática equivalente"

- Rodamiento individual
- Dos rodamientos dispuestos en tándem
- Dos rodamientos dispuestos espalda con espalda o cara a cara
- Juego Normal
- Juego C3
- Juego C4

Rodamiento: 6001

C [kN]:

C₀ [kN]:

f₀:

F_r [kN]:

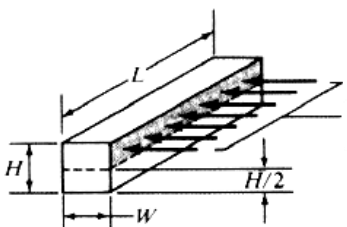
F_a [kN]:

e	0.253	X ₀	0.6
X	0.56	Y ₀	0.5
Y	1.76	P ₀ [kN]	0.125
P [kN]	0.264		
L ₁₀ [Mrev]	8510		

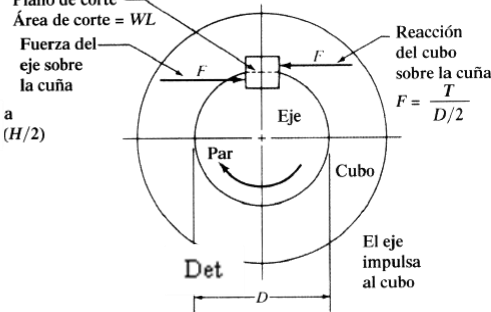
Fuente: <http://www.skf.com>

Tabla 12. Diseño de las cuñas de las poleas

Cálculo de cuñeros



Plano de corte
Área de corte = WL
Fuerza del eje sobre la cuña



Reacción del cubo sobre la cuña
 $F = \frac{T}{D/2}$

Par

Cubo

El eje impulsa al cubo

(Ecuación 17)

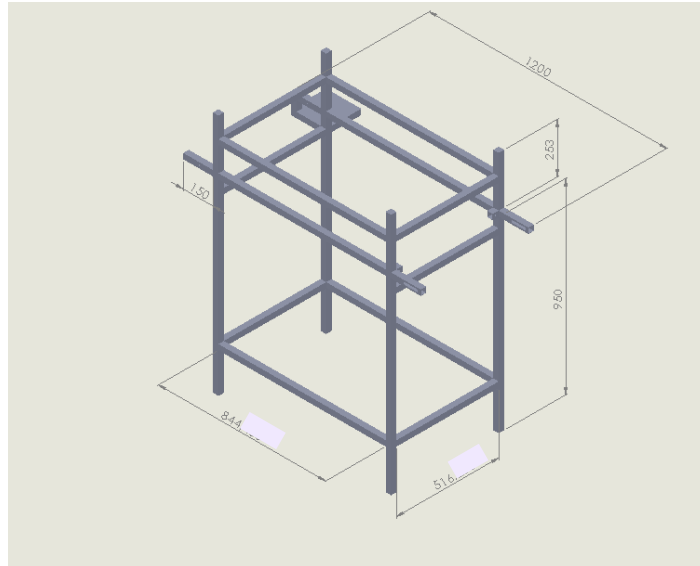
$$L_{cuñ} = \frac{4TN}{DWS_y}$$

DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Torque del eje	T	N_m	7,41
Diámetro del eje	Det	m	0,01
Factor de seguridad	-	Ncuñ	4
Esfuerzo de fluencia del acero 1020	Sy	Pa	350000000
Altura de la cuña	Hcuñ	m	0,004
Ancho de la cuña	Wcuñ	m	0,004
DATOS CALCULADOS			
Longitud mínima de la cuña	Lcuñ	m	0,008

2.5.2 Diseño de la estructura de la banda transportadora

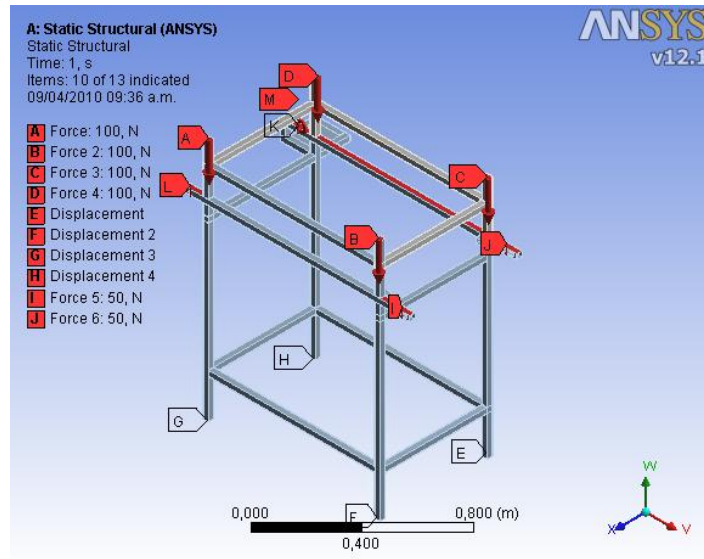
En la figura 15 se muestran las dimensiones principales de la estructura del subsistema de limpieza. Las cuales tienen 1,20m de largo por 1,20m de alto por 0,55 m de ancho.

Figura 15. Dimensiones de la estructura de la banda transportadora



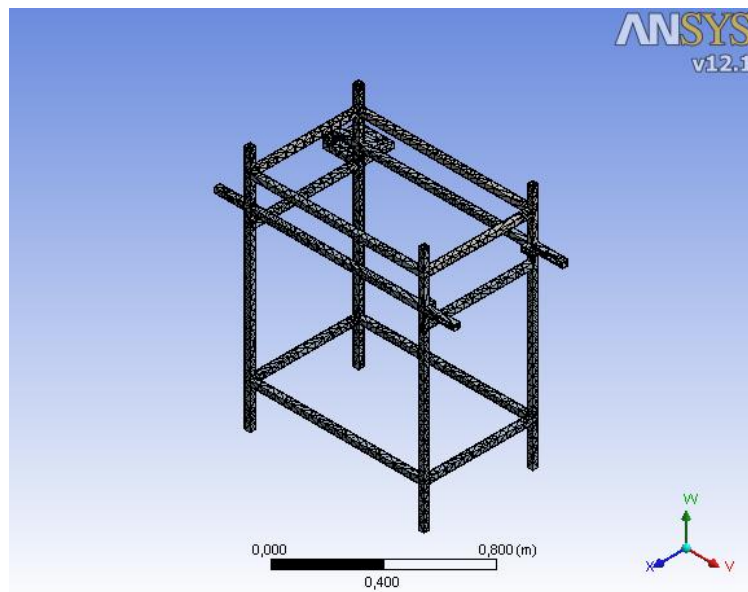
En la figura 16 se presentas las cargas y soportes a las cuales está sometida la estructura, las cargas A, B, C y D representas el peso distribuido de los componentes de ventilación, las cargas I, J ,K y L representan el peso de la malla transportadora con la carga máxima de truchas, el momento M es el torque generado a la estructura a través del motor, los soportes E, F, G y H son soportes de desplazamiento que permite que la estructura se mueva en el plano horizontal pero con restricción en el plano vertical.

Figura 16. Cargas sobre la estructura de la banda transportadora



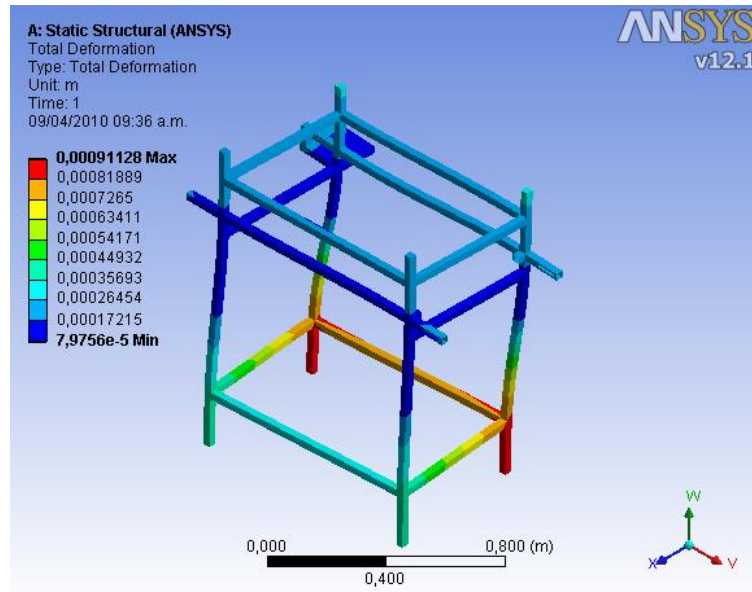
Para el enmallado ANSYS generó 21341 nodos y 11256 elementos. Como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Enmallado de la estructura de la banda transportadora



La máxima deformación es de 0,9 milímetros como se aprecia en la figura la cual no compromete la estructura seriamente en una deformación crítica.

Figura 18. Deformaciones en la estructura de la banda de transportadora



El máximo esfuerzo equivalente es de 21,3 Mpa como se ve en la figura 19, en la figura 20 se aprecia el valor del factor de seguridad que es de 11,71 y el S_y del material es de 250 Mpa

Figura 19. Esfuerzos de la estructura de la banda transportadora

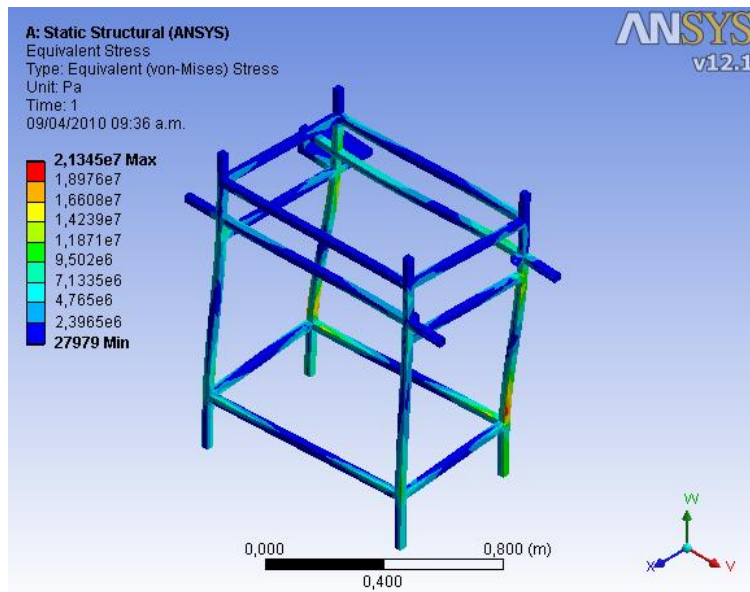
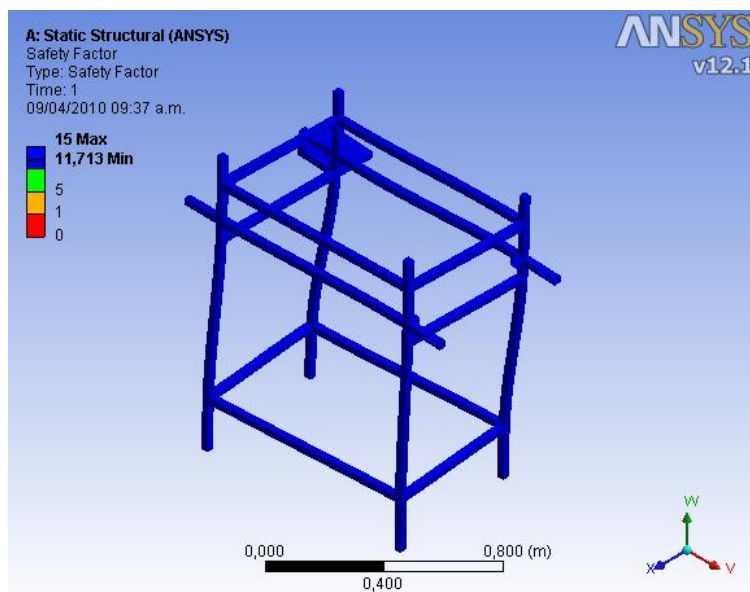


Figura 20. Factor de seguridad de la estructura de la banda transportadora

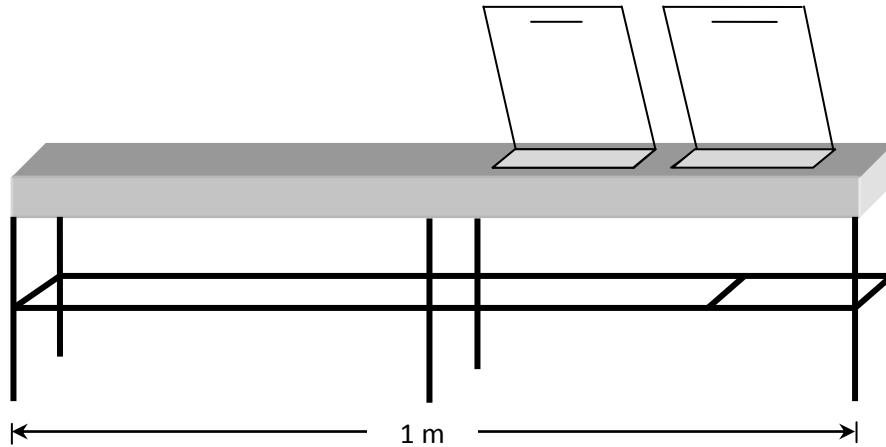


2.6 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE EMPACADO

El subsistema de empacado recibe la trucha proveniente del subsistema de limpieza a través de una rampa y cae al mesón de acero inoxidable, la introducción de la trucha al empaque la realiza un operario y este mismo se

encarga de meter la trucha ya en el empaque a una cámara de vacío y sellado para finalizar el proceso de empaque. (ver figura 21)

Figura 21. Esquema del subsistema de empaque

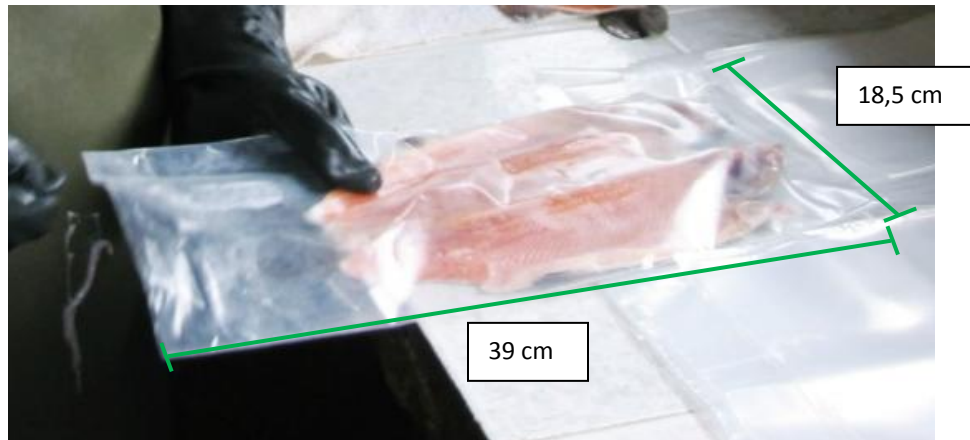


2.6.1 Cálculo y selección de la bomba de vacío

Para determinar la capacidad volumétrica de una bomba de vacío se tienen en cuenta tres factores:

2.6.1.1 Volumen a desalojar: es el volumen de la cámara de vacío, sus dimensiones se definieron de acuerdo al tamaño del empaque las cuales son de 18,5 cm ancho, 39 cm de largo (ver figura 15) y un espesor variable de 1,5 a 2,5 cm, al hacer la cámara más pequeña la capacidad volumétrica de la bomba va ser menor lo cual ayuda a reducir costos.

Figura 22. Dimensiones del empaque



2.6.1.2 Tiempo requerido. Para encontrar el tiempo de trabajo de la bomba t_b se necesitó identificar otros tres tiempos:

- Tiempo de requerimiento de empaçado $t_r=9,6$ segundos, es el tiempo en el cual se debe cumplir el ciclo de empaçado por cada trucha.
- Tiempos de preparación $t_p=14$ segundos, es el tiempo de colocación de la trucha en el empaque seguidamente en la cámara, abrir y cerrar la tapa.
- Ciclo total de empaçado $t_c=19$ segundos, es el tiempo medido desde que se empieza a colocar la trucha en el empaque hasta que se es retirado de la cámara ya empaçado.
- Tiempo de trabajo de la bomba $t_b=5$ segundos, es el tiempo total de trabajo de la bomba y es igual al ciclo total de empaçado 19 segundos menos el tiempo de preparación 14 segundos.

Luego el diseño obligó a tener dos cámaras de trabajo por lo cual el tiempo de requerimiento t_r pasa a ser el doble del anterior $t_r=19,2$ segundos que debe ser mayor al ciclo total de empaçado.

Con el tiempo de trabajo de la bomba de 5 segundos se calculó la capacidad volumétrica de la bomba de vacío.

2.6.1.3 Presiones de trabajo. Para los cálculos se consideró la presión inicial la del nivel del mar, para determinar la presión final se tomó como referencia las

curvas de rendimiento de las bombas comerciales y presiones finales que alcanzan las empacadoras al vacío disponibles en el mercado, este valor es 1000 Pa de presión absoluta.

Para calcular la capacidad volumétrica de una bomba de vacío se parte de la ecuación diferencial (Ecuación 5) donde se aprecia que la variación de la presión con el tiempo es directamente proporcional a la capacidad efectiva s de la bomba:

$$-\frac{dp}{dt} = \frac{s}{v} * p \quad (\text{Ecuación 18})$$

Resolviendo la ecuación 5 e integrando desde una P_i hasta una P_f

$$\int_{P_i}^{P_f} \frac{dp}{p} = -\frac{s}{v} * t \quad (\text{Ecuación 19})$$

Se llega a:

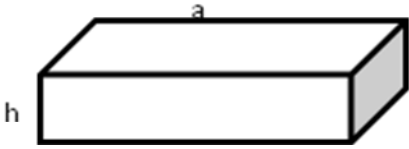
$$\ln \frac{P_f}{P_i} = -\frac{s}{v} * t \quad (\text{Ecuación 20})$$

Se despeja S_{eff} : que es la fórmula general para calcular bombas de vacío

$$S_{eff} = \frac{v}{t} * \ln \frac{P_i}{P_f} \quad (\text{Ecuación 21})$$

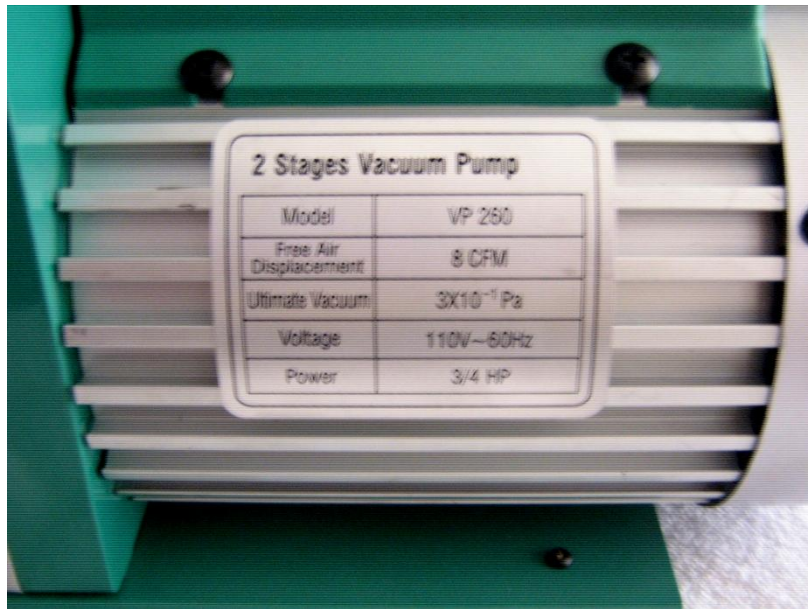
Ya habiendo definido las necesidades se procedió a crear una tabla en Excel, la cual fue de gran ayuda porque permitió con gran facilidad cambiar los datos de entrada y observar los cambios en la capacidad volumétrica de la bomba. Durante la etapa de diseño y selección haber tenido los datos ordenados en una tabla de Excel ahorró tiempo y se pudo tomar decisiones con mayor rapidez, dado que a la hora de buscar una bomba en el mercado no es fácil encontrarla con la capacidad que se requiere; en varias ocasiones se cambiaron los datos de entrada para tomar la mejor decisión.

Tabla 13. Cálculo de la capacidad volumétrica de la bomba de vacío

CÁLCULO CAPACIDAD DE LA BOMBA DE VACIO			
		$V = a * h * l$ $S_{eff} = \frac{V}{t} \ln \frac{p_i}{p_f}$	
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Ancho de la Cámara	a	M	0,22
Largo de la Cámara	l	M	0,43
Alto de la Cámara	h	M	0,027
Tiempo requerido	t	S	5
Presión inicial	pi	Pa	101325
Presión final	pf	Pa	1000
DATOS CALCULADOS			
Volumen de la cámara	V	m ³	0,0025
Capacidad efectiva de la Bomba	S _{eff}	m ³ /s	0,0023
Capacidad efectiva de la Bomba	S _{eff}	m ³ /h	8,49

En el mercado la mejor opción que se encontró fue una bomba de 13 m³/hora, la cual es superior a nuestro requerimiento y esto ayuda a compensar pequeñas fugas que se puedan presentar al inicio del ciclo de vacío y así no alterar los tiempos del proceso.

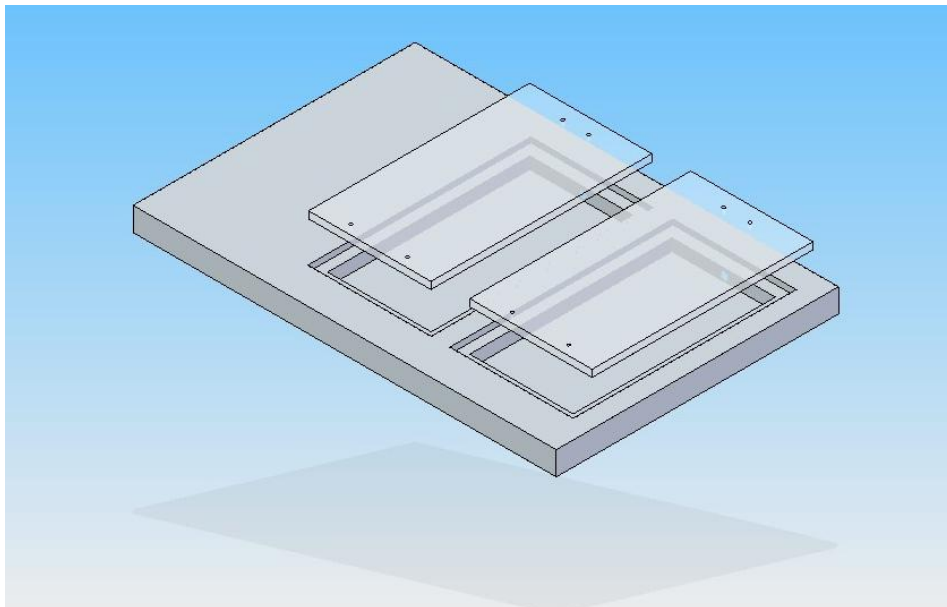
Figura 23. Bomba de vacío de seleccionada.



2.6.2 Diseño de las cámaras de vacío

La cámara es un paralelepípedo donde 5 de sus lados son fijos y del mismo material y uno móvil o tapa.

Figura 24. Cámaras de vacío en 3D



Durante su diseño se tuvieron en cuenta tres factores importantes:

- *Dimensiones:* al dimensionar las cámaras se quería que fueran del menor tamaño posible pues esto ayuda a que el vacío se realice más rápido.
- *Materiales:* por tratarse de alimentos el acero inoxidable y el acrílico son materiales idóneos.
- *Fuerzas:* son fuerzas a las que queda sometida la estructura de la cámara después de generarse el vacío.

2.6.2.1 Diseño de las tapas de las cámaras de vacío. Se hizo un diagrama de cuerpo libre para determinar las fuerzas en la tapa de la cámara utilizando las siguientes ecuaciones:

Fuerza generada debido a la presión atmosférica

$$F_a = P_{atm} * A_{sup} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Fuerza normal de la tapa

$$N = F_a + mg - F_v \quad (\text{Ecuación 23})$$

Fuerza debido al vacío remanente

$$F_v = P_{vac} * A_{inf} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Área superior de la tapa

$$A_{sup} = a * b \quad (\text{Ecuación 25})$$

Área inferior de la tapa

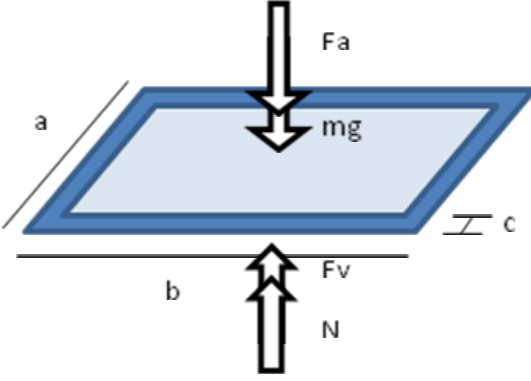
$$A_{inf} = (a - 2c) * (b - 2c) \quad (\text{Ecuación 26})$$

Área de apoyo de la tapa

$$A_{inf} = (a - 2c) * (b - 2c) \quad (\text{Ecuación 27})$$

Para facilidad de cálculo estas fórmulas se introdujeron en una tabla de Excel y se ordenaron para poder cambiar los datos con rapidez y lograr mayor flexibilidad en el diseño.

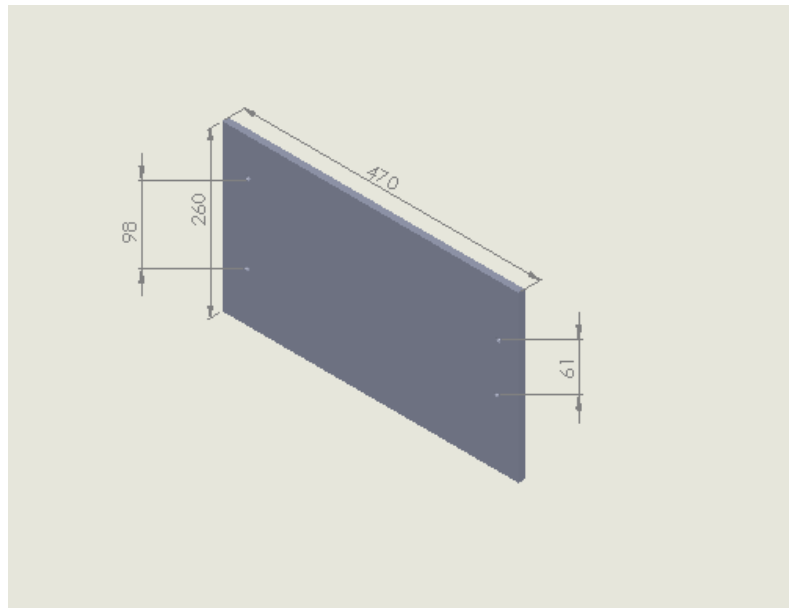
Tabla 14. Cálculo de las fuerzas sobre la tapa

CÁLCULO DE FUERZAS EN LA TAPA			
		$F_a = P_{atm} * A_{sup}$ $F_v = P_{vac} * A_{inf}$ $N = F_a + mg - F_v$ $A_{sup} = a * b$ $A_{inf} = (a - 2c) * (b - 2c)$	
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Presión Atmosférica	P_{atm}	Pa	101325
Presión de vacio	P_{vac}	Pa	10000
Peso de la tapa	Mg	N	20
Ancho tapa	A_{tp}	m	0,26
Largo Tapa	B_{tp}	m	0,47
Orillo tapa	C_{tp}	m	0,02
DATOS CALCULADOS			
Fuerza atmosférica	F_{atm}	N	12381,915
Fuerza de vacio	F_v	N	946
Área superior	A_{sup}	m ²	0,1222
Área inferior	A_{inf}	m ²	0,0946
Normal ó fuerza neta	N	N	11455,915

Después de definir las cargas a las que está sometida la tapa se genera la pieza en Solid Edge y se importa a ANSYS Workbench V12.1. para su análisis, el material del cual va ser construida la tapa es acrílico para propósito general (Ver

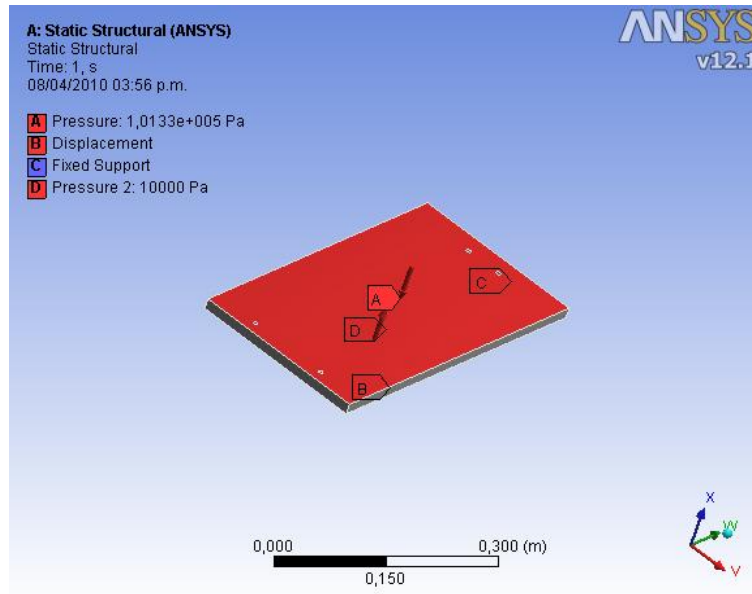
anexo 1) sus propiedades son definidas en ANSYS Workbench, las dimensiones de la tapa son 26 cm de ancho por 47 cm de largo (ver figura 25), estas dimensiones se ajustan al tamaño de la trucha.

Figura 25. Dimensiones de la tapa de las cámaras de vacío



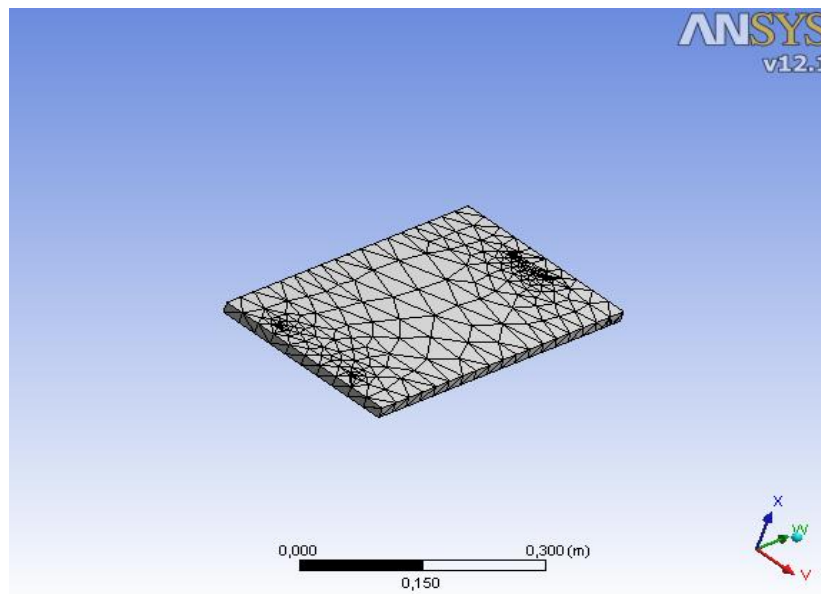
La presión a la que está sometida la cámara será en un 90% de vacío, se encontró en fabricantes de cámara de vacío que la presión final a la que se llega es de uno 13000 pascales, los catálogos de curvas de fabricantes de bombas nos indica a que presión la curva se inclina haciendo más difícil el proceso de vacío. Las cargas y los soportes se pueden ver en la figura 26, los cálculos de fuerzas sobre la tapa están en la tabla 9.

Figura 26. Cargas sobre la tapa de las cámaras de vacío



Se genero el enmallado en ANSYS para luego resolver el sistema de cargas y poder apreciar los esfuerzos y deformaciones.

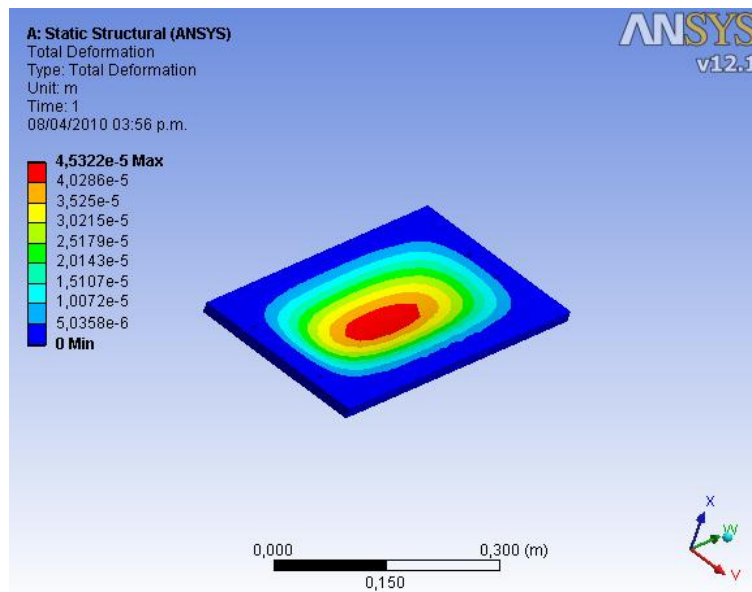
Figura 27. Enmallado de la tapa de las cámaras de vacío



Posterior a generar el enmallado se definen los soportes y las presiones, la cara superior de la tapa estará sometida a la presión atmosférica (101325 Pa) mientras la cara inferior a una presión absoluta de 10000 Pa, la tapa se apoya en un orillo de 2 cm por todos sus lados, para efectos de análisis se deja totalmente fijo el lado donde va ubicada la bisagra y los otros lados se dejan para poder desplazarse en dos dimensiones (ver figura 18).

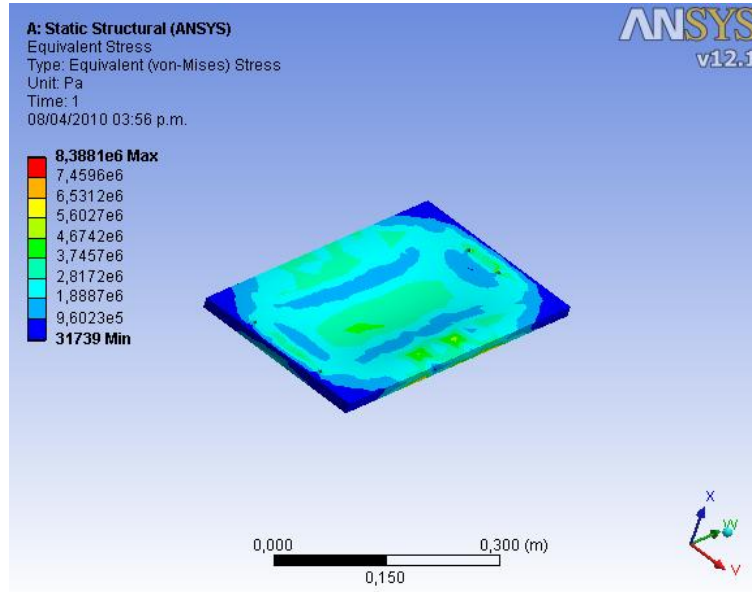
ANSYS también nos genera las deformaciones y los esfuerzos (ver figuras 19 y 20).

Figura 28. Deformación de la tapa de las cámaras de vacío



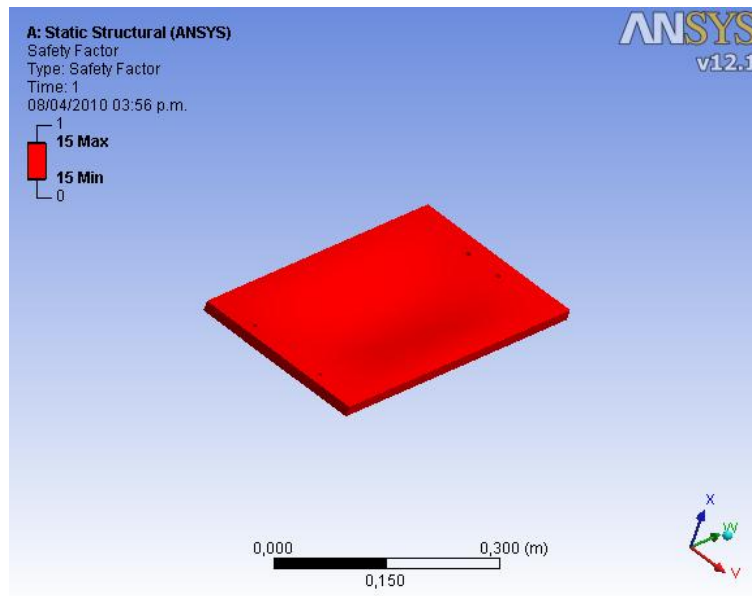
El máximo esfuerzo que soporta la tapa bajo esas condiciones de cargas y soportes es de 8,3 Mpa, se puede apreciar en la figura 29 la zona donde están los máximos esfuerzos, algunos fabricantes le dan una curvatura en el centro de la tapa para minimizar la criticidad en esa zona.

Figura 29. Esfuerzos de la tapa de las cámaras de vacío



En la figura 30 se aprecia el factor de seguridad N bastante satisfactorio.

Figura 30. Factor de seguridad de la tapa de las cámaras de vacío

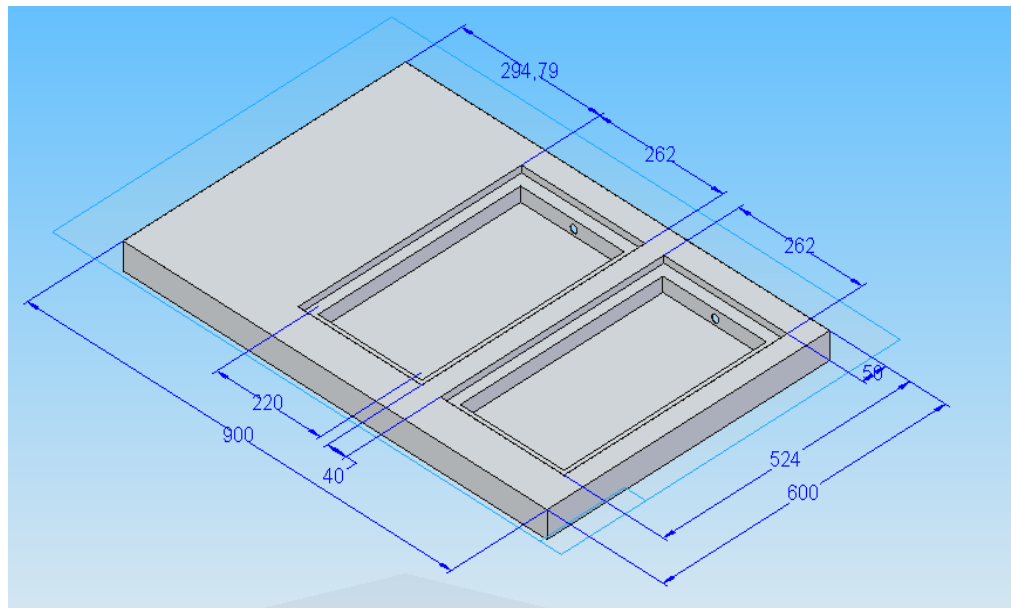


2.6.2.2 Diseño de la mesa de las cámaras de vacío. Para el diseño de las cámaras de vacío se consideró vacío absoluto adentro de ellas y se les sometió a la presión a nivel del mar en las caras exteriores sin que esto genere error considerable pues bajo estas condiciones se analizó la estructura en punto crítico. El material que se utilizó fue acero inoxidable calibre 18.

La mesa de las cámaras de vacío fue generada en Solid Edge e importada a ANSYS Workbench para su análisis estructural.

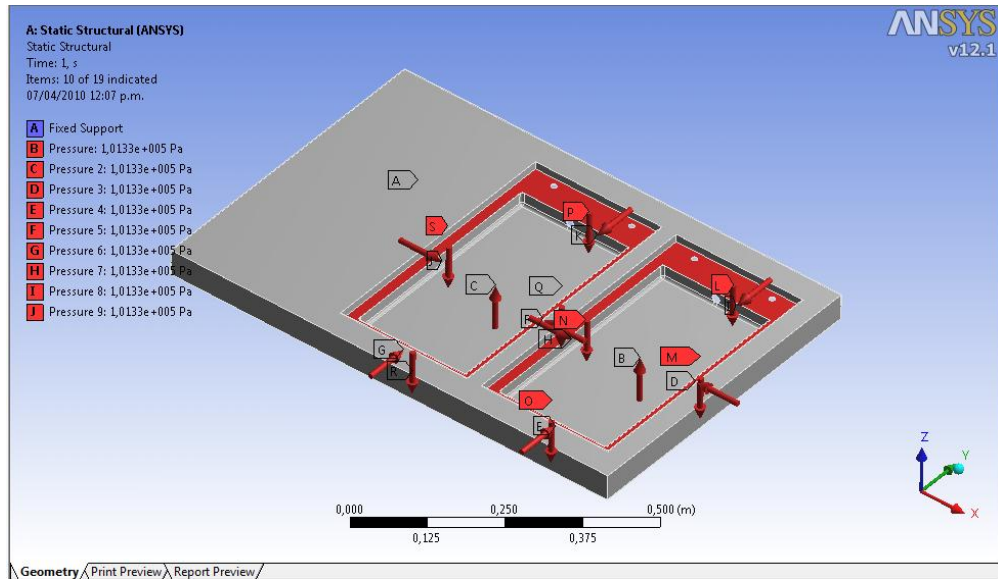
Las dimensiones fueron 1m de largo por 0,6m de ancho como se muestra en la figura 31

Figura 31. Dimensiones de la mesa de las cámaras de vacío



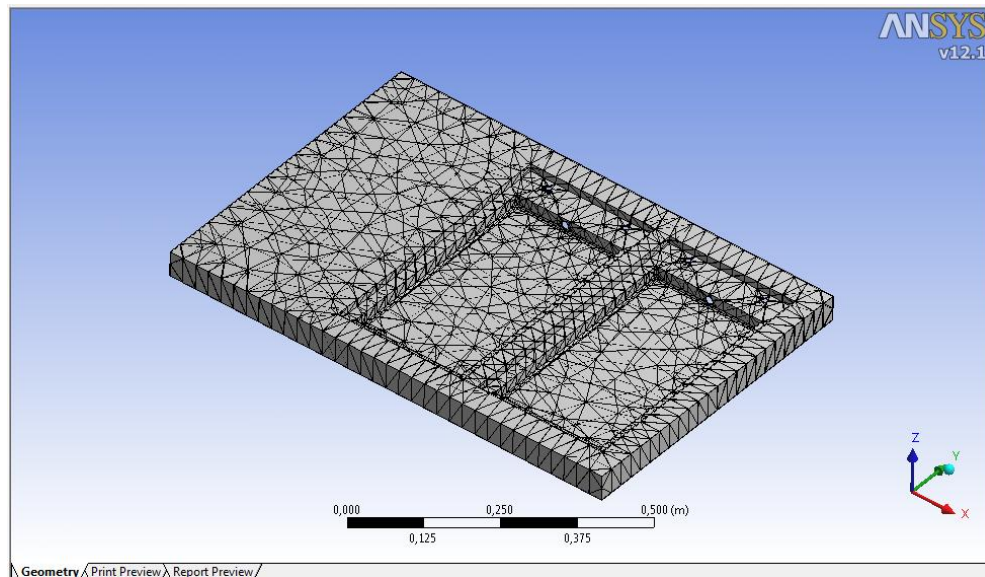
Para las cargas en la mesa de la cámara se hizo la consideración de que cada cámara de vacío está sometida a la presión atmosférica, las caras donde esta apoyada la tapa está sometida a la carga de 1 Ton aproximadamente que fue distribuida en 4 fuerzas puntuales una en cada cara como se aprecia en la figura 32, el soporte es un soporte fijo aplicado en la parte inferior de la mesa y transmitirá esas cargas a la estructura.

Figura 32. Cargas sobre la mesa de las cámaras de vacío



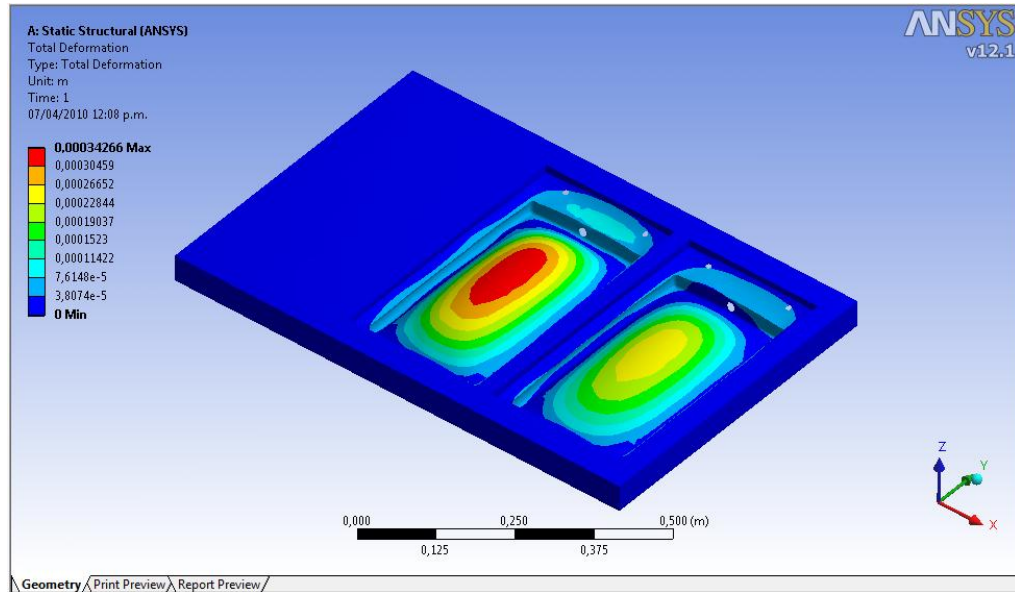
La figura 33 muestra el enmallado en ANSYS generado antes de aplicar las cargas requeridas para solucionar el sistema de cargas

Figura 33. Enmallado de la mesa de las cámaras de vacío



La máxima deformación es de 0,34 milímetros como se muestra en la figura 34 y se presenta en el centro de las cámaras de vacío, esta deformación no compromete la estructura seriamente.

Figura 34. Deformación total de la mesa de las cámaras de vacío



El máximo esfuerzo equivalente es de 102 Mpa, y se presenta en las zonas mostradas en la figura 35, en la figura 36 se muestra el facto de seguridad N.

Figura 35. Esfuerzos de la mesa de las cámaras de vacío

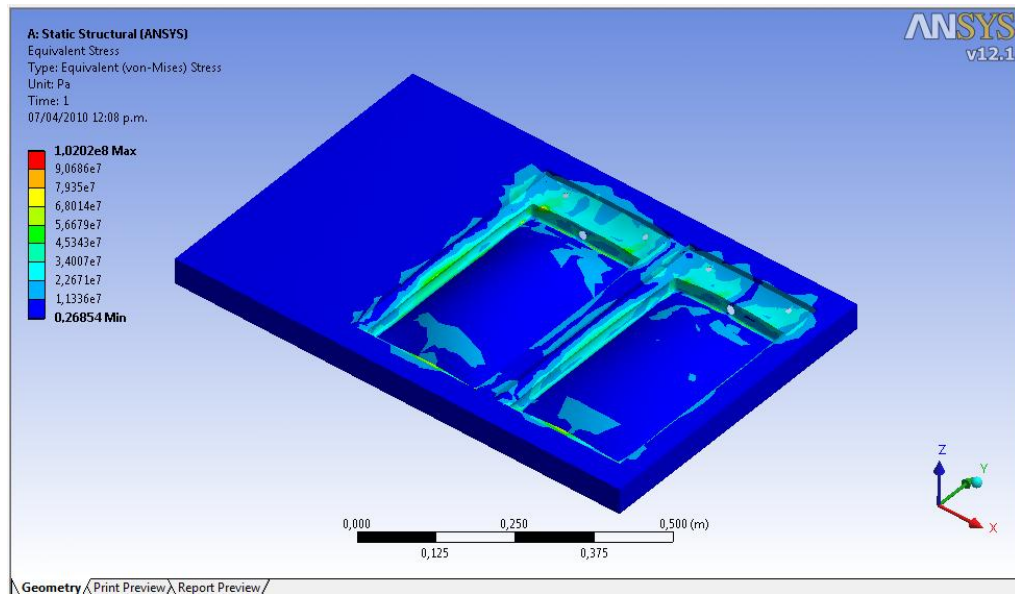
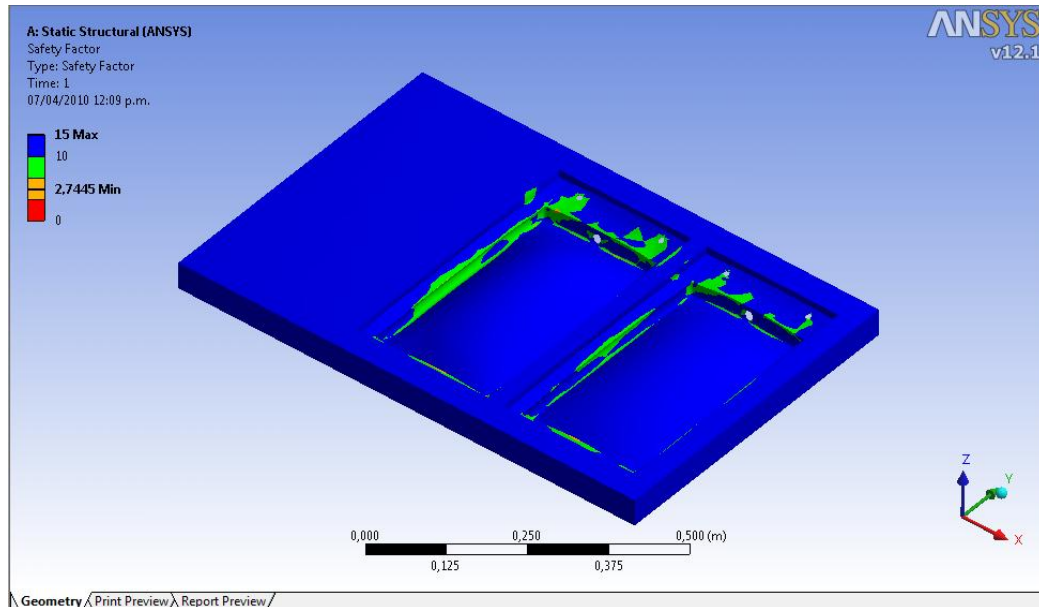


Figura 36. Factor de seguridad de la mesa de las cámaras de vacío



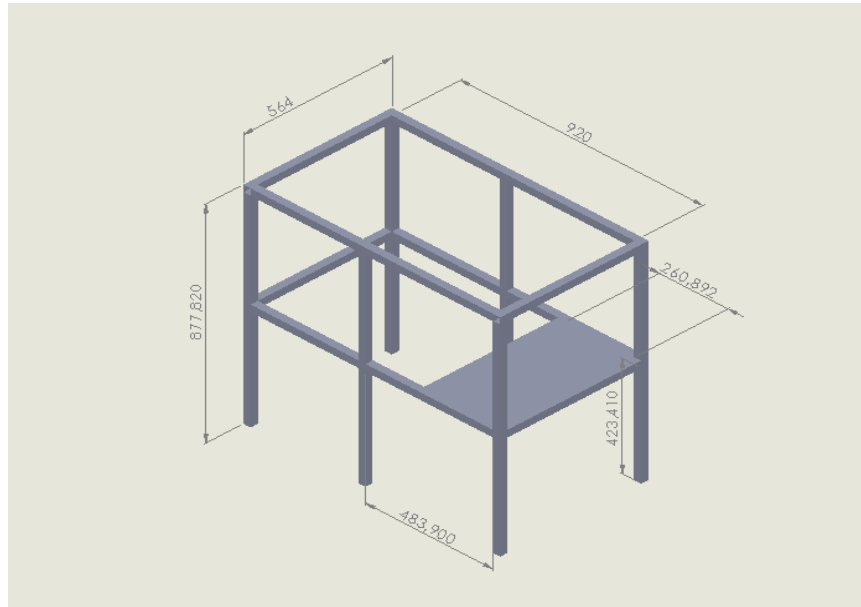
2.6.3 Diseño de la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío

Las consideraciones necesarias para el diseño de estructura base fueron:

- *Dimensiones:* el ancho y el largo son los de la mesa de las cámaras de vacío, para definir la altura se tuvo en cuenta que la posición al operar el equipo fuera cómoda para el trabajador.
- *Cargas:* La estructura va estar a sometida a dos cargas (Figura 38), la del peso de la bomba de vacío y demás componentes que es de 400 N y la que debe soportar cuando se genera el vacío.

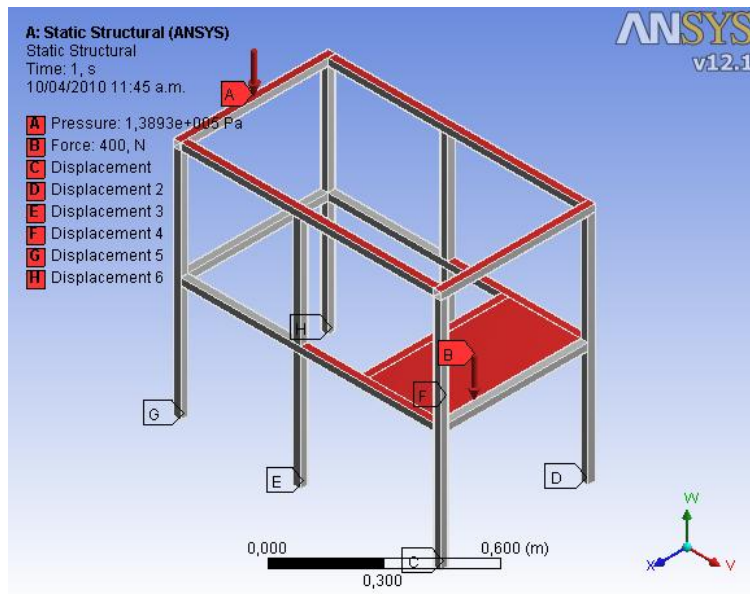
Las dimensiones principales son 87 cm de alto por 92 cm de largo y 56 cm de ancho, como se muestra en la figura 37.

Figura 37. Dimensiones de la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío



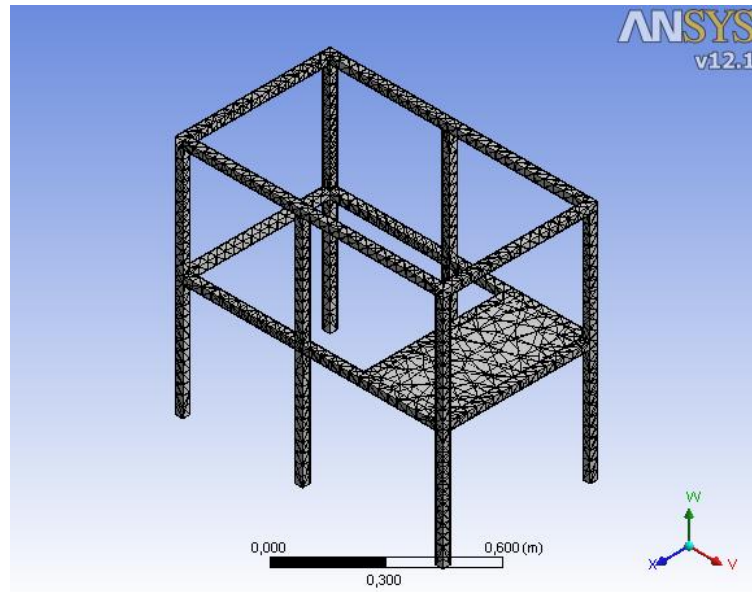
La estructura soporta la carga transmitida por la mesa de las cámaras de vacío y además soporta el peso de la bomba, la ubicación de las cargas y los soportes de puede apreciar en la figura 38, para facilitar el análisis en ANSYS se calculó el valor de la presión distribuida en la área de la cara superior de la estructura

Figura 38. Cargas sobre la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío



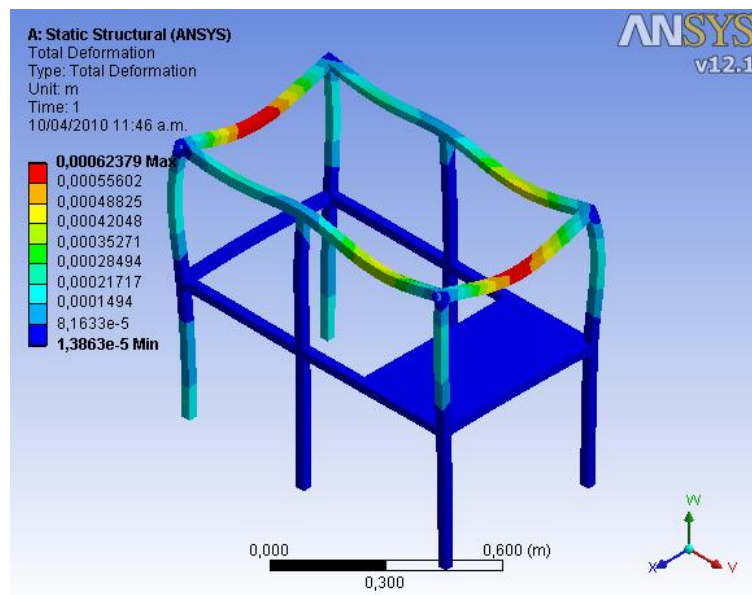
En la figura 39 se muestra el enmallado generado por ANSYS antes de resolver el sistema de ecuaciones

Figura 39. Enmallado de la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío



La máxima deformación es de 0,6 milímetros y se presenta en la zona mostrada en la figura 40.

Figura 40. Deformación estructura base de la mesa de las cámaras de vacío



Los esfuerzos de la estructura son de 107 Mpa para un S_y del material de 250 Mpa el cual arroja un factor de seguridad N de 2,3

Figura 41. Esfuerzos en la estructura base de la mesa de las cámaras de vacío

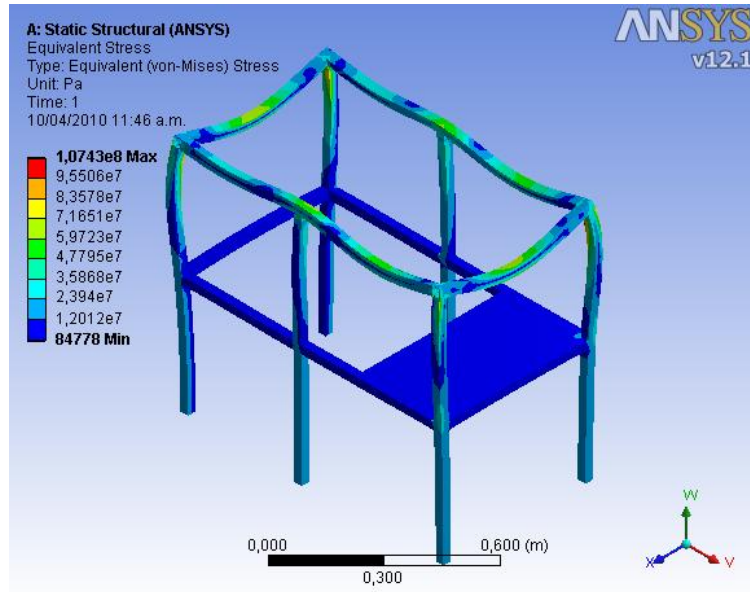
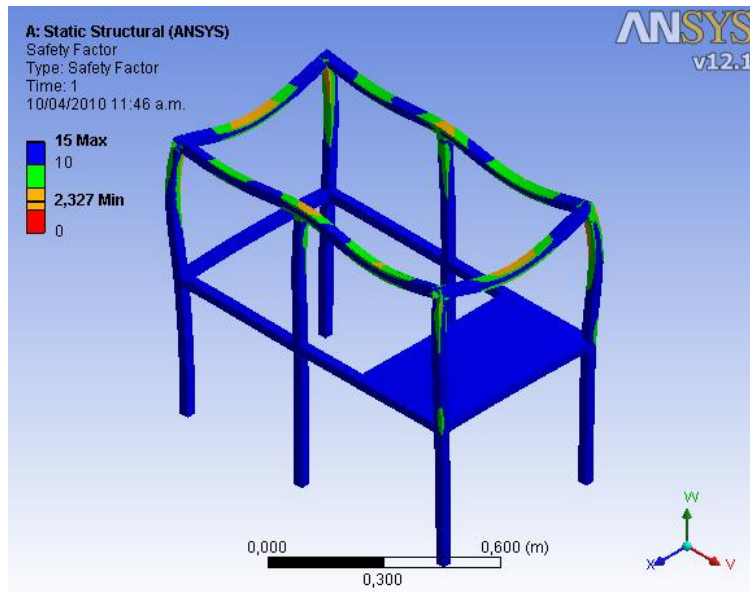


Figura 42. Factor de seguridad de estructura base de la mesa de las cámaras de vacío



2.6.4 Componentes del sellado

El método de sellado que se decidió utilizar fue el sellado por impulsos eléctricos (ver figura 43)

Los requerimientos son:

- *Longitud de sellado:* 21 centímetros, se definió de acuerdo a las dimensiones del empaque y la cámara de vacío,
- *Área de sellado:* 555 mm², ésta área el producto del ancho del alambre de ferroníquel y el ancho de la bolsa.
- *Material a sellar:* polietileno calibre 2.
- *Temperatura de sellado:* temperatura a la cual funde el polietileno.
- *Presión para el sellado:* es la presión mínima que se debe realizar para que las películas de polietileno alcancen a unirse al momento de fundirse.

Como datos de referencia se tomaron los recomendados por el ICONTEC.⁴

Presión de sellado: 2,04 kg/cm² +/- 0,5 kg/cm²

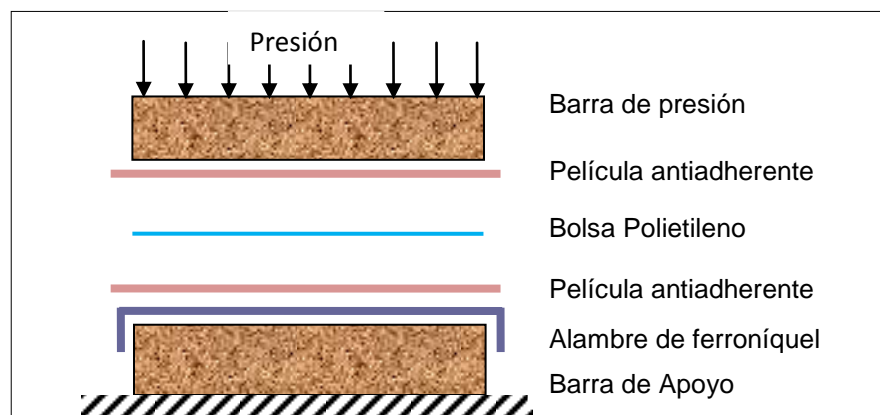
Temperatura de sellado: 120 c +/- 3c

Tiempo de sellado 0,5 +/- 0, 02 seg.

Calibre de la película: 0,02 mm -0,2 mm

Densidad: 0,910-0,925 gr/cm³

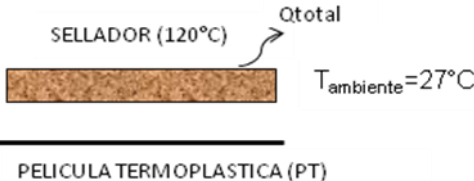
Figura 43. Esquema del sellado por impulso eléctrico



⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Películas de polietileno determinación del sellado al calor Bogotá. ICONTEC 1987 p 2 (norma técnica colombiana 956)

Se hizo un cálculo del calor total necesario para el sellado, de esta manera se encontró el valor de la resistencia y la potencia del sistema, para seleccionar los componentes eléctricos

Tabla 15. Cálculo para el sellado


CÁLCULOS PARA LOS COMPONENTES DEL SELLADO			
		$M = \delta_{pt} * V_{pt}$	(Ecuación 28)
		$Q = M * C * (\Delta T)$	(Ecuación 29)
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Masa del polietileno	M	gr	0,96
Calor específico	C	cal/gr°C	0,50
densidad del polietileno	δ_{pt}	gr/cm ³	0,93
longitud de la barra	L	cm	20,00
ancho de selle	Es	cm	1,00
calibre de la película	Nc	cm	0,05
Temperatura de selle	Tselle	°C	120,00
Temperatura ambiente	Tamb	°C	27,00
Volumen	Vpt	cm ³	1,04
DATOS CALCULADOS			
calor	Q	cal	44,73
calor perdido	Qperdidias	cal	11,18
Calor total	Qtotal	cal	55,92

El obtener un buen selle está determinado por dos tipos de variables: las referentes al proceso como son temperatura, presión y tiempo; y las referentes al material como densidad, calibre.

Para producir la unión entre las dos películas, a una temperatura determinada, es necesario suministrar presión, cuyo rango es ampliamente dependiente de la densidad del material y su temperatura de ablandamiento.

El valor de la resistencia se calcula a partir de la potencia, y el tiempo del sellado.

Tabla 16. Cálculo de la Potencia para el sellado

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA, POTENCIA Y CORRIENTE			
		$P = V * I$ (Ecuación 30)	
		$V = I * R$ (Ecuación 31)	
DATOS DE ENTRADA			
Item	Abrev.	Unidades	Valor
Calorías	Cal	Cal	55,92
Calorías	Cal	Kwh	0,0000650
potencia eléctrica	P	Watt.h	0,065
Tiempo	T	Sg	0,50
Tiempo	T	Horas	0,0001389
Calibre de la película	Nc	Cm	0,05
Voltaje	V	Voltios	110,00
DATOS CALCULADOS			
Potencia	P	watt	468,22
Intensidad	I	Amperios	4,26
Resistencia	R	Ω	25,84

Cuando la película está siendo sellada, es necesario permitir el tiempo adecuado para que el calor sea conducido desde el sellador hasta la película a tal punto que se produzca el ablandamiento.

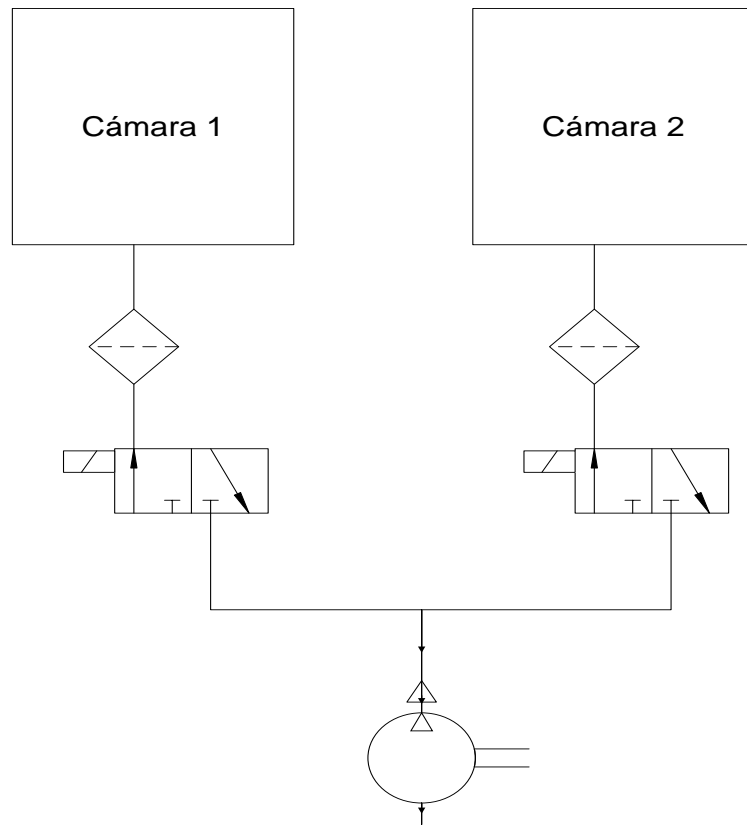
El control de estas variables se ve afectado por el calibre de la película a sellar y las especificaciones de la misma. El calibre es directamente proporcional a la cantidad de calor requerido, es decir a mayor calibre se requiere mayor tiempo y temperatura para que el selle que se produzca sea satisfactorio.

Es importante que el sellado presente la posibilidad de graduarse, de esta manera permitir un sellado optimo con sus temperaturas presiones y tiempos adecuados.

2.6.5 Circuito neumático de las cámaras de vacío

Los requerimientos del circuito neumático era realizar vacío en dos cámaras con una misma bomba para lo cual fue necesario utilizar dos electroválvulas de 3 vías y 2 posiciones para satisfacer esta necesidad (ver figura 44), las válvulas son de accionamiento directo y el diámetro de orificio debía satisfacer el flujo deseado.

Figura 44. Diagrama circuito neumático

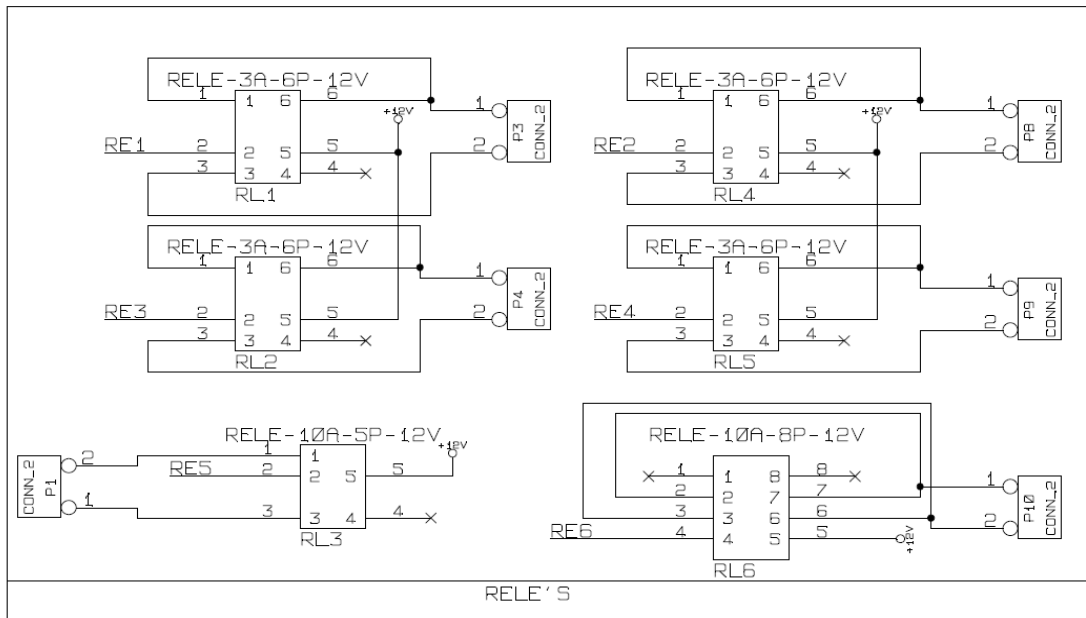
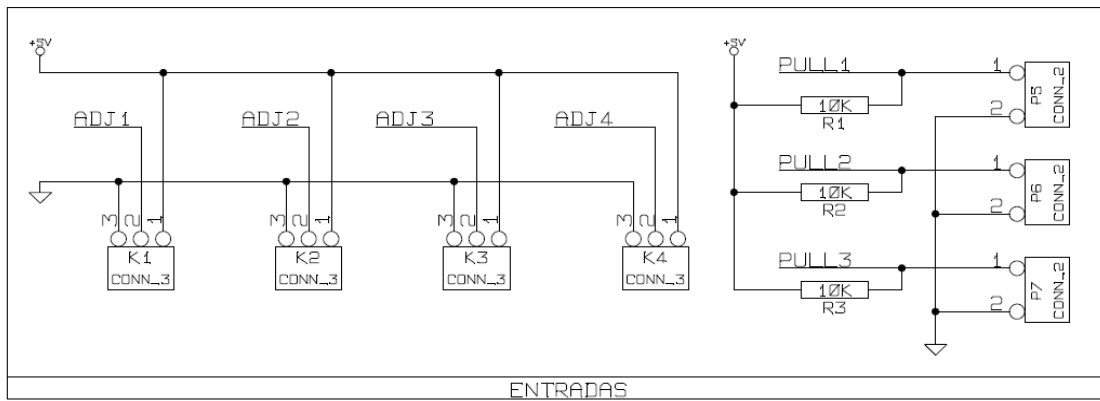
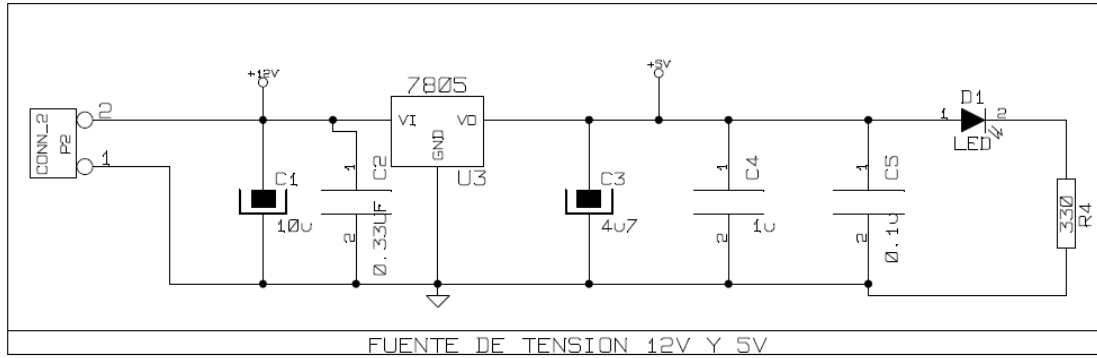


2.6.6 Componentes del control electrónico

El subsistema de empaque requería que se pudieran controlar los elementos con gran exactitud por lo cual el control electrónico era ideal pues brinda gran facilidad de programación, ocupa poco espacio y es de bajo costo.

La tarjeta electrónica debe controlar los tiempos de vacío y sellado, así como la secuencia del proceso, el esquema se puede apreciar en la figura 45.

Figura 45 Esquema del circuito electrónico de control



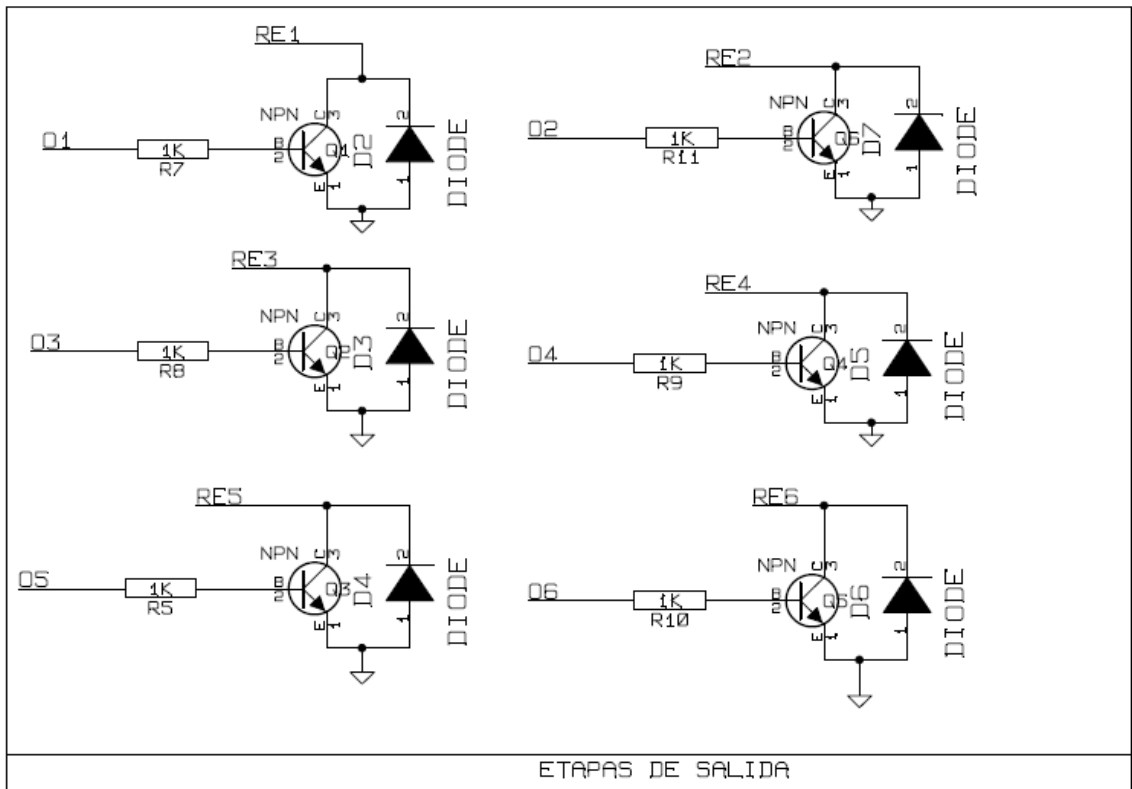
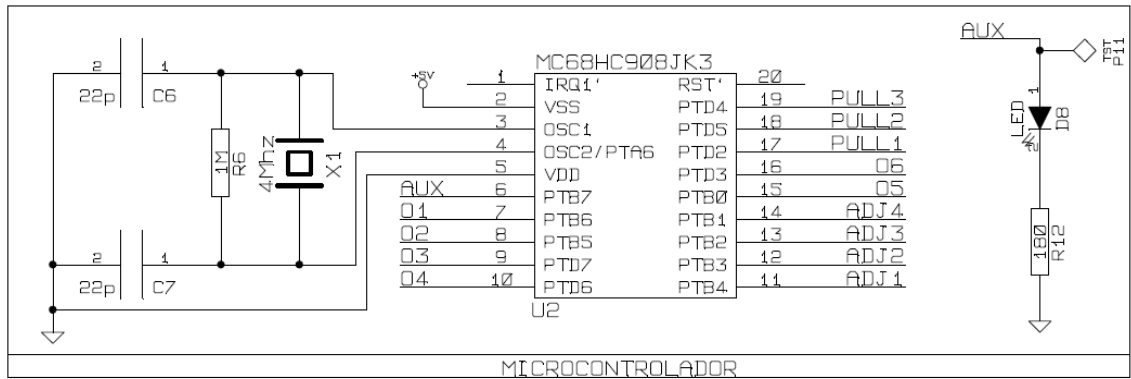
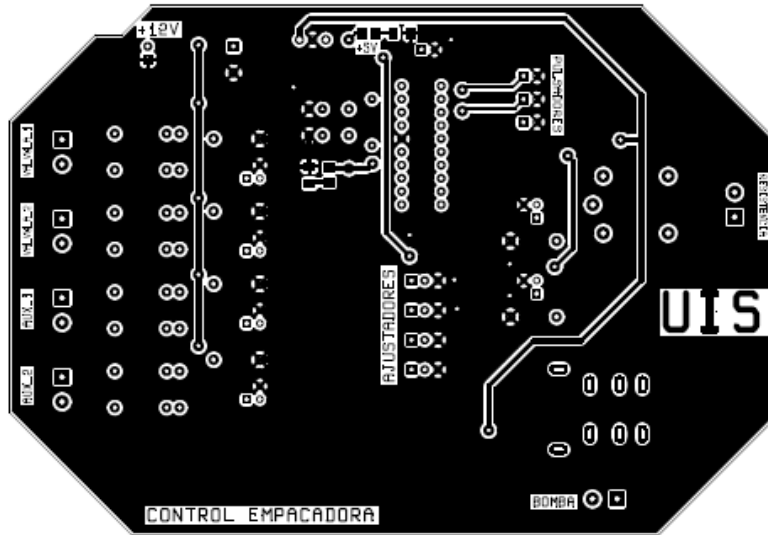
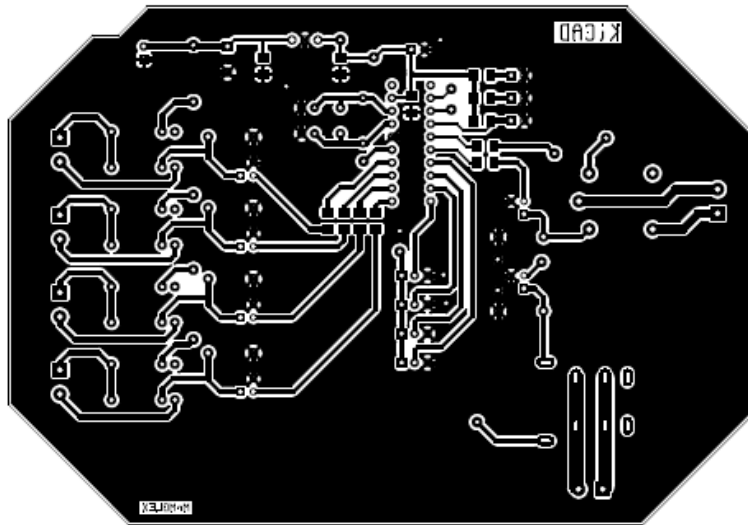


Figura 46. Planos de la tarjeta de control.



Vista Superior



Vista inferior

3. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

La construcción de la máquina se llevo a cabo en diferentes lugares, las tapas en acrílico se fabricaron en METALCRIL ubicada en la carrera 32 N°. 37-23, el mesón de las cámaras de vacío en el taller ACERO NICH0 ubicada en la diagonal 105 N°. 30-09, la fabricación de las estructuras metálicas del sistema de limpieza y del sistema de empacado se realizo en el taller ALFAMETALICAS ubicada en la carrera 33 N°. 112-30, dichas empresas cuenta con personal debidamente capacitado para la realización de dichas tareas y el grupo de investigación ERA (electrónica & robótica aplicada) nos brindo la asesoría en la tarjeta de control electrónico.

3.1 REQUERIMIENTOS

A continuación se establece una lista de requerimientos que fueron esenciales en la construcción de la maquina.

- La máquina debe estar construida con las dimensiones y materiales propuestos en el diseño.
- La máquina debe ser modular para facilitar su transporte e instalación.
- El cableado debe ir oculto para facilitar la limpieza de la maquina.
- Los controles de programación de la maquina deben ir ocultos para que no sean manipulados por personas extrañas al operario.
- La máquina debe cumplir con los tiempos de operación establecidos.
- Además la máquina debe ser de fácil operación, rápida, poco ruidosa y resistente a la corrosión.

3.2 MATERIALES

Los materiales principales en la construcción fueron acero inoxidable 304 calibre 20, acrílico de espesor 10 mm, perfiles cuadrados calibre 18 y 20, estos materiales deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Resistentes a la corrosión por tratarse de manipulación de alimentos.
- Resistentes estructuralmente para soportar las cargas aplicadas.
- Disponibles y maquinables para las formas requeridas.

3.3 IDENTIFICACION DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.

Para permitir una mejor planificación del proceso de construcción, se estableció una tabla donde se mencionan los planos de fabricación y procesos de manufactura utilizados en la fabricación de dichos componentes.

Tabla 17. Identificación del proceso de manufactura

N°	Pieza	Can	Material	Plano	D	C	T	P	E	T _r	S
1	Mesa cámaras de vacío	1	Inox 304	Pl. 01	X	X	X				X
2	Estructura limpieza	1	Acero estructural	Pl. 02		X	X	X			X
3	Estructura cámaras de vacío	1	Acero estructural	Pl. 03		X	X	X			X
4	Bisagra	2	Fundición blanca	-					X		
5	Manija	2	Fundición blanca	-					X		
6	Bomba vp260	1	-	-					X		
7	Electroválvulas 3v210	2	Aluminio	-					X		
8	Tapas de acrílico	2	Acrílico	Pl. 04		X	X				
9	Codos 1/4" NPT	2	Inox 304	-					X		
10	Tubo de acero	2	Inox 304	-					X		
11	Motorreductor	1	-	-					X		
12	Rodamientos	4	Acero	-					X		
13	Ventilador	8	-	-					X		
14	Malla	1	PVC	-					X		
15	Ejes	4	AISI 1020	Pl. 5						X	
16	Poleas	2	Aluminio	-					X		

PROCESO	
D	Doblado
C	Cortado
T	Taladrado
P	Pintado
E	Estándar
S	Soldadura
Tr	Torneado

3.4 CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE LIMPIEZA

El proceso constructivo del sistema de limpieza, requirió especial atención en la alineación del motor reductor y el eje del tambor de cabeza, los ejes de tambor y cola deben ser paralelos pues esto previene que la malla transportadora no se descarrile.

3.4.1 Estructura

La estructura se construyo en perfil cuadrado calibre 18, la construcción se realizo en el taller ALFAMETALICAS, los cortes se hicieron a 45 grados para las uniones a 90 grados, se empleo soldadura de arco eléctrico con electrodos de 1/8" referencia West Arco 6013, en la figura 47 se muestra la estructura entes de montar los componentes.

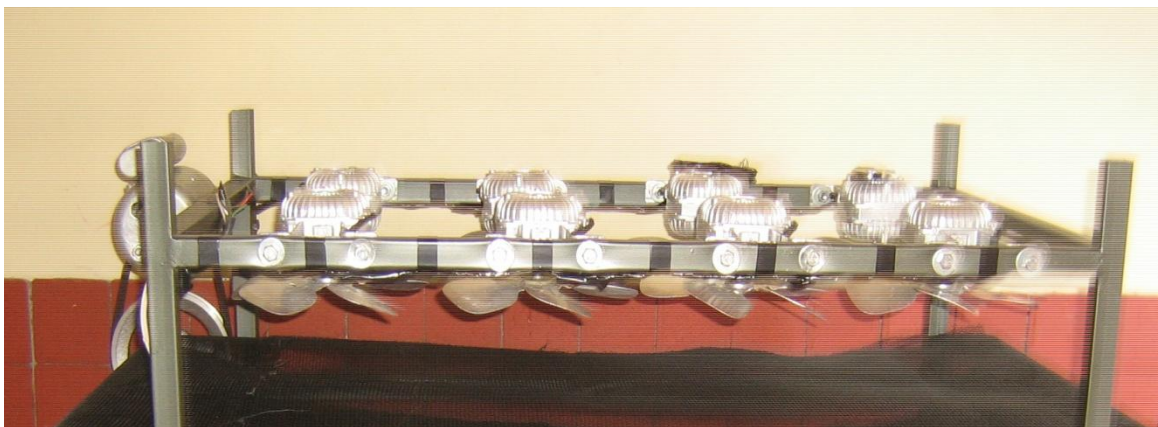
Figura 47. Estructura base del sistema de limpieza



3.4.2 Componentes de ventilación

Se requirió instalar 8 ventiladores de 10 W cada uno para así satisfacer con la remoción de humedad necesaria. Los ventiladores se atornillaron en la estructura como se ve en la figura 48, los componentes de ventilación requerían una malla de seguridad para seguridad del operario.

Figura 48. Componentes de la ventilación para la limpieza



3.4.3 Componentes de potencia

El sistema de potencia es de 1/4 caballo a 28 RPM, se necesito colocar una reducción con poleas para satisfacer la velocidad necesaria.

Figura 49. Moto-reductor de la banda de limpieza



3.5 CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE VACIO Y SELLADO

Algunos de los componentes utilizados para realizar el vacío y sellado se compraron y otros se construyeron.

3.5.1 Las tapas de acrílico

Se fabricaron en el taller METALCRIL, almacén especialista en trabajar piezas en acrílico, donde realizaron el corte y los huecos con laser en una lámina de 10 mm de espesor.

Figura 50. Tapa de las cámaras de vacío en acrílico.



El corte de la tapa se realizó con laser en la máquina SUDA SL9060-S logrando así acabados de excelente calidad.

Figura 51. Cortadora de acrílico laser



3.5.2 Cámaras de vacío

La construcción de la cámara de vacío requería principal atención en la precisión de sus cortes y dobleces pues la hermeticidad era un factor importante a tener en cuenta a la hora de realizarse el vacío.

Figura 52. Cámaras de vacío en acero inoxidable



El proceso de doblado, cortado y soldado se realizó en el taller ACERO NICHU, el doblado se realizó con la máquina dobladora de láminas que se muestra en la figura 53, la soldadura que se utilizó para el acero inoxidable fue soldadura MIG (*Metal Inert Gas*) utilizando como gas inerte argón.

Figura 53. Dobladora de láminas



3.5.3 Estructura

Se elaboró en perfil cuadrado calibre 18, con uniones soldadas con electrodos 6013 y pintada con anticorrosivo.

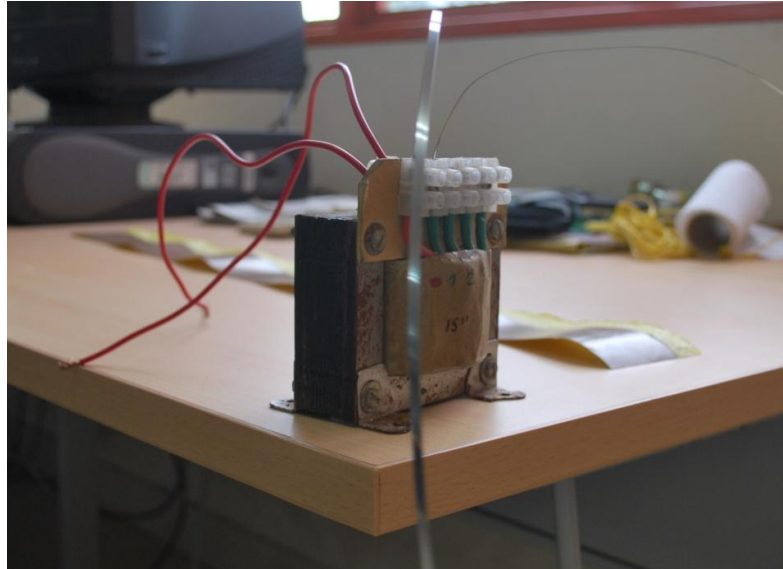
Figura 54. Estructura base de las cámaras de vacío



3.5.4 Componentes del sellado

Se compraron 2 transformadores de voltaje de 110 V a 20 V.

Figura 55. Transformador eléctrico



3.5.5 Componentes de vacío

Se adquirió una bomba nueva de marca Vacuum Pump de procedencia China de 8 cfm.

Figura 56. Bomba de vacío



Se adquirieron 2 electroválvulas marca Danfoss.

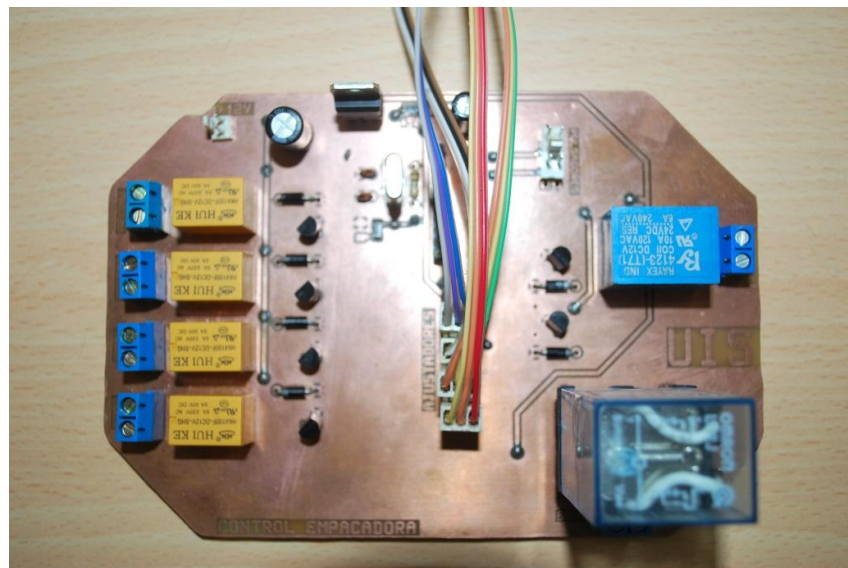
Figura 57. Válvula de 3 vías 2 posiciones



3.5.6 Componentes del control electrónico

La tarjeta fue elaborada por los estudiantes que integran el grupo ERA (Electrónica y Robótica Avanzada) de la UIS.

Figura 58. Tarjeta de control electrónico



4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIBILIDAD

4.1 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN

La operación del sistema es sencilla, para su instalación se requiere:

- Una superficie perfectamente plana.
- Dos conexiones a 110 V.
- Un sifón para aguas sucias.

El sistema está compuesto por dos máquinas que pueden funcionar independientemente.

La máquina de limpieza tiene 2 interruptores, (ver figura 59), uno para encender los ventiladores y otro para el moto reductor de la malla transportadora.



Interruptores para el sistema de limpieza

La máquina de empaque tiene un interruptor (ver figura 59), que energiza la máquina pero no le da arranque, para arrancar se presiona cualquiera de los 2 pulsadores de las cámaras de vacío.



Interruptor para el sistema de empaque.



Pulsador cámara 1.



Pulsador cámara 2.

Cualquiera de los pulsadores de las cámaras de vacío activa la siguiente secuencia.

- Energiza la bomba

- Activa la electroválvula permitiendo el paso de aire de la cámara hacia la bomba
- Se activa el transformador mandando un impulso de corriente para sellar
- Activa la electroválvula permitiendo la entrada de aire a la cámara y adhiriendo el empaque al producto.

Figura 59. Sistema Integral



El subsistema de limpieza funciona automáticamente después de encendido.

El subsistema de empaque tiene 2 tipos de controles uno para calibrar los tiempos de vacío y sellado y otro para su operación.

- 5 Control tiempo de sellado cámara 1.



Control tiempo de vacío cámara 1.

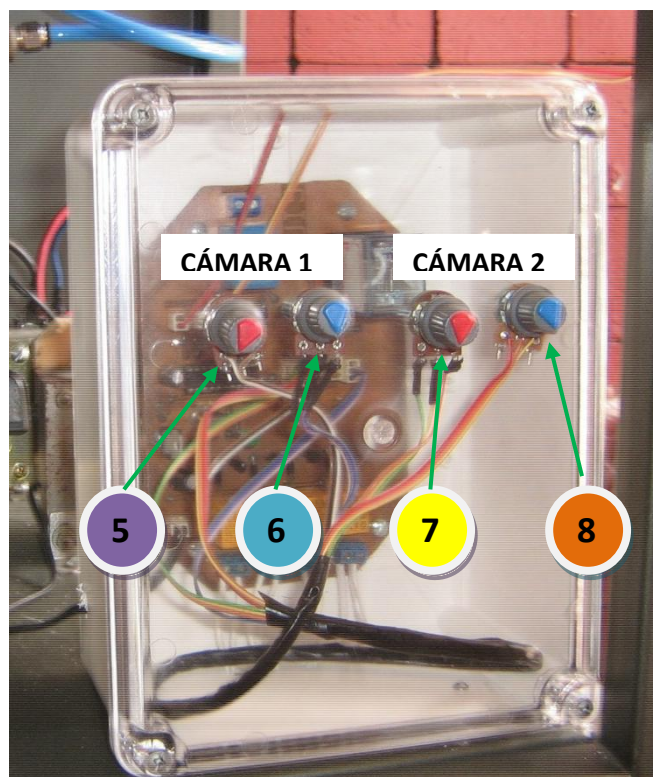


Control tiempo de sellado cámara 2.



Control tiempo de vacío cámara 2.

Figura 60. Controles de tiempo



El tiempo de vacío de la cámara es controlado con los potenciómetros 6 y 8 para conseguir la presión de vacío deseada en las cámaras.

El tiempo de sellado es controlado con los potenciómetros 5 y 7 para conseguir el tiempo adecuado que dura el impulso de corriente que calienta la resistencia de ferróníquel que funde la bolsa y sella.

4.2 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO

Tabla 18. Carta de atención básica a los equipos del sistema

CARTA DE ATENCIÓN BÁSICA A EQUIPOS					
	<ul style="list-style-type: none"> Limpiar y mantener en orden el área de trabajo. Realizar cada una de las actividades enumeradas antes de empezar a trabajar Si se encuentran desajustes, desenergizar el equipo y realizan la acción correctiva correspondiente. Reportar ruidos extraños, exceso de vibración o cualquier novedad durante la operación 	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
SUBSISTEMA DE LIMPIEZA					
	ESTRUCTURA				
1	Inspeccionar estado general (pintura soldadura)				
2	Revisar que se encuentre bien soportada				
3	Revisar que los drenajes no se encuentren tapados				
	MOTO REDUCTOR				
4	Revisar las conexiones eléctricas				
5	Revisar que no existan fugas de lubricante				
	MALLA TRANSPORTADORA				
6	Revisar que la banda se encuentre bien tensionada				
7	Revisar tambor de cabeza y cola				
8	Revisar raspas (ajustar) , si están desgastadas cambiar				
9	Revisar rodamientos y alineación				
	VENTILADORES				
10	Revisar conexiones eléctricas				
11	Revisar anclaje con la estructura (apretar de ser necesario)				
12	Revisar aspas				
SISTEMA DE EMPAQUE					
	ESTRUCTURA				
13	Inspeccionar estado general (pintura soldadura)				
14	Revisar que se encuentre bien soportada				
	BOMBA DE VACIO Y VÁLVULAS				
15	Revisar conexiones eléctricas				
16	Revisar conexiones neumáticas				
17	Revisar anclaje de la bomba con la estructura				
18	Revisar nivel de aceite y reponer si es necesario, en caso de presentar color marrón se debe drenar todo el aceite existente y reponer con aceite nuevo				
19	Revisar mangueras y conexiones con las válvulas y la bomba				
	MESA DE LAS TAPAS DE VACIO				
20	Revisar las tapas de acrílico, que los empaques estén bien pegados, y no entre aire por los huecos de las manijas y las bisagras.				
21	Revisar que no existan orillos filosos (si existen corregirlos)				
22	Revisar que la mesa de las cámaras se encuentre bien anclada a la estructura.				

RESUPUESTO

Se realizó una búsqueda exhaustiva para encontrar los mejores precios.

Tabla 19. Presupuesto

N°	DESCRIPCIÓN	CANT	V/UNIT.	V / TOTAL
SUBSISTEMA DE EMPAQUE				
1	Perfil tubular cuadrado calibre 18	2	\$ 16.000	\$ 32.000
2	Perfil tubular cuadrado calibre 20	2	\$ 11.500	\$ 23.000
3	Alambre de ferroníquel	1	\$ 3.500	\$ 3.500
4	Teflón de " con Adhesivo por metro	1	\$ 3.500	\$ 3.500
5	Asbesto 57X2 cm	1	\$ 2.000	\$ 2.000
6	Tira de silicona 50X2 cm	1	\$ 27.500	\$ 27.500
7	Tira de mica (aislante)	2	\$ 2.000	\$ 4.000
8	Acrílicos cristal 47X26 cm en 10mm	2	\$ 47.000	\$ 94.000
9	Empaque de caucho	3,5	\$ 2.000	\$ 7.000
10	Bomba de vacío 8 cfm Ref. VP260	1	\$ 662.850	\$ 662.850
11	Lámina de acero calibre 18	1	\$ 240.000	\$ 240.000
12	Electroválvulas 3/2 posiciones, Ref 3V210	2	\$ 90.000	\$ 180.000
13	Transformador de voltaje	2	\$ 50.000	\$ 100.000
14	Bisagras	2	\$ 14.000	\$ 28.000
15	Manijas	2	\$ 7.000	\$ 14.000
16	Fabricación de tarjetas de control electrónico	1	\$ 150.000	\$ 150.000
17	Pulsadores	2	\$ 15.000	\$ 30.000
18	Codos 1/4" acero inoxidable	2	\$ 6.000	\$ 12.000
19	Mano de obra			\$ 190.000
SUBTOTAL				\$ 1.613.350
SUBSISTEMA DELIMPIEZA				
20	Perfil tubular cuadrado calibre 20	2	\$ 11.500	\$ 23.000
21	Malla	1	\$ 10.000	\$ 10.000
22	Ventiladores de 10 W	8	\$ 30.000	\$ 240.000
23	Tubo acero AISI 1020	1	\$ 20.000	\$ 20.000
24	Correa	1	\$ 5.000	\$ 5.000
25	Poleas	2	\$ 17.000	\$ 34.000
26	Motorreductor	1	\$ 100.000	\$ 100.000
27	Cable eléctrico	8	\$ 1.500	\$ 12.000
28	Interruptor	1	\$ 3.000	\$ 3.000
29	Mano de obra	1	\$ 150.000	\$ 150.000
SUBTOTAL				\$ 597.000
TOTAL				\$ 2.210.350

6. CONCLUSIONES

Con el diseño y construcción del sistema del sistema integral de adecuación y empacado para pequeñas empresas de cultivo de trucha se dio un paso más en el cumplimiento de la misión de la Universidad Industrial de Santander de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la región mediante un aporte tecnológico al sector piscícola, presentando como resultado una máquina nueva en el medio con funcionalidad, higiénica pues fue elaborada con materiales idóneos para el manejo de alimentos como el acero inoxidable, acrílico y pinturas anticorrosivas, confiable porque se le realizaron suficientes pruebas, de fácil operación pues para su manipulación solo se requiere oprimir dos pulsadores.

El proyecto presentó como reto que no solo se debió diseñar una máquina, sino que se debían integrar dos procesos, por esta razón se tuvieron que estudiar los tiempos y estaciones de trabajo con sumo cuidado.

Durante el proceso de diseño no solo se tuvo en cuenta el cálculo de elementos de máquinas sino que siempre se pensó en lograr una mejor eficiencia en los tiempos del proceso, mediante la ayuda de metodologías modernas para el cálculo de tiempos en los procesos de producción, se integraron elementos como electroválvulas, controles electrónicos, que ayudaron a la automatización del proceso.

El uso de la metodología del *QFD* fue una ayuda de gran importancia porque nos permitió desglosar cada uno de los parámetros de diseño y tomar las mejores decisiones para satisfacer los requerimientos, más el uso de tablas dinámicas de Excel que hicieron que el proceso de iteración de los datos fuera rápido, en ocasiones en el mercado no se consiguen los elementos que se requieren para el diseño, lo cual obliga a recalcular.

La utilización de herramientas informáticas como Solid Works y ANSYS, ayudó de manera significativa durante el proceso de diseño pues ellas ayudaron a una toma de decisiones más acertadas.

El costo total del sistema fue de \$ 2.500.000 que comparado con máquinas similares es hasta 8 veces menor de lo que se puede conseguir en el mercado.

El proceso de diseño y construcción generó grandes retos creativos que fueron resueltos con la ayuda de conceptos vistos durante la formación académica, gracias a estos retos interpretamos mejor lo que debe ser un ingeniero; una persona que con creatividad, imaginación y la ayuda de las ciencias busca las mejores soluciones a los problemas de su entorno.

BIBLIOGRAFÍA

ADARME, Rodríguez Omar Armando. Máquina empacadora de productos al vacío, diseño y construcción. Proyecto de grado. Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2002. 135p

GROOVER. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: materiales procesos y sistemas. Mexico : Pearson Educacion, 1997. 1062p

GUZMAN, Rivera Silvia. Diseño de una selladora semiautomática de bolsas de polietileno. Universidad Industrial de Santander. 1997

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Sistema de información de precios y mercado, boletín semanal N°.13 Vol.5, 26 de Marzo al 1 de Abril del 2009.

MONRAD, Max. Tratado práctico de la técnica del vacío. Bilbao: Urmo, 1973

MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. MEXICO : PEARSON EDUCACION, 2006. 930p

REXON, Manual técnico. Disponible en: REXON. <http://www.rexon.com.co/>

UMRATH, Walter. Fundamentals of vacuum technology. Cologne: Oerlikon Leybold Vacuum, 2007. 199p. Se encuentra en http://www.oerlikon.com/ecomaXL/index.php?site=VACUUM_EN_download_documents

ANEXOS

ANEXO A. Propiedades del acrílico de propósito general



Physical Properties	Metric	English	Comments
Bulk Density	0.650 - 0.710 g/cc	0.0235 - 0.0257 lb/inA ³	Average value: 0.673 g/cc Grade Count:18
Density	0.980 - 1.20 g/cc	0.0354 - 0.0434 lb/inA ³	Average value: 1.17 g/cc Grade Count:145
Water Absorption	0.300 - 2.00 %	0.300 - 2.00 %	Average value: 0.496 % Grade Count:78
Moisture Absorption at Equilibrium	0.300 - 0.600 %	0.300 - 0.600 %	Average value: 0.399 % Grade Count:29
Water Absorption at Saturation	0.300 - 2.20 %	0.300 - 2.20 %	Average value: 1.23 % Grade Count:21
Linear Mold Shrinkage	0.00200 - 0.00800 cm/cm	0.00200 - 0.00800 in/in	Average value: 0.00468 cm/cm Grade Count:84
Melt Flow	0.112 - 27.0 g/10 min	0.112 - 27.0 g/10 min	Average value: 6.18 g/10 min Grade Count:133
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Rockwell L	40.0 - 54.0	40.0 - 54.0	Average value: 46.0 Grade Count:3
Hardness, Rockwell M	18.0 - 99.0	18.0 - 99.0	Average value: 79.0 Grade Count:75
Hardness, Rockwell R	69.0 - 95.0	69.0 - 95.0	Average value: 77.7 Grade Count:7
Tensile Strength, Ultimate	19.3 - 80.0 MPa	2800 - 11600 psi	Average value: 63.4 MPa Grade Count:94
Tensile Strength, Yield	25.0 - 85.0 MPa	3630 - 12300 psi	Average value: 61.0 MPa Grade Count:52
Elongation at Break	1.00 - 85.0 %	1.00 - 85.0 %	Average value: 15.5 % Grade Count:125
Elongation at Yield	2.00 - 6.00 %	2.00 - 6.00 %	Average value: 4.54 % Grade Count:58
Modulus of Elasticity	0.950 - 3.79 GPa	138 - 550 ksi	Average value: 2.70 GPa Grade Count:113
Flexural Modulus	1.17 - 3.59 GPa	170 - 520 ksi	Average value: 2.77 GPa Grade Count:80
Flexural Yield Strength	33.1 - 143 MPa	4800 - 20700 psi	Average value: 99.3 MPa Grade Count:93
Compressive Yield Strength	36.5 - 124 MPa	5300 - 18000 psi	Average value: 105 MPa Grade Count:13
Charpy Impact Unnotched	<u>1.37 J/cmA² - NB</u>	<u>6.50 ft-lb/inA² - NB</u>	Average value: 3.04 J/cmA ² Grade Count:44
Charpy Impact, Notched	0.200 - 1.30 J/cmA ²	0.952 - 6.19 ft-lb/inA ²	Average value: 0.303 J/cmA ² Grade Count:17
Gardner Impact	<u>1.40 J</u>	<u>1.03 ft-lb</u>	Average value: 1.40 J Grade Count:3
Falling Dart Impact	2.17 - 18.6 J	1.60 - 13.7 ft-lb	Average value: 10.7 J Grade Count:4
Tensile Creep Modulus, 1 hour	1800 - 2700 MPa	261000 - 392000 psi	Average value: 2460 MPa Grade Count:9
Tensile Creep Modulus, 1000 hours	1200 - 1800 MPa	174000 - 261000 psi	Average value: 1580 MPa Grade Count:10
Taber Abrasion, mg/1000 Cycles	16.5	16.5	Average value: 16.5 Grade Count:4
Izod Impact, Notched	0.118 - 1.39 J/cm	0.220 - 2.60 ft-lb/in	Average value: 0.356 J/cm Grade Count:84

ANEXO B. Propiedades del Acero Inoxidable serie 300



Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	0.190 - 9.01 g/cc	0.00686 - 0.326 lb/in ³	Average value: 7.84 g/cc Grade Count:309
Particle Size	6.70 - 12.0 Åµm	6.70 - 12.0 Åµm	Average value: 9.27 Åµm Grade Count:24
Mechanical Properties			
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	80.0 - 382	80.0 - 382	Average value: 186 Grade Count:130
Hardness, Knoop	97.0 - 414	97.0 - 414	Average value: 202 Grade Count:80
Hardness, Rockwell B	37.0 - 100	37.0 - 100	Average value: 81.5 Grade Count:175
Hardness, Rockwell C	15.0 - 43.0	15.0 - 43.0	Average value: 28.9 Grade Count:25
Hardness, Vickers	82.0 - 399	82.0 - 399	Average value: 194 Grade Count:84
Tensile Strength, Ultimate	250 - 2200 MPa	36300 - 319000 psi	Average value: 746 MPa Grade Count:339
Tensile Strength, Yield	138 - 1800 MPa	20000 - 260000 psi	Average value: 472 MPa Grade Count:310
Elongation at Break	1.00 - 88.0 %	1.00 - 88.0 %	Average value: 33.8 % Grade Count:328
Reduction of Area	50.0 - 88.0 %	50.0 - 88.0 %	Average value: 63.6 % Grade Count:31
Creep Strength	5.86 - 140 MPa	850 - 20300 psi	Average value: 77.3 MPa Grade Count:13
Rupture Strength	17.0 - 938 MPa	2470 - 136000 psi	Average value: 116 MPa Grade Count:9
Modulus of Elasticity	75.8 - 214 GPa	11000 - 31000 ksi	Average value: 195 GPa Grade Count:267
Compressive Yield Strength	262 - 1320 MPa	38000 - 191000 psi	Average value: 707 MPa Grade Count:5
Poissons Ratio	0.240 - 0.333	0.240 - 0.333	Average value: 0.276 Grade Count:104
Charpy Impact	43.0 - 325 J	31.7 - 240 ft-lb	Average value: 160 J Grade Count:122
Charpy Impact, Unnotched	190 - 216 J	140 - 159 ft-lb	Average value: 198 J Grade Count:3
Izod Impact	23.0 - 165 J	17.0 - 122 ft-lb	Average value: 135 J Grade Count:117
Izod Impact Unnotched	108 - 149 J	80.0 - 110 ft-lb	Average value: 130 J Grade Count:7
Fatigue Strength	180 - 605 MPa	26100 - 87700 psi	Average value: 411 MPa Grade Count:26
Shear Modulus	70.3 - 86.0 GPa	10200 - 12500 ksi	Average value: 77.9 GPa Grade Count:127
Electrical Properties			
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000695 - 0.000108 ohm-cm	0.0000695 - 0.000108 ohm-cm	Average value: 0.0000762 ohm-cm Grade Count:277
Magnetic Permeability	1.00 - 8.48	1.00 - 8.48	Average value: 1.32 Grade Count:149
Thermal Properties			
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	14.2 - 20.5 Åµm/m-Å°C	7.89 - 11.4 Åµin/in-Å°F	Average value: 17.6 Åµm/m-Å°C Grade Count:267

Specific Heat Capacity	0.450 - 0.502 J/g-Â°C	0.108 - 0.120 BTU/lb-Â°F	Average value: 0.498 J/g-Â°C Grade Count:260
Thermal Conductivity	11.6 - 18.7 W/m-K	80.5 - 130 BTU-in/hr-ftÂ²-Â°F	Average value: 15.2 W/m-K Grade Count:86
Melting Point	1230 - 1510 Â°C	2250 - 2750 Â°F	Average value: 1410 Â°C Grade Count:248
Solidus	1320 - 1450 Â°C	2410 - 2640 Â°F	Average value: 1390 Â°C Grade Count:237
Liquidus	1390 - 1510 Â°C	2530 - 2750 Â°F	Average value: 1430 Â°C Grade Count:237
Maximum Service Temperature, Air	300 - 1150 Â°C	572 - 2100 Â°F	Average value: 940 Â°C Grade Count:147
Component Elements Properties			
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Aluminum, Al	0.100 - 0.800 %	0.100 - 0.800 %	Average value: 0.339 % Grade Count:9
Carbon, C	0.0100 - 0.750 %	0.0100 - 0.750 %	Average value: 0.0919 % Grade Count:365
Chromium, Cr	13.5 - 57.0 %	13.5 - 57.0 %	Average value: 20.2 % Grade Count:372
Cobalt, Co	0.200 %	0.200 %	Average value: 0.200 % Grade Count:21
Copper, Cu	0.200 - 4.00 %	0.200 - 4.00 %	Average value: 1.07 % Grade Count:31
Iron, Fe	5.50 - 78.0 %	5.50 - 78.0 %	Average value: 63.2 % Grade Count:362
Manganese, Mn	0.200 - 5.00 %	0.200 - 5.00 %	Average value: 1.86 % Grade Count:366
Molybdenum, Mo	0.300 - 7.90 %	0.300 - 7.90 %	Average value: 2.95 % Grade Count:108
Nb + Ta	0.800 - 1.00 %	0.800 - 1.00 %	Average value: 0.826 % Grade Count:46
Nickel, Ni	4.30 - 39.0 %	4.30 - 39.0 %	Average value: 13.5 % Grade Count:372
Niobium, Nb (Columbium, Cb)	0.250 - 1.00 %	0.250 - 1.00 %	Average value: 0.803 % Grade Count:15
Nitrogen, N	0.0100 - 0.900 %	0.0100 - 0.900 %	Average value: 0.151 % Grade Count:80
Oxygen, O	0.250 %	0.250 %	Average value: 0.250 % Grade Count:4
Phosphorous, P	0.0100 - 0.450 %	0.0100 - 0.450 %	Average value: 0.0489 % Grade Count:320
Selenium, Se	0.150 - 0.350 %	0.150 - 0.350 %	Average value: 0.175 % Grade Count:4
Silicon, Si	0.300 - 3.00 %	0.300 - 3.00 %	Average value: 1.02 % Grade Count:365
Sulfur, S	0.00100 - 0.300 %	0.00100 - 0.300 %	Average value: 0.0353 % Grade Count:324
Tantalum, Ta	0.100 - 1.00 %	0.100 - 1.00 %	Average value: 0.208 % Grade Count:25
Tin, Sn	2.00 %	2.00 %	Average value: 2.00 % Grade Count:9
Titanium, Ti	0.0100 - 2.35 %	0.0100 - 2.35 %	Average value: 0.379 % Grade Count:16
WC	0.0450 %	0.0450 %	Average value: 0.0450 % Grade Count:4

ANEXO C. Propiedades del acero AISI 1020

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in³	
Mechanical Properties			
Hardness, Brinell	121	121	
Hardness, Knoop	140	140	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	68	68	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	126	126	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	420 MPa	60900 psi	
Tensile Strength, Yield	350 MPa	50800 psi	
Elongation at Break	15.0 %	15.0 %	In 50 mm
Reduction of Area	40.0 %	40.0 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.290	0.290	
Machinability	65%	65%	Based on AISI 1212 steel. as 100% machinability
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Electrical Properties			
Electrical Resistivity	0.0000159 ohm-cm	0.0000159 ohm-cm	condition unknown; 0 ^o C (32 ^o F)
	0.0000219 ohm-cm	0.0000219 ohm-cm	condition unknown
	@Temperature 100 ^o C	@Temperature 212 ^o F	
	0.0000292 ohm-cm	0.0000292 ohm-cm	condition unknown
	@Temperature 200 ^o C	@Temperature 392 ^o F	

ANEXO D. Factor de servicio para la selección de correas

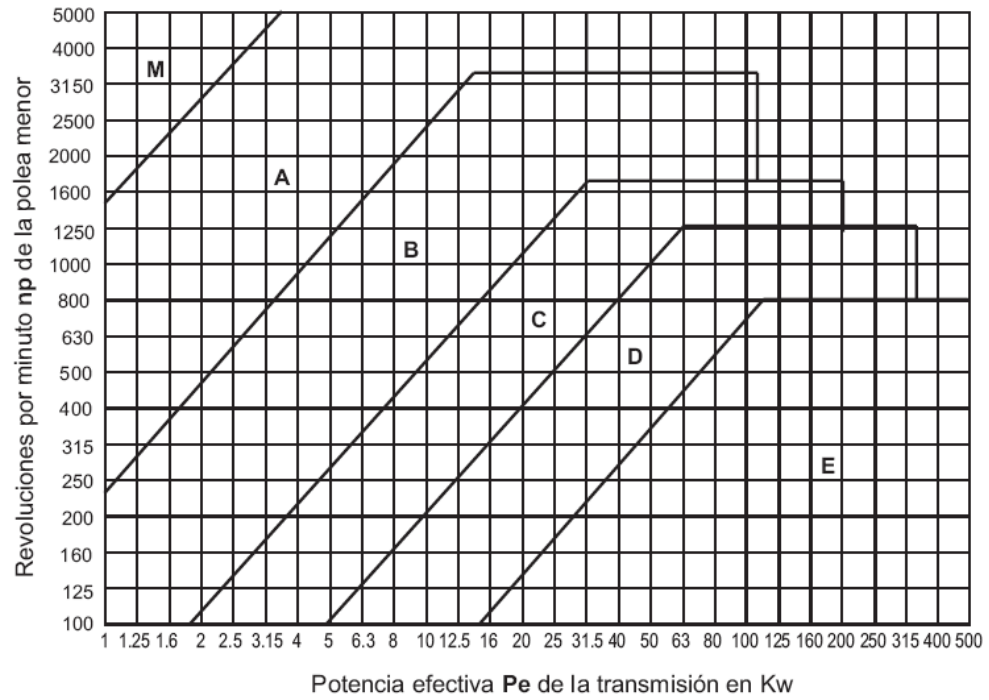


CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ANEXO E. Gráfica para la selección del tipo de correa



Gráfica 1: Elección de la Sección de las Correas Clásicas



ANEXO F. Tamaños de cuña en función del diámetro del eje

TAMAÑO NOMINAL DEL EJE		TAMAÑO NOMINAL DE LA CUÑA		
Mas de	Hasta (incl)	Ancho, W	Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 3/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 3/4	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2		1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9		2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13		3	
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18		4	
18	22		5	3 1/2
22	26		6	
26	30		7	

ANEXO G. Catálogo de rodamientos SKF

[Product tables](#)
[Search](#)
[IMP](#)
[PDF](#)
[Print](#)
[Close](#)

Select design (all) ▾

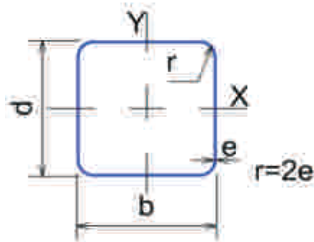
Deep groove ball bearings, single row

Product information

[Tolerances , see also text](#)
[Radial internal clearance , see also text](#)
[Recommended fits](#)
[Shaft and housing tolerances](#)

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C_0		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min	kg	* - SKF Explorer bearing	
12	21	5	1,43	0,67	0,028	70000	43000	0,0063	61801
12	21	5	1,43	0,67	0,028	-	20000	0,0063	61801-2RS1
12	21	5	1,43	0,67	0,028	70000	38000	0,0063	61801-2Z
12	24	6	2,25	0,98	0,043	67000	40000	0,011	61901
12	24	6	2,25	0,98	0,043	-	19000	0,011	61901-2RS1
12	24	6	2,25	0,98	0,043	67000	32000	0,011	61901-2Z
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	38000	0,022	6001 *
12	28	8	5,4	2,36	0,1	-	17000	0,022	6001-2RSH *
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	30000	0,022	6001-2RSL *
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	30000	0,022	6001-2Z *
12	28	8	5,4	2,36	0,1	-	17000	0,022	6001-RSH *
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	38000	0,022	6001-RSL *
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	38000	0,022	6001-Z *
12	28	12	5,07	2,36	0,1	-	17000	0,029	63001-2RS1
12	30	8	5,07	2,36	0,1	56000	34000	0,023	16101
12	30	8	5,07	2,36	0,1	-	16000	0,023	16101-2RS1
12	30	8	5,07	2,36	0,1	56000	28000	0,023	16101-2Z
12	32	10	7,28	3,1	0,132	50000	32000	0,037	6201 *
12	32	10	7,28	3,1	0,132	-	15000	0,037	6201-2RSH *
12	32	10	7,28	3,1	0,132	50000	26000	0,037	6201-2RSL *
12	32	10	7,28	3,1	0,132	50000	26000	0,037	6201-2Z *
12	32	10	7,28	3,1	0,132	-	15000	0,037	6201-RSH *
12	32	10	7,28	3,1	0,132	50000	32000	0,037	6201-RSL *
12	32	10	7,28	3,1	0,132	50000	32000	0,037	6201-Z *
12	32	14	6,89	3,1	0,132	-	15000	0,045	62201-2RS1

ANEXO H. Propiedades del perfil estructural cuadrado



CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN							PROPIEDADES ESTÁTICAS						UNIDADES DE EMPAQUE
TAMAÑO PERFIL				Espesor pared e mm	PESO P kg/m	ÁREA A cm ²	FLEXIÓN			TORSIÓN			
TAMAÑO NOMINAL		REAL					Momento inercia I _x = I _y cm ⁴	Módulo elástico S _x = S _y cm ³	Radio de Giro r _x = r _y cm	Módulo Plástico Z _x = Z _y cm ³	Momento Inercia J cm ⁴	Módulo Elástico B cm ³	
PULGADAS	MILÍMETROS	d mm	b mm										
1 X 1	25 X 25	26,70	26,70	1,50	1,16	1,48	1,51	1,13	1,01	1,35	2,49	1,71	36
1 X 1	25 X 25	26,70	26,70	2,50	1,87	2,38	2,12	1,59	0,94	2,00	3,80	2,47	36
* 1 1/2 X 1 X/2	40 X 40	40,00	40,00	1,50	1,73	2,20	5,49	2,75	1,58	3,22	8,77	4,13	25
1 1/2 X 1 X/2	40 X 40	40,00	40,00	2,00	2,32	2,96	6,94	3,47	1,53	4,13	11,36	5,25	25
* 1 1/2 X 1 X/2	40 X 40	40,00	40,00	2,50	2,81	3,58	8,22	4,11	1,51	4,97	13,79	6,25	25
2 X 2	50 X 50	51,60	51,60	1,50	2,29	2,92	12,21	4,73	2,05	5,50	19,23	7,11	25
2 X 2	50 X 50	51,60	51,60	2,00	3,10	3,95	15,63	6,06	1,99	7,12	25,05	9,13	25
2 X 2	50 X 50	51,60	51,60	2,50	3,74	4,77	18,75	7,27	1,98	8,64	30,61	10,99	25
2 X 2	50 X 50	50,00	50,00	3,00	4,25	5,41	19,47	7,79	1,90	9,39	32,53	11,84	25
* 2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70,90	70,90	1,50	3,20	4,08	32,72	9,23	2,83	10,63	50,84	13,86	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70,90	70,90	2,00	4,32	5,50	42,38	11,96	2,78	13,88	66,66	17,97	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70,90	70,90	2,50	5,26	6,70	51,44	14,51	2,77	16,99	81,96	21,86	16
3 X 3	75 X 75	75,00	75,00	3,00	6,60	8,41	71,62	19,10	2,92	22,49	115,14	28,81	16
3 X 3	75 X 75	75,00	75,00	4,00	8,59	10,95	90,19	24,05	2,87	28,76	148,83	36,48	16
3 X 3	75 X 75	75,00	75,00	5,00	10,48	13,36	106,33	28,35	2,82	34,46	180,41	43,33	16
3 X 3	75 X 75	75,00	75,00	6,00	12,27	15,63	120,16	32,04	2,77	39,58	209,99	49,43	16
4 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90,20	90,20	2,00	5,57	7,10	89,47	19,84	3,55	22,88	139,26	29,80	16
4 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90,20	90,20	2,50	6,81	8,67	109,31	24,24	3,55	28,13	171,82	36,44	16
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	2,00	6,07	7,74	123,01	24,60	3,99	28,30	190,75	36,94	9
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	3,00	8,96	11,41	177,05	35,41	3,94	41,21	279,48	53,27	9
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	4,00	11,73	14,95	226,35	45,27	3,89	53,30	364,04	68,31	9
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	5,00	14,41	18,36	271,10	54,22	3,84	64,59	444,62	82,14	9
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	6,00	16,98	21,63	311,47	62,29	3,79	75,10	521,39	94,85	9
	135 X 135	135,00	135,00	4,00	16,13	20,55	581,70	86,18	5,32	100,25	917,81	129,65	9
	135 X 135	135,00	135,00	5,00	19,90	25,36	704,91	104,43	5,27	122,53	1.127,65	157,44	9
	135 X 135	135,00	135,00	6,00	23,58	30,03	819,72	121,44	5,22	143,72	1.330,14	183,57	9
	150 X 150	150,00	150,00	6,00	26,40	33,63	1.145,91	152,79	5,84	179,88	1.843,64	230,58	9
	200 X 200	200,00	200,00	5,00	30,11	38,36	2.410,09	241,01	7,93	278,87	3.771,59	362,24	9
	250 X 250	250,00	250,00	7,00	52,42	66,78	6.508,73	520,70	9,87	604,58	10.241,82	783,15	6
	300 X 300	300,00	300,00	7,00	63,41	80,78	11.466,21	764,41	11,91	882,82	17.892,12	1.148,60	6

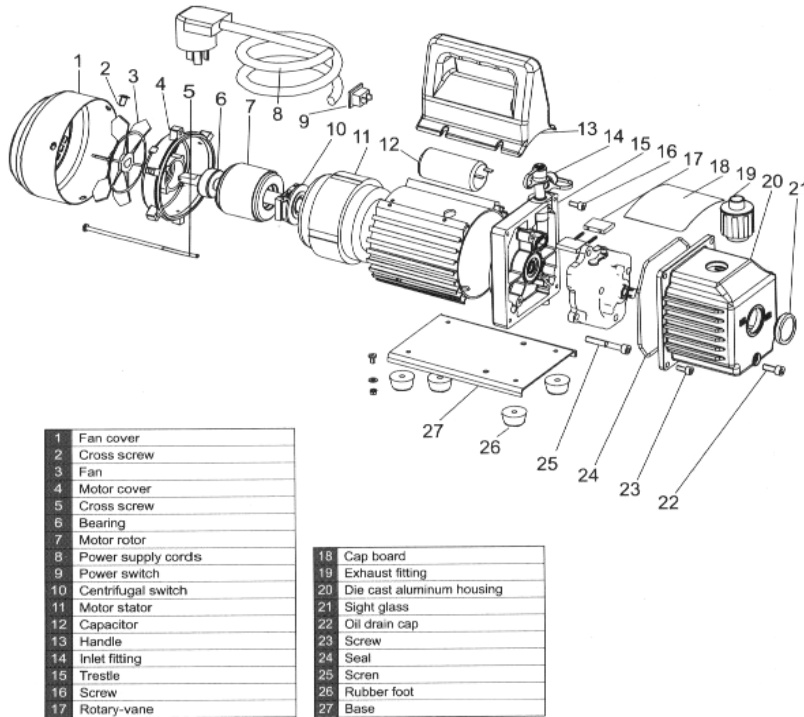
Los perfiles tubulares COLMENA cumple con la norma ASTM A-500 grado C. Esfuerzo de fluencia Fy=3.220 Kg/cm² (46.000 psi) (322 MPa)

*Estos tubos se suministran en grado B Esfuerzo de Fluencia Fy=2.953 Kg/cm² (42.000 psi) (322Mpa)

ANEXO I. Ficha técnica

de la bomba de

vacío		Dual Stage Vacuum Pump													
Model		VP215		VP225		VP235		VP245		VP260		VP280		VP2100	
Voltage		220V ~50Hz	110V ~60Hz	220V ~50Hz	110V ~60Hz	220V ~50Hz	110V ~60Hz	220V ~50Hz	110V ~60Hz	220V ~50Hz	110V ~60Hz	220V ~50Hz	110V ~60Hz	220V ~50Hz	110V ~60Hz
Free Air Displacement	CFM	1.5	1.8	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10	12
	L/min	42	50	70	84	100	114	128	142	170	198	226	254	283	340
Ultimate Vacuum	Pa	3x10 ⁻¹		3x10 ⁻¹		3x10 ⁻¹		3x10 ⁻¹		3x10 ⁻¹		3x10 ⁻¹		3x10 ⁻¹	
	mbar	0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003	
	Microns	25		25		25		25		25		25		25	
Motor		1/4		1/3		1/3		1/2		3/4		1		1	
Intake Fitting		1/4"Flare		1/4"Flare		1/4&3/8"Flare		1/4&3/8"Flare		1/4&3/8"Flare		1/4&3/8"Flare		1/4&3/8"Flare	
Oil Capacity		180		280		360		350		700		600		600	
Dimensions(mm)		275x122x220		280x122x220		320x138x240		320x138x240		380x145x250		380x145x250		380x145x250	
Net Weight(kg)		6		7		11.0		11.8		16.5		17.0		17.5	



ANEXO J. Ficha técnica de las electroválvulas



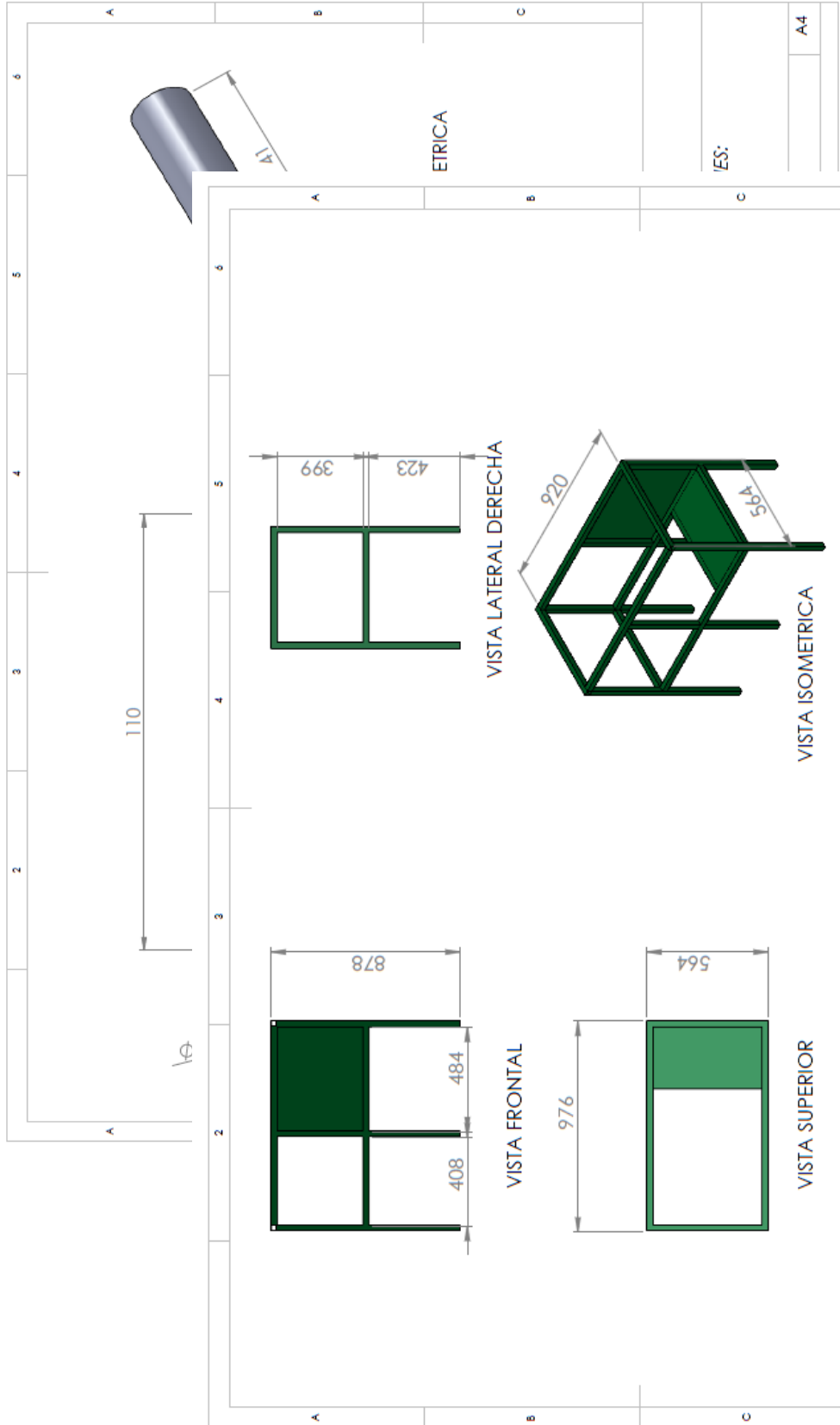
Electroválvulas de accionamiento de 3/2 vías Modelo EV310B



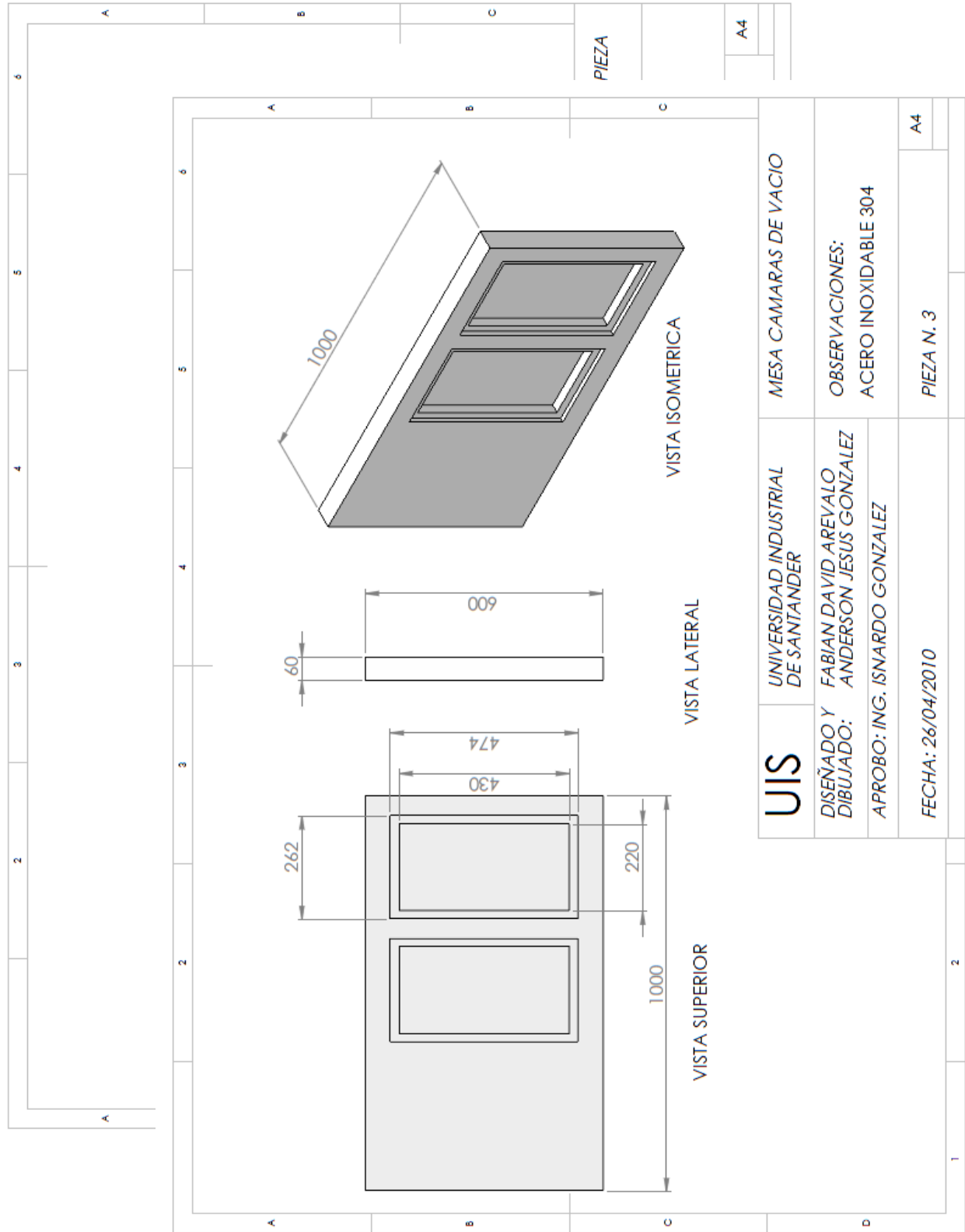
Datos técnicos

Instalación	Opcional, pero se recomienda un sistema de electroválvulas vertical
Rango de presión	0 a 20 bar
Max. presión de prueba	50 bar
Tiempo de apertura y cierre	10 - 20 ms (dependiendo de la presión)
Temperatura ambiente	máx. +40°C
Temperatura del fluido	-10° a +100°C
Viscosidad	máx. 50 cSt
Materiales	Cuerpo de la válvula: Latón, n° 2.0402 Armadura: Acero inoxidable, n° 1.4105/ AISI 430FR Tubo de la armadura: Acero inoxidable, n° 1.4306 /AISI 304L Tope de la armadura: Acero inoxidable, n° 1.4105 /AISI 430FR Muelles: Acero inoxidable, n° 1.4310/ AISI 301 Material de las juntas: FKM

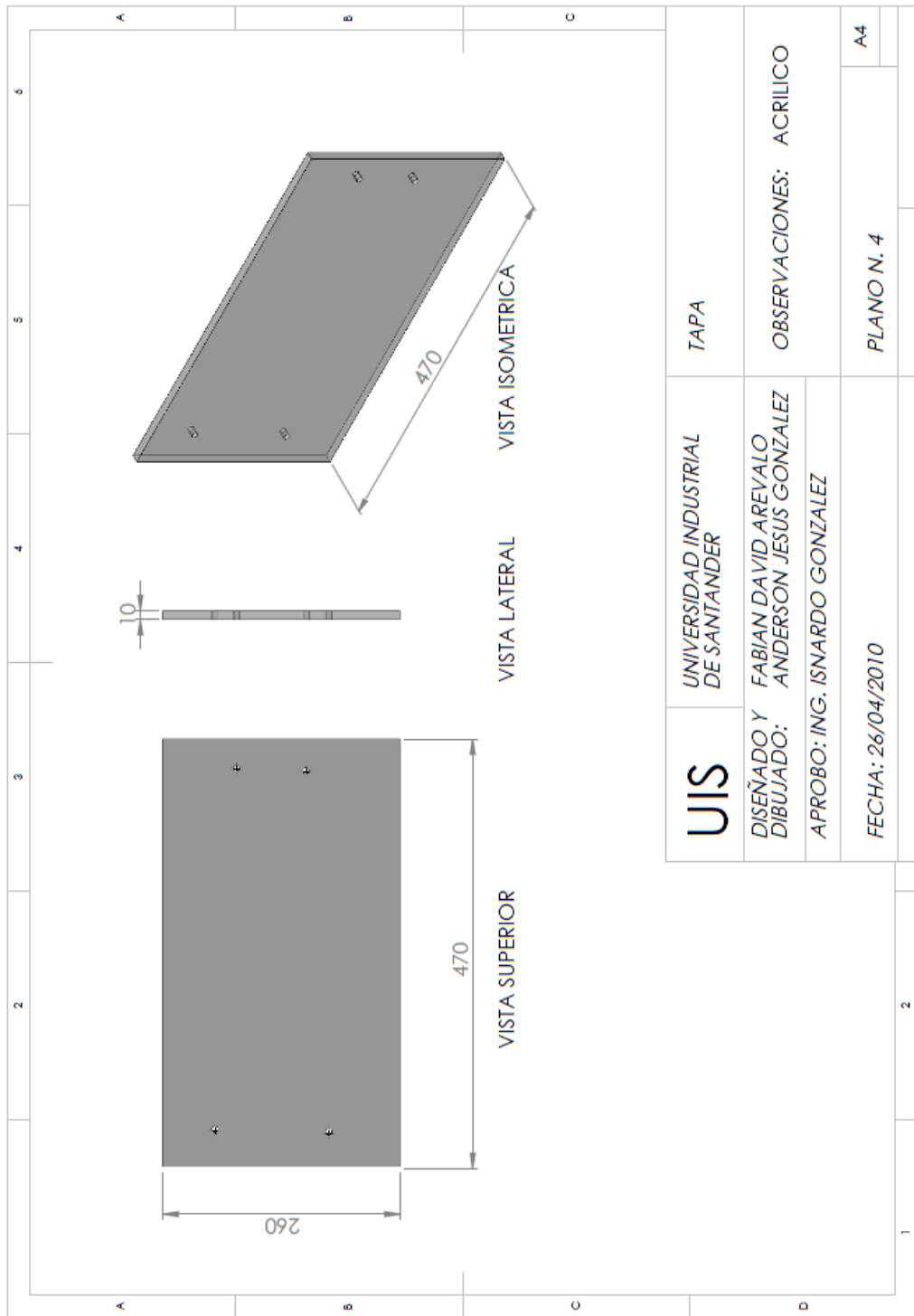
ANEXO K. PLANOS



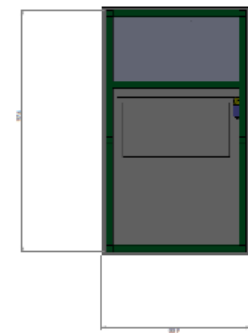
<p>UIS</p> <p>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</p>	<p>ESTRUCTURA EMPACADORA</p>
<p>DISEÑADO Y DIBUJADO: FABIAN DAVID AREVALO ANDERSON JESUS GONZALEZ</p>	<p>OBSERVACIONES:</p>
<p>APROBO: ING. ISNARDO GONZALEZ</p>	<p>PLANO N. 2</p>
<p>FECHA: 26/04/2010</p>	<p>A4</p>



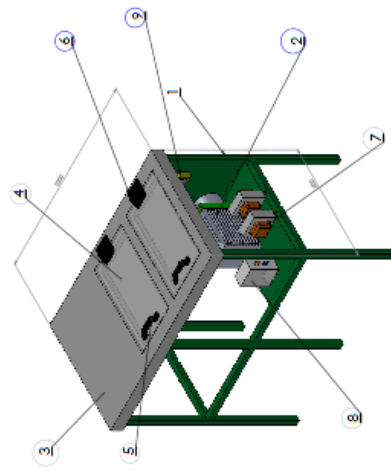
UIS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	MESA CAMARAS DE VACIO	A4	
	DISEÑADO Y DIBUJADO: FABIAN DAVID AREVALO ANDERSON JESUS GONZALEZ APROBO: ING. ISNARDO GONZALEZ		OBSERVACIONES: ACERO INOXIDABLE 304
	PIEZA N. 3		PIEZA N. 3



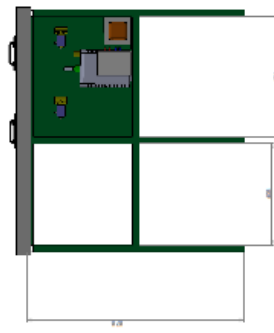
UIS	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	TAPA
	DISEÑO Y DIBUJADO: FABIAN DAVID AREVALO ANDERSON JESUS GONZALEZ	OBSERVACIONES: ACRILICO
APROBO: ING. ISNARDO GONZALEZ		PLANO N. 4
FECHA: 26/04/2010		



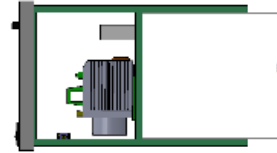
VISTA INFERIOR



VISTA ISOMERICA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA

Nº	COMPONENTES	MATERIAL
1	ESTRUCTURA	PERFIL CUADRADO
2	BOMBA	ACERO Y OROSO
3	MESA	ACERO INOXIDABLE
4	TAPA	ACRILICO
5	MANILLO	FUNDICION GRES
6	BOCANA	FUNDICION GRES
7	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
8	CAJA DE CONTROL	PLASTICO Y OROSO
9	ELECTROVALVULA	ACERO Y OROSO
10	PLACA DE CONTROL	ACERO Y OROSO
11	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
12	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
13	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
14	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
15	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
16	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
17	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
18	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
19	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
20	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
21	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
22	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
23	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
24	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
25	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
26	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
27	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
28	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
29	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
30	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
31	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
32	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
33	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
34	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
35	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
36	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
37	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
38	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
39	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
40	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
41	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
42	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
43	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
44	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
45	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
46	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
47	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
48	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
49	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
50	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
51	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
52	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
53	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
54	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
55	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
56	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
57	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
58	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
59	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
60	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
61	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
62	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
63	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
64	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
65	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
66	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
67	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
68	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
69	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
70	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
71	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
72	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
73	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
74	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
75	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
76	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
77	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
78	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
79	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
80	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
81	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
82	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
83	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
84	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
85	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
86	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
87	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
88	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
89	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
90	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
91	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
92	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
93	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
94	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
95	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
96	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
97	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
98	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
99	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO
100	TRANSFORMADOR	ACERO Y OROSO

