

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE ETIQUETADORA DE  
BOTELLAS

MAYRA ANDREA GOMEZ GUERRERO  
MANUEL DARIO VARGAS ARCOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA

2015

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE ETIQUETADORA DE  
BOTELLAS

MAYRA ANDREA GOMEZ GUERRERO  
MANUEL DARIO VARGAS ARCOS

Trabajo de grado para optar el título de  
INGENIERO MECÁNICO

DIRECTOR  
ISNARDO GONZALEZ  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA

2015

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el que me ilumina y guía cada etapa de mi vida, al cual agradezco todas las metas alcanzadas y brindarme sabiduría para afrontar cada obstáculo en mi vida.

A mi amigo, mascota y fiel confidente, Chomsky aquel que me acompañó en cada noche de desvelo, aquel que con su linda compañía alegra mi vida cada día durante el proceso de esta carrera.

A mis amigos y compañeros los cuales me apoyaron y confiaron en mí y sobre todo me brindaron su ayuda en momentos importantes para la culminación de esta gran meta.

**MAYRA ANDREA GOMEZ GUERRERO**

## CONTENIDO

Pág.

### INTRODUCCION

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	24
1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	24
1.2 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.....	25
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	27
1.3.1 Objetivo General.....	27
1.3.2 Objetivos Específicos.....	27
1.4 EMPRESA TIPO.....	28
2. MAQUINAS ETIQUETADORAS.....	32
2.1 TIPOS DE MAQUINAS ETIQUETADORAS.....	33
2.1.1 Maquina Etiquetadora Modular.....	36
2.1.2 Maquina Etiquetadora Rotativa.....	38
2.1.3 Maquina Etiquetadora Lineal.....	39
2.1.3.1 Configuración deseada maquina etiquetadora lineal.....	39
2.1.3.2 Etiquetado.....	39
2.1.3.3 Opciones.....	40
2.1.3.4 Dispensador de etiquetas.....	40
2.2 ETIQUETAS.....	41
2.2.1 Tipos de etiquetas.....	42
2.3 ADHESIVOS PARA ETIQUETAS.....	46
2.3.1 Tipos de Adhesivos.....	47
2.3.2 Ubicación de las Etiquetas.....	47

3. DISEÑO CONCEPTUAL.....	50
3.1 REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR.....	50
3.1.1 Organización de requerimientos del consumidor.....	51
3.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	51
3.3 MATRIZ DE CALIDAD.....	52
3.3.1 Ponderación de resultados.....	52
3.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	54
3.4.1 Alternativa 1.....	52
3.4.2 Partes principales que componen la maquina.....	53
3.4.3 Alternativa 2.....	53
3.4.4 Partes principales que componen la maquina.....	54
3.4.5 Alternativa 3.....	54
3.4.6 Partes principales que componen la maquina .....	55
3.5 EVALUACION DE ALTERNATIVAS.....	56
3.6 DISEÑO CONCEPTUAL DEFINITIVO CAD.....	57
3.6.1 Descripción de partes que componen la maquina.....	58
3.6.2 Descripción funcionamiento.....	59
4. CALCULO DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA.....	60
4.1 CALCULO DE LA VELOCIDAD.....	64
4.2 CALCULO DE POTENCIA.....	67
4.3 SELECCIÓN DEL MOTOR.....	68
4.4 CALCULO EJE PRINCIPAL.....	69
4.4.1 Estudio del eje principal.....	70
4.5 CALCULO EJE TENSOR 1.....	75
4.5.1 Estudio del eje tensor 1.....	76
4.6 CALCULO EJE TENSOR 2.....	84
4.6.1 Estudio del eje tensor 2.....	85
4.7 CALCULO EJE TENSOR 3.....	88
4.7.1 Estudio del eje tensor 3.....	90

4.8 CALCULO BRAZO DE PRESION DE BOTELLA.....	91
4.8.1 Estudio del brazo de presión de botella.....	92
4.9 CALCULO EJE DEL BRAZO DE PRESION DE BOTELLA.....	93
4.9.1 Estudio del eje del brazo de presión de botella.....	95
4.10 CALCULO EJES BASE DE BOTELLA.....	98
4.10.1 Estudio de ejes base botella.....	102
4.11 CALCULO TRANSMISION POR SPROCKET Y CADENA.....	102
4.12 CALCULO ESTRUCTURA DE ETIQUETADORA DE BOTELLAS.....	104
4.12.1 Estructura placa lineal.....	106
4.12.1.1 Estudio de la placa lateral.....	107
4.12.2 Estructura base.....	108
4.12.2.1 Estudio de la base.....	109
4.13 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	110
4.14 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION.....	113
5. AUTOMATIZACION.....	114
5.1 DISEÑO CONCEPTUAL.....	114
5.2 DESCRIPCION DE COMPONENTES.....	115
5.2.1 Sensor óptico para aplicaciones industriales.....	116
5.2.2 Relé .....	116
5.2.3 Pedal pulsador.....	117
6. FABRICACION Y PRUEBAS.....	118
6.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DEL MODELO.....	118
6.1.1 Fresadora Induma.....	118
6.1.2 Torno Leblond.....	118
6.1.3 Taladro de columna.....	119
6.2 FABRICACION PARTES PRINCIPALES.....	120
6.2.1 Descripción proceso de manufactura de ejes.....	122
6.2.2 Descripción proceso de manufactura de placas laterales.....	123

6.2.3 Descripción proceso de manufactura de rodillos.....	124
6.2.4 Descripción proceso de manufactura de brazos de presión .....	126
6.3 ENSAMBLAJE FINAL.....	128
6.4 PRUEBAS DEL MODELO.....	131
7. CONCLUSIONES.....	133

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Etiquetado manual.....	20
Figura 2. Etiquetadora semiautomática.....	21
Figura 3. Zona de almacén.....	23
Figura 4. Bodega de empaques.....	24
Figura 5. Zona de tapado y etiquetado de botellas.....	24
Figura 6. Zona de mezclado de muestras.....	25
Figura 7. Zona de maquinaria.....	25
Figura 8. Bodega de producción.....	26
Figura 9. Máquina etiquetadora SERIE ES1.....	27
Figura 10. Máquina etiquetadora modular.....	29
Figura 11. Estaciones de etiquetado en una máquina modular.....	30
Figura 12. Etiquetadora rotativa.....	31
Figura 13. Estaciones de etiquetado de una etiquetadora rotativa.....	32
Figura 14. Máquina etiquetadora lineal modelo NIN ETIK.....	34
Figura 15. Cabezal de etiquetado de una etiquetadora lineal.....	35
Figura 16. Etiquetados de botellas.....	36
Figura 17. Etiquetas autoadhesivas.....	37
Figura 18. Etiquetas cilíndricas.....	38

Figura 19. Etiquetas de mangas.....	39
Figura 20. Etiquetas termoencogibles.....	39
Figura 21. Etiquetas de Bopp.....	40
Figura 22. Organización de requerimientos.....	44
Figura 23. Pareto de las necesidades del cliente.....	48
Figura 24. Pareto de los parámetros de diseño.....	49
Figura 25. Ponderación a las alternativas de solución.....	50
Figura 26. Máquina etiquetadora con control de posición por motor paso a paso y control digital.....	51
Figura 27. Máquina etiquetadora activada por pedal pulsador y sensor de etiqueta de precisión.....	53
Figura 28. Máquina etiquetadora activada por pulsador.....	54
Figura 29. Diseño CAD máquina etiquetadora de botellas.....	58
Figura 30. Moto reductor.....	63
Figura 31. Catálogo moto reductor.....	64
Figura 32. Malla y ubicación de cargas del eje.....	68
Figura 33. Factor de seguridad del eje principal.....	69
Figura 34. Desplazamiento del eje principal.....	69
Figura 35. Análisis ángulos de los rodillos tensores.....	70
Figura 36. Malla y ubicación de cargas del eje tensor 1.....	74
Figura 37. Factor de seguridad del eje tensor 1.....	74
Figura 38. Desplazamiento eje tensor 1.....	75

Figura 39. Malla y ubicación de cargas del eje tensor 2.....	79
Figura 40. Factor de seguridad del eje tensor 2.....	80
Figura 41. Desplazamiento del eje tensor 2.....	80
Figura 42. Malla y ubicación de cargas del eje tensor 3.....	84
Figura 43. Factor de seguridad del eje tensor 3.....	85
Figura 44. Desplazamiento del eje tensor 3.....	85
Figura 45. Brazo de presión de botellas.....	86
Figura 46. Propiedades brazo de presión.....	87
Figura 47. Malla y ubicación de cargas del brazo de presión de botella.....	88
Figura 48. Factor de seguridad del brazo de presión de botellas.....	88
Figura 49. Malla y ubicación de cargas del eje del brazo de presión de botellas...	91
Figura 50. Factor de seguridad del eje de brazo de presión de botella.....	92
Figura 51. Malla y ubicación de cargas del eje base de botella.....	95
Figura 52. Factor de seguridad del eje base de botella.....	96
Figura 53. Desplazamiento eje base de botella.....	96
Figura 54. Sprocket seleccionado.....	97
Figura 55. Catálogo del sprocket.....	98
Figura 56. Cargas sobre la etiquetadora de botellas.....	98
Figura 57. Estructura lateral.....	100
Figura 58. Malla y ubicación de las cargas de la placa lateral.....	101
Figura 59. Factor de seguridad de la placa lateral.....	102
Figura 60. Desplazamiento placa lateral.....	103

Figura 61. Estructura base.....	104
Figura 62. Cargas sobre estructuras base.....	104
Figura 63. Malla y ubicación de las cargas de la base.....	105
Figura 64. Factor de seguridad de estructura base.....	105
Figura 65. Desplazamiento estructura base.....	106
Figura 66. Catálogo rodamiento.....	106
Figura 67. Control lazo cerrado.....	109
Figura 68. Conexión del control.....	110
Figura 69. Sensor óptico RGB.....	111
Figura 70. Relé de 8 pines.....	112
Figura 71. Pedal pulsador FR.5.....	112
Figura 72. Eje finalizado.....	116
Figura 73. Molde de madera de placas laterales.....	118
Figura 74. Placa lateral finalizada.....	118
Figura 75. UHM Polietileno.....	120
Figura 76. Rodillo terminado.....	120
Figura 77. Molde en madera de brazo de presión.....	122
Figura 78. Brazo de presión terminado.....	123
Figura 79. Modelo ensamblado de etiquetadora de botellas.....	123
Figura 80. Ubicación del papel.....	124
Figura 81. Tension y alineacion del rollo de papel.....	124
Figura 82. Ubicación de la botella en la maquina.....	125

Figura 83. Ubicación del brazo de presión sobre botella.....125

Figura 84. Alineación del papel durante etiquetado.....126

Figura 85. Prueba de etiquetado de botellas.....127

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Especificaciones técnicas etiquetadora de botella tipo control por motor paso a paso.....	52
Tabla 2. Especificaciones técnicas de etiquetadora de botella activada por pedal pulsador y sensor de etiqueta de precisión.....	53
Tabla 3. Especificaciones técnicas etiquetadora de botella activada por pulsador y control de etiquetado por el operario.....	55
Tabla 4. Análisis del parámetro de economía para las alternativas.....	56
Tabla 5. Cálculo de velocidad.....	61
Tabla 6. Cálculo de fuerza máxima.....	61
Tabla 7. Cálculo de la potencia.....	62
Tabla 8. Cálculo del Se.....	65
Tabla 9. Análisis del eje principal.....	66
Tabla 10. Cálculo del parámetro mínimo del eje.....	67
Tabla 11. Medidas eje principal.....	67
Tabla 12. Condiciones de estudio del eje principal.....	68
Tabla 13. Cálculo rodillo tensor 1.....	71
Tabla 14. Cálculo del Se.....	71
Tabla 15. Análisis del eje tensor 1.....	72
Tabla 16. Cálculo para diámetro mínimo del eje.....	72

Tabla 17. Medidas eje tensor 1.....	73
Tabla 18. Condiciones del estudio.....	73
Tabla 19. Cálculo de fuerzas rodillo tensor 2.....	76
Tabla 20. Cálculo del Se.....	76
Tabla 21. Análisis del eje tensor 2.....	77
Tabla 22. Cálculo para diámetro mínimo del eje.....	78
Tabla 23. Medidas eje tensor 2.....	78
Tabla 24. Condiciones del estudio.....	79
Tabla 25. Calculo de fuerzas rodillo tensor 3.....	81
Tabla 26. Cálculo del Se.....	81
Tabla 27. Análisis del eje tensor 3.....	82
Tabla 28. Cálculo para el diámetro mínimo del eje.....	83
Tabla 29. Medidas eje tensor 3.....	83
Tabla 30. Condiciones del estudio.....	84
Tabla 31. Fuerzas sobre el brazo de presión.....	86
Tabla 32. Condiciones del estudio del eje principal.....	86
Tabla 33. Cálculo del Se.....	87
Tabla 34. Análisis del eje del brazo.....	89
Tabla 35. Cálculo para diámetro mínimo de eje del brazo.....	90
Tabla 36. Medidas eje del brazo.....	90
Tabla 37. Condiciones del estudio.....	91
Tabla 38. Cálculo del Se.....	93

Tabla 39. Análisis del eje base de botella.....	93
Tabla 40. Cálculo para diámetro mínimo del eje base de botella.....	94
Tabla 41. Medidas eje base de botella.....	94
Tabla 42. Condiciones del estudio.....	95
Tabla 43. Datos iniciales cálculo de transmisión.....	97
Tabla 44. Cálculo diámetro del sprocket y fuerza de cadena.....	97
Tabla 45. Condiciones del estudio.....	101
Tabla 46. Condiciones del estudio.....	103
Tabla 47. Duración del rodamiento pequeño de bolas.....	107
Tabla 48. Presupuesto de construcción.....	108
Tabla 49. Características fresadora Induma.....	113
Tabla 50. Características torno Leblond.....	114
Tabla 51. Características del taladro.....	114
Tabla 52. Plano de los ejes.....	115
Tabla 53. Hoja de ruta para el proceso de fabricación de los ejes.....	116
Tabla 54. Plano placa lateral derecha.....	117
Tabla 55. Hoja de ruta para el proceso de fabricación de las placas laterales.....	119
Tabla 56. Plano rodillo.....	120
Tabla 57. Hoja de ruta para el proceso de fabricación del rodillo.....	121
Tabla 58. Plano brazo de presión.....	122
Tabla 59. Hoja de ruta para el proceso de fabricación del brazo.....	122

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Planos.....	131

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE ETIQUETADORA DE BOTELLAS\*

**AUTOR:** MAYRA ANDREA GOMEZ GUERRERO  
MANUEL DARIO VARGAS ARCOS\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Maquina etiquetadora, velocidad, potencia automatización.

### CONTENIDO:

El presente proyecto de trabajo de grado tiene como fin diseñar y construir un prototipo de maquina etiquetadora de botellas, el cual permite aumentar la productividad de las empresas dedicadas al envasado de sus productos en botellas con su respectiva calidad del etiquetado, mediante la disminución del tiempo y espacio físico destinado al proceso de etiquetado y mejoramiento de las condiciones físicas del operario en la empresa.

En este trabajo de grado, se encontrara la información pertinente sobre el marco teórico correspondiente sobre las diversas etiquetadoras existentes, las diferentes clases de etiquetado, la importancia de la etiqueta y el etiquetado en los envases de alimentos, también los requerimientos utilizados para la debida automatización en la maquina etiquetadora de botellas y su ubicación correspondiente de las piezas utilizadas para dicho control.

Además, Se especificaran las condiciones de diseño de este equipo, presentándolas de forma clara y entendible desde los cálculos básicos a partir de los diferentes manuales utilizados, el diseño CAD y CAE con su respectivo análisis de esfuerzos para determinar un factor de seguridad adecuado, luego pasando por la fabricación y construcción de cada pieza, el respectivo ensamblaje de la maquina etiquetadora, las pruebas de funcionamiento observando el cumplimiento de los objetivos estipulados y el mantenimiento del equipo.

Por último se encontraran los anexos de todos los componentes requeridos para el diseño del equipo con sus respectivos planos.

---

\*Proyecto de grado.

\*\* Facultad de ingenierías fisicomecanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Isnardo Gonzalez Jaimes.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF LABELING BOTTLES\*

**AUTOR:** MAYRA ANDREA GOMEZ GUERRERO

MANUEL DARIO VARGAS ARCOS\*\*

**KEYWORDS:** bottle labeler machine, velocity, potency, automation.

### CONTENTS:

This draft undergraduate work aims to design and build a prototype bottle labeling machine, which can increase the productivity of companies dedicated to the packaging of its products in bottles with their respective quality labeling, by reducing the time and physical space for the labeling process and improvement of the physical condition of the worker in the company.

In this paper grade, relevant information on the appropriate framework for the various existing labeling, the different types of labeling, the importance of the label and labeling on food packaging was found, also the requirements used for the proper automation in the bottle labeling machine and its corresponding location of the parts used for that control.

In addition, the design conditions of this team, presenting a clear and understandable way from the basic calculations from the different manuals used, the CAD and CAE with its own stress analysis to determine an appropriate safety factor be specified, then through manufacturing and construction of each piece, the respective labeling machine assembly, test operation by monitoring compliance with the stated objectives and the maintenance of equipment.

Finally the Annexes of all the components required for the design of equipment with their respective planes were found.

---

\*Graduate work.

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. Mechanical Engineering School.  
Director: Ing. Jaimes Gonzalez Isnardo

## INTRODUCCION

El etiquetado de botellas está cobrando un mayor protagonismo por parte de las empresas.

A lo largo del tiempo se ha vuelto indispensable que la mayoría de los productos, que son consumidos a diario, cuenten con la información suficiente para poder identificarlos plenamente, entre un producto y otro y saber de dónde provienen, de esta manera el cliente cuenta con la información necesaria para saber qué producto se adquirirá y consumirá.

Comúnmente, la información necesaria de un producto viene incluida en una etiqueta, de esta manera se podrán conocer distintos datos que resultan muy útiles a la hora de elegir entre un producto similar a otro.

El etiquetado de un producto indica ofrecer soluciones para la decoración, identificación del producto. La tendencia actual, ha centrado su atención en la etiqueta como uno de los instrumentos de mercadeo de producto más importantes.

Las etiquetas de producto son a menudo herramientas para crear impresiones duraderas que promueven la imagen de la marca y dan un toque personal. La información de la etiqueta constituye un medio primario por el que los consumidores diferencian entre productos individuales y marcas a la hora de hacer elecciones de compra.

El proceso de automatización en el etiquetado de botellas conlleva a una mejora en la producción, además el aumento en la calidad del etiquetado y la precisión con que la etiqueta se adhiere a la botella en el lugar indicado. Estas mejoras promueven una mejor imagen del producto terminado ayudando a un incremento en las ventas.

Para el desarrollo de este proyecto se siguió la metodología del análisis de los requerimientos para posteriormente realizar un diseño y construcción de la máquina, haciendo uso intensivo de la tecnología CAD y CAE.

## **1. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

### **1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

Las empresas del sector alimentario, dedicadas a la elaboración de vinagres y esencias presentan en su línea de producción, en la parte de etiquetado de las botellas una demora, debido a que este proceso se lleva a cabo de forma manual, esto es, botella por botella, que se etiqueta con pegante y una tirilla; esto causa acumulación de producto. En consecuencia, en esta etapa de la línea de producción se está elevando los costos tanto en tiempos muertos como en acumulación de producto.

Además de producir atrasos en la producción, esta falta de sistematizar el proceso de etiquetado, también ocasiona otro problema: el desperdicio de material entre ellos: el papel de etiqueta y el pegante, además se debe tener en cuenta que la presentación de un producto es lo que llama la atención de los consumidores, por ende es importante una mejor presentación del mismo.

En este sentido, este proyecto se orienta a diseñar y construir un prototipo que permita disminuir el tiempo que emplea el operario que etiqueta manualmente. También al sistematizar el proceso se disminuirá el desperdicio de material, lo cual reduciría costos, al tiempo se contribuiría con el ambiente.

**Figura 1.** Etiquetado manual



**Fuente:** <http://www.iberimage.com/es/tematico.jsp?tematico=Madeira&vista=100>

## **1.2 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

Con el fin de contribuir a la misión de la Universidad Industrial de Santander, de atender las necesidades de la sociedad, este trabajo de grado pretende ayudar en el proceso de etiquetado de botellas, bajo los estándares de calidad actuales; aumentando la productividad de las empresas dedicadas al envasado de sus productos en botellas y su respectivo etiquetado, mediante la disminución del tiempo y espacio físico destinado al proceso de etiquetado y mejoramiento de las condiciones de trabajo.

En Colombia se cuenta con una empresa fabricante de este tipo de maquinaria para el etiquetado de botellas, pero sus diseños presentan desventajas en el elevado costo de venta, a pesar de las pocas características con que cuenta la máquina, debido a que es la única empresa productora en el país ubicado en la ciudad de Cali.

Un ejemplo de esto es la etiquetadora envolvente para frascos y botellas cilíndricas semiautomática KM ET50 producida por la empresa colombiana KM LTDA, la cual tiene un costo de \$6.000.000 más IVA.

**Figura 2.** Etiquetadora semiautomática



**Fuente:** [www.kmltda.com](http://www.kmltda.com)

## **1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

### **1.3.1 Objetivo General**

Contribuir con el principio misional de la Universidad Industrial de Santander de dar solución a las diferentes necesidades de la sociedad y de desarrollar proyectos que integren áreas de conocimiento de Ingeniería Mecánica; mediante la adaptación y creación de la tecnología para diseñar y construir un prototipo para etiquetado de botellas en una empresa del sector alimentos de la ciudad de Bucaramanga.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar los sistemas mecánicos de la maquina etiquetadora de botellas.
- Diseñar una maquina etiquetadora de botellas utilizando los diferentes conceptos de la Ingeniería mecánica así como el uso de herramientas software tipo CAD/CAE/CAM.
- Construir un prototipo de maquina etiquetadora de botella para las siguientes especificaciones:
  - ✓ Botella de 20 a 100 mm de diámetro
  - ✓ Ancho de la etiqueta de 50 a 150 mm
  - ✓ Largo de la etiqueta de 20 a 100 mm
  - ✓ Tamaño total del prototipo aproximadamente de 650\*450\*450 mm
  - ✓ Velocidad de etiquetado de 5 botellas por minuto
  - ✓ Automatizando el prototipo en las siguientes funciones: Parada y accionamiento del prototipo y control en la etiqueta.

- Realizar los planos de construcción y ensamble del prototipo de la maquina etiquetadora de botellas en solidworks.

#### 1.4 EMPRESA TIPO

Industrias Princesa y Regis es una empresa dedicada a la producción de vinagres y esencias, ubicada en la ciudad de Bucaramanga Santander, cuya producción se basa en realizar 1200 botellas de producto durante 3 horas de acuerdo al día establecido de producción.

La respectiva empresa cuenta en sus instalaciones las secciones de almacén, bodega, zona de tapado y etiquetado de botellas, zona de llenado y zona de maquinaria como se observa en las siguientes imágenes:

**Figura 3.** Zona de almacén



**Figura 4.** Bodega de empaques



**Figura 5.** Zona de tapado y etiquetado de botellas



**Figura 6.** Zona de mezclado de muestras



**Figura 7.** Zona de maquinaria



**Figura 8.** Bodega de producción



## 2. MAQUINAS ETIQUETADORAS

En la industria de envases se utilizan diferentes tipos de máquinas etiquetadoras. Existen algunas similitudes en la manera cómo funcionan las máquinas y en los tipos de trabajo que desempeñan. Sin embargo, la diversidad de productos y envases en los que se aplican las etiquetas requieren diversos tipos de materiales para etiquetas, adhesivos y métodos de aplicación de la etiqueta.<sup>1</sup>

Las máquinas etiquetadoras completamente automáticas se utilizan en el envasado de alta velocidad. Las máquinas semiautomáticas se pueden utilizar en líneas cortas o más lentas. Los aplicadores de etiquetas pequeños, se pueden utilizar para la producción de muestras y otras líneas cortas. Los equipos de impresión y aplicación imprimen etiquetas en línea y las aplican en la medida que es necesario.

**Figura 9.** Máquina etiquetadora SERIE ES1



**Fuente:** <http://equitek.com.mx/equipos/SerieES1/28.php>

<sup>1</sup> KRÄMER, Klaus. The perfect labeler [online]. KHS Journal, 3er edition 2008. Available from internet: <[http://www.khs.com/fileadmin/khs/global/media/content/journal/KHS\\_Journal\\_03-2008\\_en.pdf](http://www.khs.com/fileadmin/khs/global/media/content/journal/KHS_Journal_03-2008_en.pdf)>.

## **2.1 TIPOS DE MAQUINAS ETIQUETADORAS**

Su clasificación se da dependiendo de la forma de etiquetado.

### **2.1.1 Maquina etiquetadora modular<sup>2</sup>**

Las etiquetadoras modulares son verdaderos multitalentos ya que sirven igualmente para el etiquetado con adhesivo frío, caliente y para las etiquetas autoadhesivas. Gracias a su construcción modular es posible configurar las máquinas de utilización universal a partir de grupos constructivos individuales.

Los conjuntos de adhesivo frío o caliente, o los dispensadores de etiquetas autoadhesivas se acoplan a la máquina base según las necesidades.

En caso de un cambio del proceso de etiquetado los conjuntos tapado y etiquetado pueden ser intercambiados sencillamente. Además, se puede trabajar en paralelo con conjuntos de adhesivo frío y dispensadores, o cambiar después de un intervalo libremente determinable a otro tipo de etiquetado. Las etiquetadoras modulares existen con diferentes tamaños constructivos aptos para todas las gamas de rendimientos. La forma constructiva compacta hace que estas máquinas ocupen poco espacio y sean perfectamente accesibles desde todos los lados. La concepción de estas máquinas permite sobre todo en producciones con frecuentes cambios de decoración, un aumento significativo de la rentabilidad generando un sensible ahorro de costos para el usuario.

---

<sup>2</sup> Etiquetadoras Modulares de KRONES. KRONES, alemania 2009. Available from internet: <<http://www.krones.com/es/products/llenado/etiquetadorasmodulares.php?userLanguage=es&country=Spain&countryCode=es>>

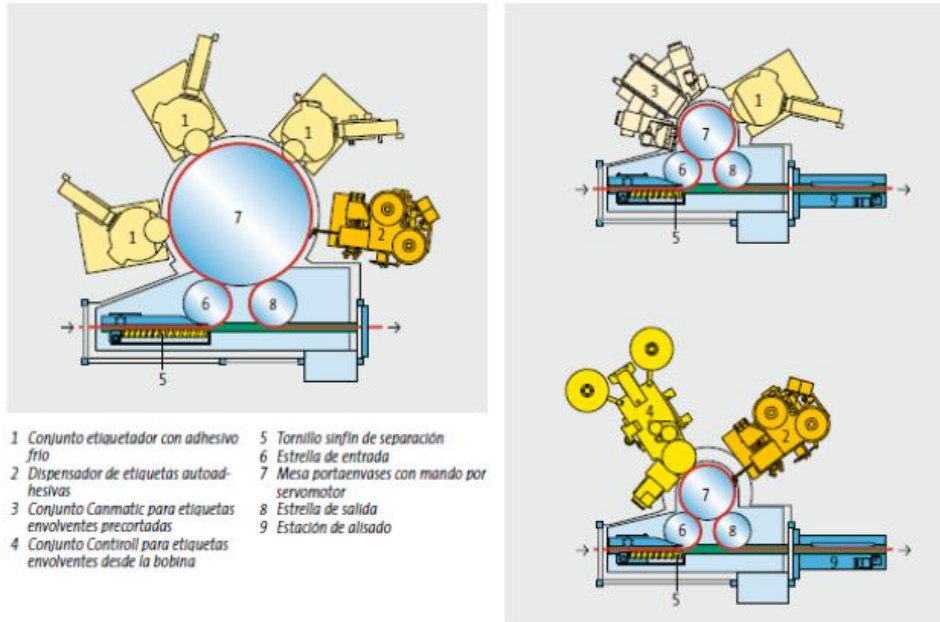
**Figura 10.** Máquina Etiquetadora Modular



**Fuente:** <http://www.krones.com>

Las etiquetadoras modulares pueden ser equipadas con varias estaciones de etiquetado del mismo tipo o diferentes. Las diferentes estaciones se encuentran anclados en el bastidor base de la máquina siendo intercambiados simplemente cuando se necesitan. Estas estaciones se encuentran equipados cada uno con un accionamiento por separado que se encuentra electrónicamente acoplado al accionamiento principal. La máquina base compacta es fácilmente accesible al no encontrarse montada en un tablero convencional. En la mesa cada uno de los porta envases es accionado por un servomotor mandado por ordenador. Los giros de las botellas necesarios para el alisado de las etiquetas mediante rodillos siguen un programa determinado. Por esta razón durante el cambio a otra decoración no es necesario sustituir ninguna curva mecánica. El etiquetado frío, el caliente y la decoración con etiquetas autoadhesivas, pueden ser realizados en una sola mesa porta envases.

**Figura 11.** Estaciones de Etiquetado en una Máquina Modular



**Fuente:** <http://www.krones.com>

Las máquinas pueden ser adaptadas con facilidad a otros formatos de envases y de etiquetas. Cuando resulta necesario cambiar una de las estaciones de etiquetado, primero este se baja por motor hasta el suelo y a continuación el conjunto es conducido sobre rodillos fijamente montados hacia el lugar de almacenado. La nueva estación de etiquetado también es conducido a la máquina sobre rodillos y levantado de forma motorizada.

Debido a un acoplamiento ajustable en altura, cada conjunto puede ser posicionado independientemente de la altura del transportador o de eventuales irregularidades en el suelo. La altura ajustada del conjunto es reproducible por selección de tipos para futuros cambios de formato. Lo único que queda por hacer es enchufar o soltar las conexiones eléctricas y neumáticas.

### 2.1.2 Maquina etiquetadora rotativa

Las etiquetadoras rotativas de adhesivo frío se destacan por una variable construcción de forma ampliable, múltiples posibilidades de utilización y una gran disponibilidad. Estas máquinas tienen un nivel de calidad sin parangón. Trabajan con precisión y fiabilidad bajo todos los aspectos, pueden manejarse sencillamente y ajustarse rápidamente a otros formatos de envases o de etiquetas. Además impresionan por preservar su valor y pueden también reequiparse o actualizarse con facilidad si un día cambia su programa de productos.

**Figura 12.** Etiquetadora Rotativa



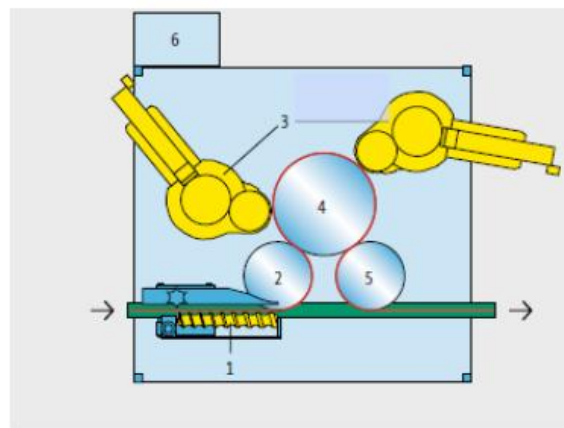
**Fuente:** <http://www.krones.com>

Las etiquetadoras de adhesivo frío sirven para decorar botellas de vidrio y de plástico, tarros y envases de forma especial con etiquetas de los más diversos tipos. Decoran los envases con etiquetas de cuerpo y de hombro, con contra etiquetas, collarines envolventes, etiquetas envolventes, precintos para cierres de

abrazadera y de protección de taponado, con sellos de calidad y tiras diagonales, collarines tipo champán, medallones, hoja de aluminio/estaño o precintos fiscales en forma de I o L. Debido a la gran gama de posibles decoraciones, las máquinas sirven para todos los deseos imaginables de etiquetado con adhesivo frío.

La estrella de entrada entrega los envases a la mesa porta envases que gira. Es aquí donde se fijan y centran entre los porta envases y las tulipas de centrado. En cada conjunto de etiquetado las paletas encoladoras recubiertas de goma reciben una finísima capa de adhesivo a través del rodillo encolador de acero templado, toman las etiquetas del almacén y aplicándoles una capa de adhesivo las traspasan al cilindro de transferencia, que las posiciona con precisión en los envases que pasan en la mesa porta envases en donde las etiquetas son fijadas y alisadas mediante cepillos y rodillos con esponjas. Los envases etiquetados son tomados por la estrella de salida y entregados al transportador.<sup>3</sup>

**Figura 13.** Estaciones de Etiquetado de una Etiquetadora Rotativa



- |                                 |                                                |
|---------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 Tornillo sinfin de separación | 4 Mesa portaenvases                            |
| 2 Estrella de entrada           | 5 Estrella de salida                           |
| 3 Conjuntos de etiquetado       | 6 Armario de distribución con tablero de mando |

**Fuente:** <http://www.krones.com>

<sup>3</sup> Etiquetadoras de adhesivo frío de KRONES. KRONES, Alemania, Septiembre 2009. Available from internet: <<http://www.krones.com>>.

Información Técnica de la Estación de Etiquetado en Frío:

- Sistema de funcionamiento sincrónico: El carrusel de paletas y el cilindro de transferencia giran en el mismo sentido.
- Mando de las paletas mediante rodillo de leva movido en un baño de aceite
- Rodillo encolador de acero templado en combinación con paletas recubiertas de goma
- Alojamiento libre de juego del rodillo encolador y de los ejes de paletas y debido a ello poco desgaste
- Ajuste continuo de la capa de adhesivo en el rodillo encolador con rosca fina e indicador de referencia mediante el desarrollo oscilante del movimiento de las paletas encoladoras, garantiza un elevado estándar higiénico y un esfuerzo reducido de las etiquetas.
- Hygienic Design (diseño higiénico): superficies inclinadas en el fondo
- Opcional: Ejecución del conjunto ajustable en altura

### **2.1.3 Maquina etiquetadora lineal**

Las etiquetadoras lineales tienen un transportador motorizado perfilado en aluminio anodizado, creado por CDA, con cadena transportadora de platillos en resina acetálica de 82.5 mm de ancho. Guías laterales en acero inoxidable de Ø 12 mm; regulables en anchura para permitir el paso de productos de hasta 110 mm de ancho. Según el tipo de producto por etiquetar, un sistema de selección por cilindro neumático o por sin fin regulado por variador de frecuencia, está instalado en entrada del transportador para cadenciar los productos.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> CDA, Chabot Delrieu Associes. Francia 1991. Available from internet: <<http://www.cdafrance.com>>

### 2.1.3.1 Según configuración deseada de la maquina etiquetadora lineal:

- Una mesa de recolección cuadrada está instalada al fin del transportador
- Un sistema de transferencia de productos está montado al fin del Transportador

**Figura 14.** Máquina etiquetadora lineal modelo NIN ETIK



**Fuente:** [http://www.com /Cdafrance/](http://www.com/Cdafrance/) modelo NIN ETIK

### 2.1.3.2 Etiquetado

- Una estación de etiquetado para aplicar etiquetas equipada con:
  - Un cabezal dispensador de etiquetas
  - Un cabezal dispensador de contra etiquetas
  - Regulación manual de la altura de etiquetado
- Regulación manual de la altura de etiquetado
- Control y gestión de los parámetros de la máquina por pantalla táctil
- Avance de la banda de etiquetas por motor de corriente continúa
- Cadencia de producción hasta 800 productos/hora según diámetro y tipo de etiquetado.

### 2.1.3.3 Opciones

- Fotocélula de detección para posicionar una etiqueta adicional en productos ya etiquetados
- Fotocélula de detección de muesca para posicionar etiquetas en envases con muesca
- Extensión de transportador
- Marcado de etiquetas por chorro de tinta (ink-jet)
- Sensor para la detección de etiquetas transparentes
- Sistema para alisar sellos de garantía

### 2.1.3.4 Dispensador de etiquetas

Es un sistema encargado de mantener tensionado la etiqueta, de controlar la velocidad de salida y de controlar la altura de la etiqueta mediante la utilización de rodillos y bobinas antes de ser aplicados al producto.

**Figura 15.** Cabezal de etiquetado de una etiquetadora lineal



**Fuente:** <http://www.cdafrance.com>

## 2.2 ETIQUETAS

Las etiquetas son parte importante del diseño de un envase y ayudan en la comercialización y venta de los productos. Las etiquetas posibilitan que los envasadores utilicen los mismos envases. Para diferentes productos, ya que es relativamente fácil cambiar las etiquetas, además, al utilizar un envase genérico se evita la necesidad de almacenar grandes cantidades de envases pre impreso. Las etiquetas pueden contener imágenes y decoraciones para hacer más atractivo el envase.

**Figura 16.** Etiquetados de Botellas



**Fuente:** <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)

De igual manera pueden mostrar al consumidor información relativa al producto, como pueden ser el contenido o las características de éste. Proporcionan información nutrimental e ingredientes de los alimentos, información de las dosis cuando se trata de medicamentos, etc. También se imprimen notas de advertencia relativas al uso, manejo y aplicación del producto.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> CRUZ, Hiram. El Etiquetado. [cited 27 nov. 2008]. Available from internet: <<http://es.scribd.com/doc/8465256/El-Etiquetado#scribd>>.

### 2.2.1 Tipos de etiquetas

Las etiquetas se fabrican en una gran variedad de tamaños, formas, diseños, materiales y adhesivos. Las etiquetas pueden estar hechas de papel, plástico, papel metalizado o laminado. Pueden estar grabadas o impresas, se ubican en diversas posiciones en los envases o productos que pueden ser grandes o pequeños.

#### ➤ Etiquetas Autoadhesivas

**Figura 17.** Etiquetas Autoadhesivas



**Fuente:** <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)

Se ubican en cualquier superficie del envase. Estas etiquetas pueden ser aplicadas manualmente o con máquina etiquetadora ya que su presentación es en rollo. Un envase tiene etiquetas localizadas en la parte frontal, trasera, el cuello y/o en la parte superior. De igual manera, estas etiquetas se colocan casi en cualquier cara de una caja. Los sellos fiscales (marbetes) ubicados en la parte superior de

los envases de las bebidas alcohólicas y paquetes de cigarros también son etiquetas autoadheribles.

### ➤ **Etiquetas Cilíndricas**

**Figura 18.** Etiquetas Cilíndricas



**Fuente:** <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)

Se enrollan completamente en el envase. Las etiquetas se sobreponen intencionalmente con adhesivo. Este se aplica en los bordes para fabricar el sello.

Frecuentemente se utilizan en latas y botellas, pero también se utilizan en cajas y otros envases. Algunos productos alimenticios embotellados las utilizan como sello para tapas.

### ➤ **Etiquetas de Mangas**

Se colocan en la botella y fijarlas en su lugar, estirando o contrayendo el material elástico con el que fueron hechas. Otra aplicación de estas etiquetas es el sello de

seguridad que se utiliza en botellas de medicamentos y en algunos otros productos alimenticios.

**Figura 19.** Etiquetas de Mangas



Fuente: <http://www.metrolabel.com/es/shrink-sleeve-labels/>

➤ **Etiquetas Termoencogibles**

**Figura 20.** Etiquetas Termoencogibles



Fuente: <http://www.karlville.com/es/store/index.php?CategoryID=8>

“Estas etiquetas son utilizadas en envases de plástico, vidrio, latas de aluminio, etc., dándole una excelente imagen al producto a través de un material altamente brillante, impreso con imágenes y textos en 360 grados; lo cual maximiza la imagen de marca y su superficie, facilitando la segmentación del producto hacia un determinado público objetivo. De esta forma, se logra una clara diferenciación sobre los productos de la competencia, y además, las etiquetas termo contraíbles tienen la capacidad de contraer hasta poco más de un 70%, logrando adaptarse a las curvas de cada envase.<sup>6</sup>”

➤ **Etiqueta de Bopp**

**Figura 21.** Etiquetas de Bopp



**Fuente:** <http://www.packsys.com/blog/bopp/>

La característica principal de este material es la barrera de protección contra la humedad, para lograr un mayor tiempo del producto en anaquel el BOPP se combina con otras películas como el poliéster, polietileno o papel, alta transparencia y brillo, fácil de procesar (impresión, laminación).

Los productos más específicos de bopp son transparentes, blancos y metalizados.

---

<sup>6</sup> VIDALES, María Dolores. El mundo del envase. México: Azcapotzalco, 2003. Pág. 29-31.

## **2.3 ADHESIVOS PARA ETIQUETAS**

La selección de adhesivos puede ser especialmente importante para las etiquetas que se colocan en botellas diseñadas para ser lavadas y vueltas a utilizar, ya que el adhesivo debe sostener la etiqueta con fuerza pero de forma tal que no sea difícil retirarla, ya que no debe dejar residuos en los envases.

La elección adecuada de un adhesivo depende de los siguientes factores:

- Material y estilo de etiqueta.
- Características del envase.
- Requisitos de la máquina etiquetadora.
- Condiciones bajo las que se almacenan los envases.

### **2.3.1 Tipos de adhesivos**

- Adhesivos líquidos fríos.
- Adhesivos fundidos.
- Adhesivos sensibles a la presión.
- Adhesivos sensibles al calor.

### **2.3.2 Ubicación de las etiquetas**

La colocación de las etiquetas se realiza a través de máquinas especializadas, previamente programadas con la información suficiente para poder ser pegadas a cierta altura y con el cuidado necesario para que éstas no presenten arrugas o daños.

Las etiquetadoras se encargan de colocar las etiquetas de la siguiente manera:

- Etiqueta frontal: Este tipo de etiqueta se coloca en una parte del envase al frente, ya sea en la parte superior, media o inferior de éste.
- Etiqueta envolvente: Cubre completamente los laterales de un envase y sus bordes se recubren con costuras o adhesivos.
- Etiquetas retráctiles: Son etiquetas que cuentan con cierta flexibilidad y que al ser colocadas al envase se adhieren por encogimiento del material elástico del cual están hechas.

### **3. DISEÑO CONCEPTUAL**

#### **3.1 REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR**

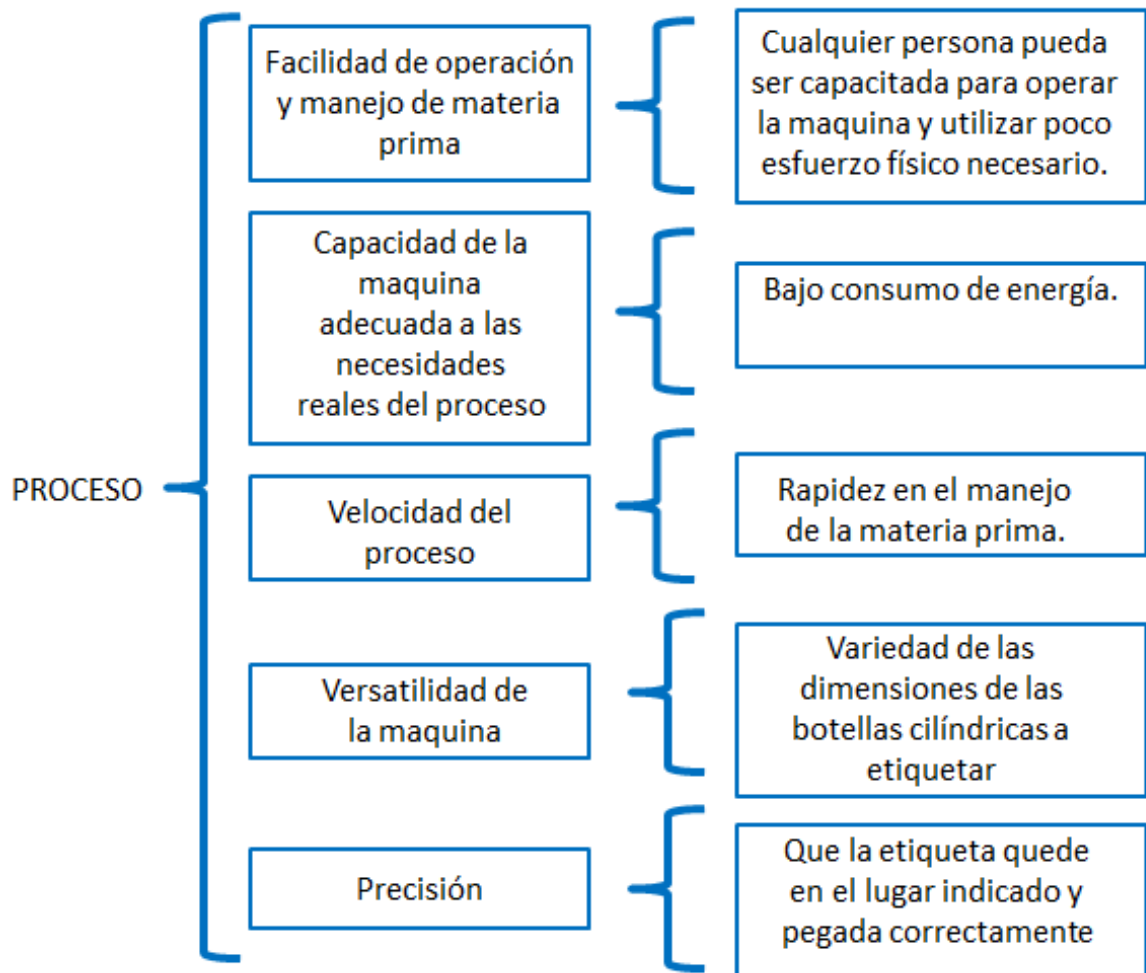
En el siguiente listado se establecen las demandas básicas de los interesados en la maquina etiquetadora de botellas:

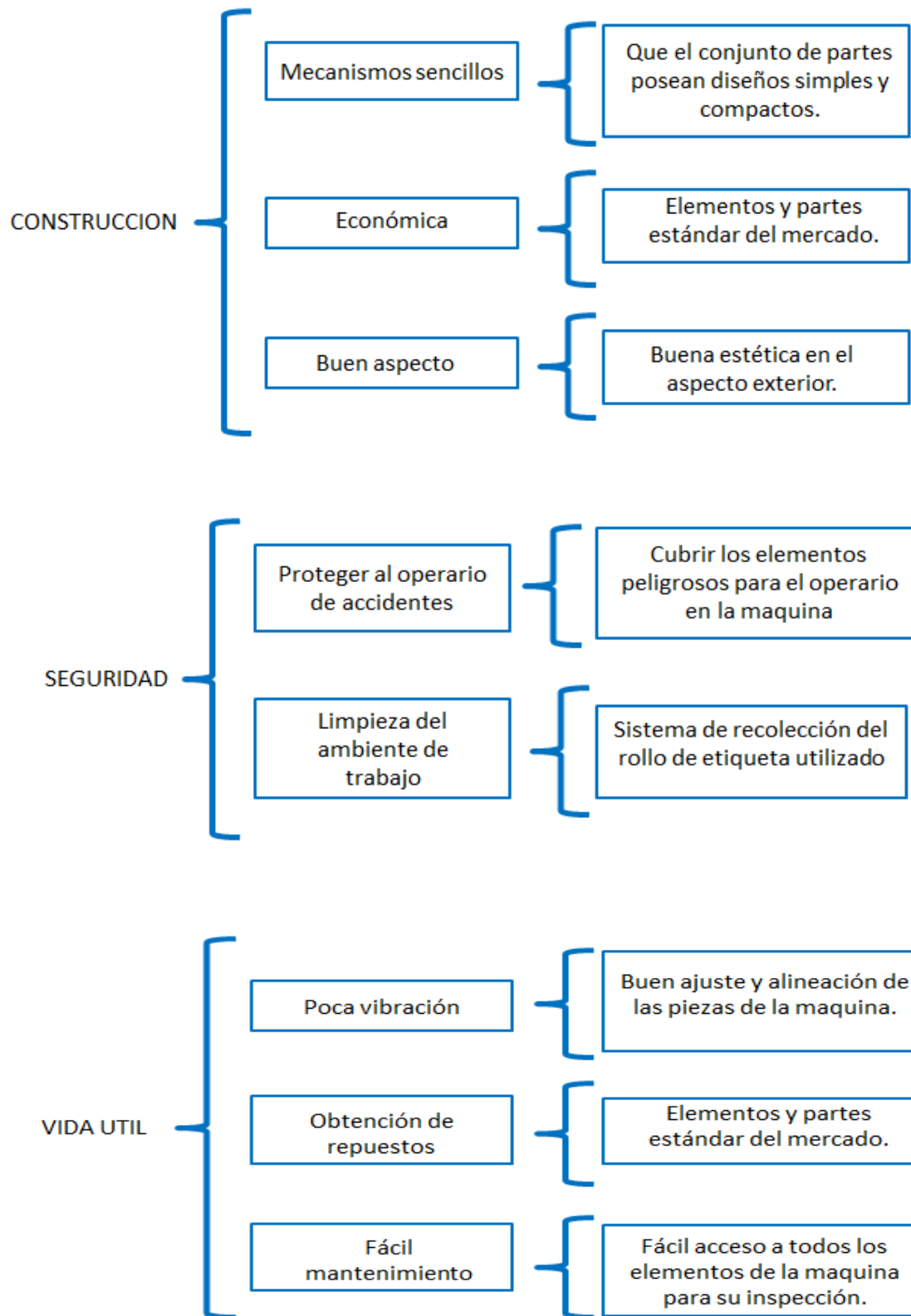
- ✓ Económica
- ✓ Bajo consumo de energía
- ✓ Ocupe poco espacio físico
- ✓ Seguridad para el operario
- ✓ Facilidad en el manejo de materia prima
- ✓ Etiquetados precisos
- ✓ Limpieza en el ambiente de trabajo
- ✓ Relativamente liviana
- ✓ Vida útil prolongada
- ✓ Bajo costo de mantenimiento
- ✓ Poca vibración
- ✓ Buen aspecto de la maquina
- ✓ Fácil consecución de repuestos

##### **3.1.1 Organización de Requerimientos del consumidor**

Con el uso de un método asociativo, se organizan los requerimientos en subgrupos de criterios de evaluación cualitativos:

**Figura 22.** Organización de requerimientos





El resultado obtenido de esta organización representa las necesidades y deben introducirse en la matriz de calidad en las celdas verticales, a estas necesidades se les ha asignado un valor que estima su importancia para el consumidor. Sin embargo, en un paso anterior se establecieron los requerimientos del proyecto a través de la lluvia de ideas en los que en los que se relacionan en la parte superior de la matriz de calidad. Es necesario relacionar los requerimientos del proyecto con las necesidades del cliente en el que a través de cierta ponderación se determina su grado de importancia.

### **3.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**

- Mecanismo sencillo
- Potencia adecuada
- Versátil
- Compacto
- Económico
- Ergonómico
- Precisión
- Seguridad
- Cantidad de componentes
- Piezas y herramientas estandarizadas
- Baja vibración

### 3.3 MATRIZ DE CALIDAD

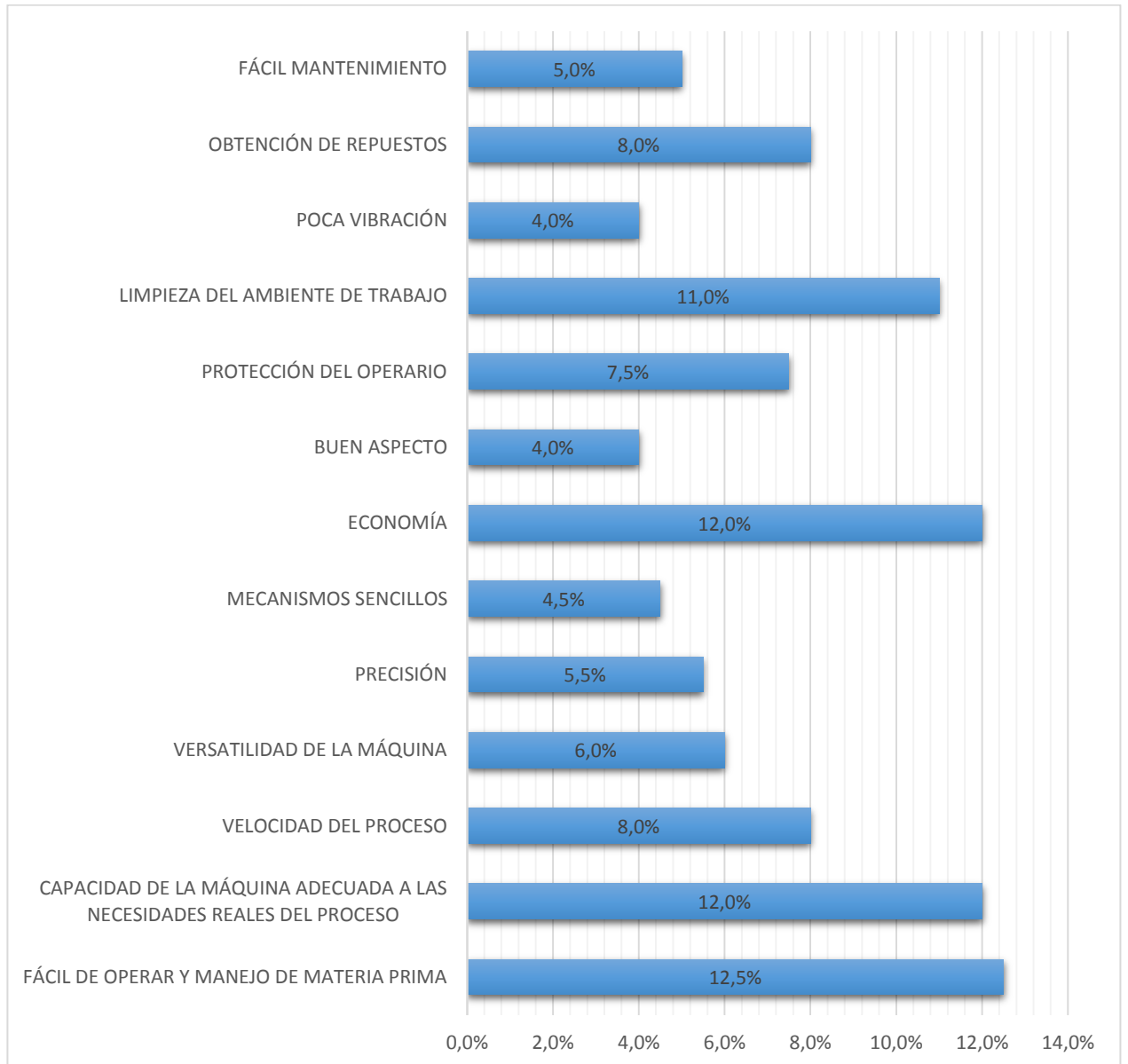
#### Matriz de calidad

Para realizar la matriz de calidad (QFD) se tomaron en cuenta los criterios mas preponderantes tanto del consumidor como del diseñador.

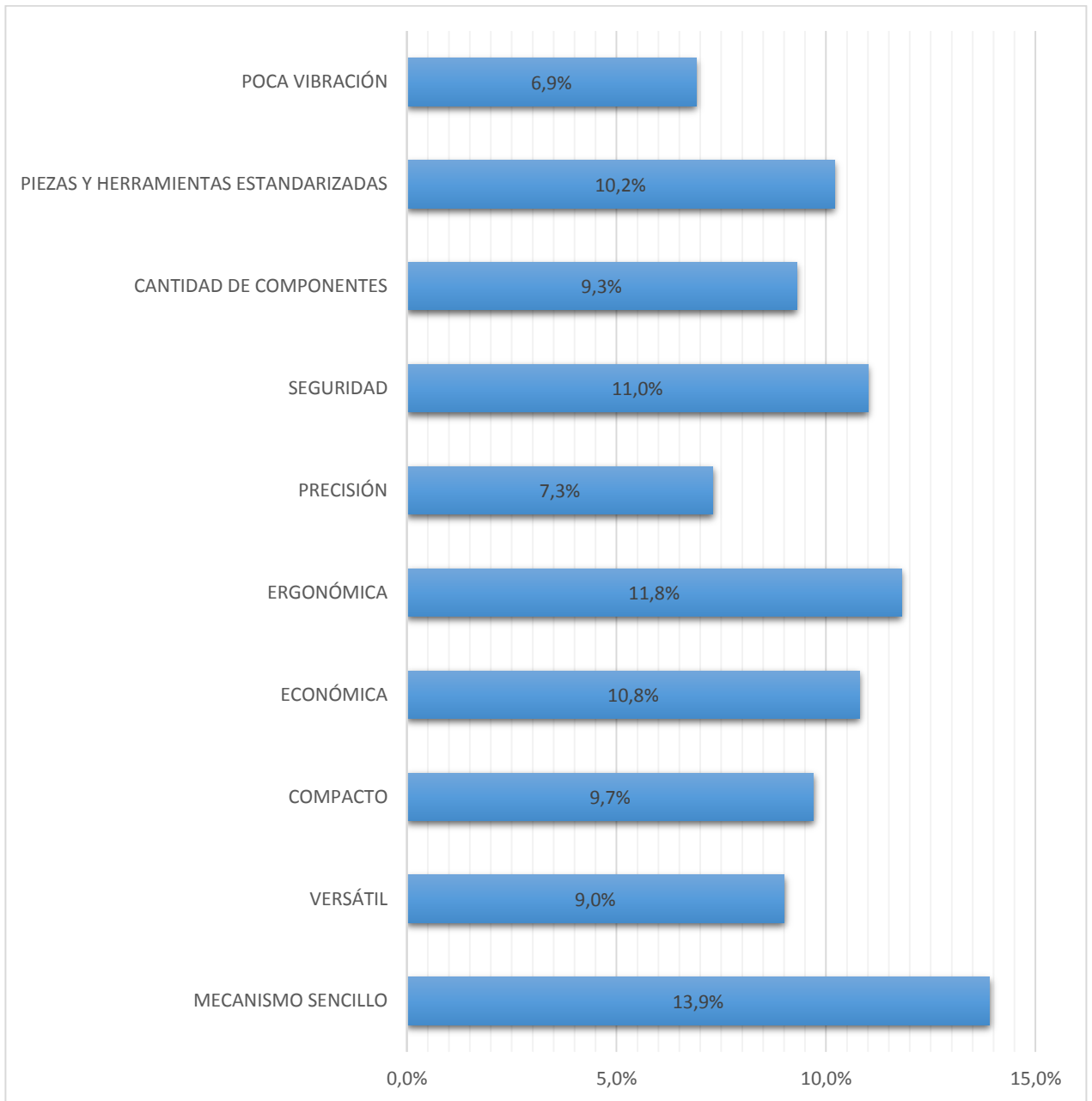
Cuadro 1. Matriz de calidad

MATRIZ DE RELACIONES (QFD)		PARAMETROS DE DISEÑO	MECANISMO SENCILLO	VERSÁTIL	COMPACTO	ECONÓMICA	ERGONÓMICA	PRECISIÓN	SEGURIDAD	CANTIDAD DE COMPONENTES	PIEZAS Y HERRAMIENTAS ESTANDARIZADAS	POCA VIBRACIÓN
NECESIDAD SUPERIOR	NECESIDAD DEL CLIENTE	PESO PONDERADO										
PROCESO	FÁCIL DE OPERAR Y MANEJO DE MATERIA PRIMA	12,5%	9	9	3	3	9	3	9	3	3	1
	CAPACIDAD DE LA MÁQUINA ADECUADA A LAS NECESIDADES REALES DEL PROCESO	12,0%	3	3	9	9	3	3	3	3	3	1
	VELOCIDAD DEL PROCESO	8,0%	1	9	1	1	3	9	3	1	1	1
	VERSATILIDAD DE LA MÁQUINA	6,0%	9	9	3	3	3	1	1	1	3	1
	PRECISIÓN	5,5%	1	3	1	1	1	9	1	1	1	9
CONSTRUCCIÓN	MECANISMOS SENCILLOS	4,5%	9	3	9	9	9	1	3	9	9	9
	ECONOMÍA	12,0%	9	1	9	9	3	3	3	9	9	1
	BUEN ASPECTO	4,0%	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
SEGURIDAD	PROTECCIÓN DEL OPERARIO	7,5%	9	1	1	1	9	1	9	3	1	3
	LIMPIEZA DEL AMBIENTE DE TRABAJO	11,0%	1	1	1	1	9	1	9	1	1	1
VIDA ÚTIL	POCA VIBRACIÓN	4,0%	9	1	1	1	1	1	3	3	1	9
	OBTENCIÓN DE REPUESTOS	8,0%	3	1	1	3	1	1	1	3	9	1
	FÁCIL MANTENIMIENTO	5,0%	9	1	3	9	1	1	1	1	9	9
		100,0%	5,52	3,56	3,83	4,29	4,68	2,89	4,37	3,68	4,05	2,75

**Figura 23. Pareto de las necesidades del cliente**



**Figura 24.** Pareto de los parámetros de diseño

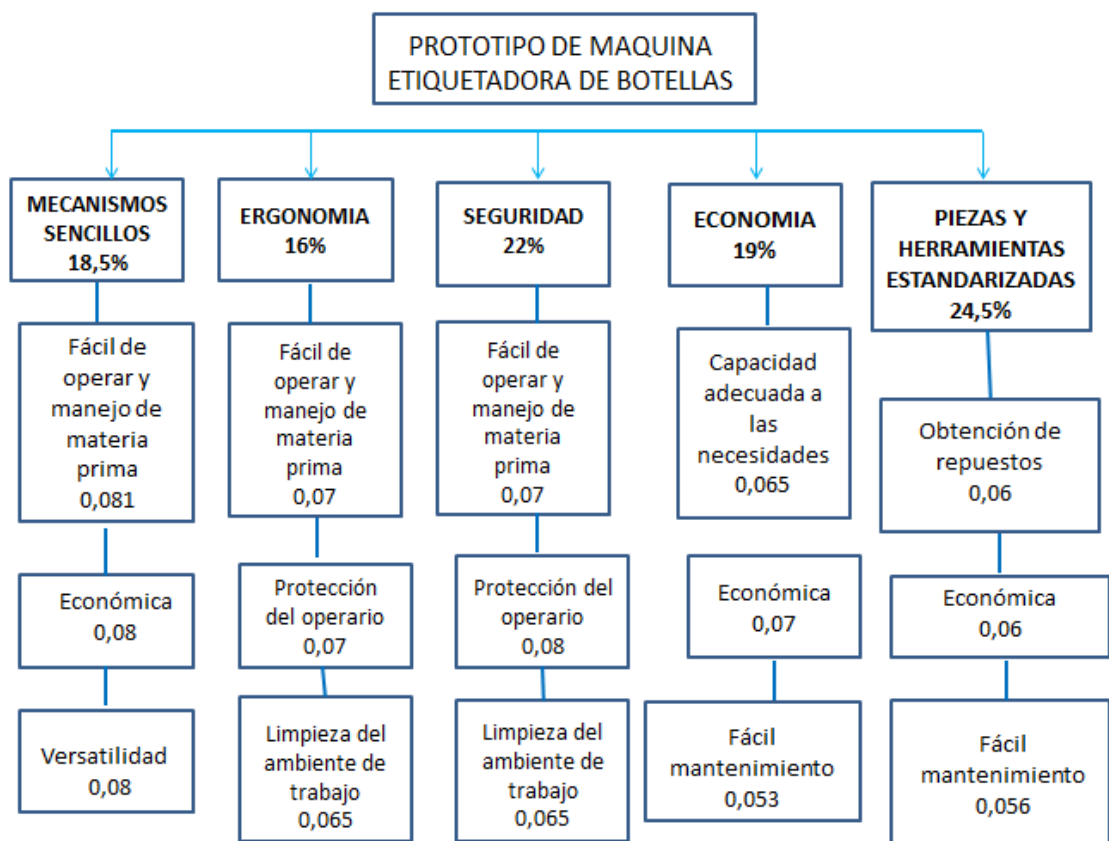


### 3.3.1 Ponderación de resultados para la selección de la solución

Luego de establecer la respectiva matriz de calidad, se procede a ponderar los resultados obtenidos, a fin de definir los requerimientos de diseño esenciales en los cuales se escogen los más importantes para tomar la decisión final de la alternativa más adecuada para desarrollar el proyecto

A continuación se muestran los requerimientos más destacados obtenidos a partir de la matriz de calidad, importantes en el diseño de la maquina etiquetadora de botellas.

**Figura 25.** Ponderación a las alternativas de solución

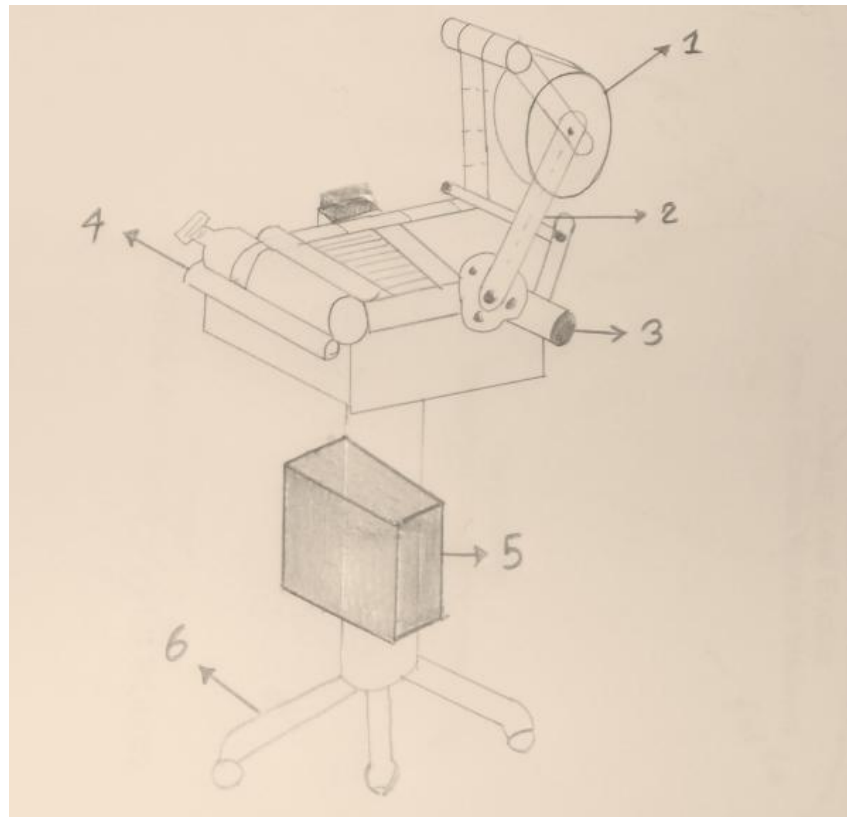


### 3.4 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS

Enseguida se plantean diferentes alternativas de solución, de las cuales se escogerá la que más se ajuste al perfil según los requerimientos del cliente, tomando como referencia algunos modelos existentes.

#### 3.4.1 Alternativa 1: Máquina etiquetadora con control de posición por motor paso a paso y controlador digital

**Figura 26.** Máquina etiquetadora con control de posición por motor paso a paso y controlador digital



Se presenta las especificaciones técnicas de un modelo convencional de maquina etiquetadora de botella tipo control por motor paso a paso.

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas etiquetadora de botella tipo control por motor paso a paso.

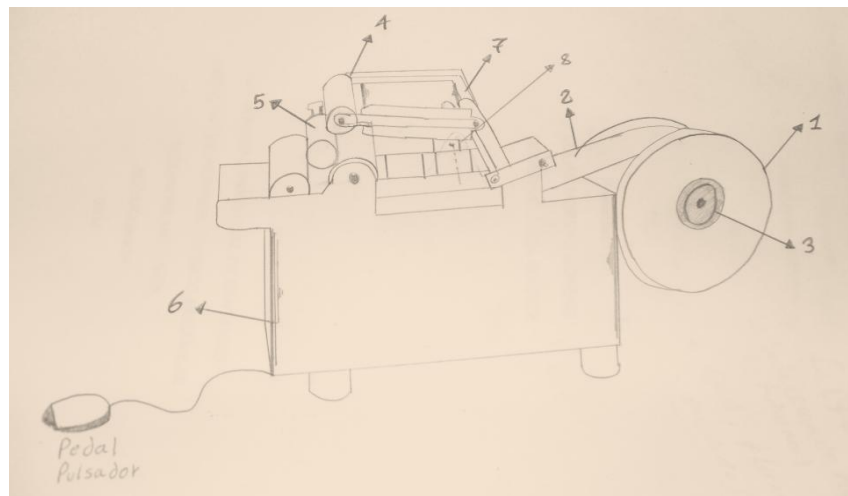
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
ETIQUETAS	25mm DEL ALTURA MINIMA
ENVASES	25 A 160 mm DE DIAMETRO Y DE 70 a 320 mm DE ALTURA
CONTROL	MOTOR PASO A PASO MAS CONTROLADOR DIGITAL
CONEXIÓN ELECTRICA	110 V 1 FASES
DIMENSIONES (largo x ancho x alto)	1200 x 360 x 400mm
PESO	40kg
CABEZAL PARA ETIQUETA	12,5cm DE ALTO HASTA 24 cm
SENSOR	TCS 3210

### 3.4.2 Partes principales que componen la maquina

- 1) Cabezal de cinta: este elemento es el encargado de sostener y dejar que gire el rollo de cinta que trae la etiqueta.
- 2) Estructura base de cabezal: conforma los dos brazos que sostienen el cabezal.
- 3) Estructura: conforma el bastidor donde se ubican y sostienen todos los componentes.
- 4) Rodillos: este elemento se encarga de sostener y girar el envase para su etiquetado.
- 5) Caja de mando: en este elemento se resguardan el motor paso a paso y la tarjeta controladora con sus respectivas conexiones eléctricas.
- 6) Soporte con ruedas: este elemento soporta el peso de todos los componentes y además facilita el transporte de la máquina de un lado a otro.

### 3.4.3 Alternativa 2: Máquina etiquetadora activada por pedal pulsador y sensor de etiqueta de precisión.

**Figura 27.** Máquina etiquetadora activada por pedal pulsador y sensor de etiqueta de precisión.



Se presenta las especificaciones técnicas de un modelo convencional de máquina etiquetadora de botella activada por pedal y sensor de color de precisión.

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas etiquetadora de botella activada por pedal pulsador y sensor de etiqueta de precisión.

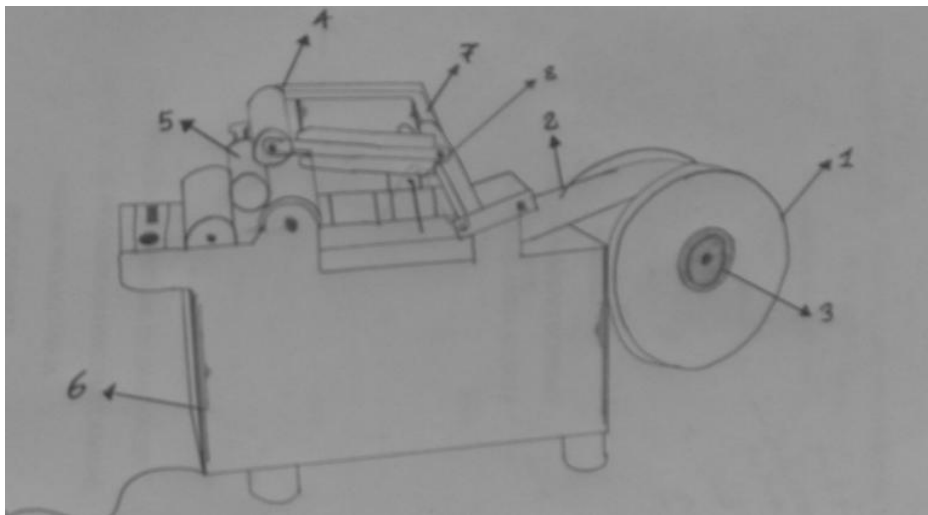
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PRECISION DE LA ETIQUETA	+/- 1mm
ENVASES	10 A 150 mm DE DIAMETRO
ANCHO DE LA ETIQUETA	8-150mm
LARGO DE LA ETIQUETA	15 A 210 mm
DIAMETRO INTERNO DEL ROLLO	76mm
PESO	20kg
DIAMETRO EXTERNO DEL ROLLO	300mm
UNIDADES POR MINUTO	DE 20 A 40 FRASCOS POR MINUTO
TAMAÑO TOTAL	650*450*450 mm
CONSUMO DE ENERGIA	220V,50HZ,120W

### 3.4.4 Partes que componen la maquina

- 1) Cabezal de cinta: este elemento es el encargado de sostener y dejar que gire el rollo de cinta que trae la etiqueta.
- 2) Estructura base de cabezal: conforma el brazo que sostienen el cabezal.
- 3) Eje del cabezal de cinta: permitir la rotación del cabezal de la cinta.
- 4) Rodillo de sujeción: este elemento se encarga de presionar y sostener el envase para su etiquetado.
- 5) Rodillos base: estos se encargan de sostener el envase y darle giro.
- 6) Soporte base: conforma el espacio donde se encuentra el motor, cableado conforma el bastidor donde se ubican y sostienen todos los componentes.
- 7) Brazo base del rodillo de sujeción: permite el desplazamiento de este rodillo en un movimiento parabólico.
- 8) Pedal pulsador.

### 3.4.5 Alternativa 3: Maquina etiquetadora activada por pulsador.

**Figura 28.** Maquina etiquetadora activada por pulsador



Se presenta las especificaciones técnicas de un modelo convencional de maquina etiquetadora de botella activada por pulsador y control de etiqueta por el operario.

**Tabla 3.** Especificaciones técnicas etiquetadora de botella activada por pulsador y control de etiquetado por el operario.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
PRECISION DE LA ETIQUETA	+/- 1mm
ENVASES	10 A 150 mm DE DIAMETRO
ANCHO DE LA ETIQUETA	8-150mm
LARGO DE LA ETIQUETA	15 A 210 mm
DIAMETRO INTERNO DEL ROLLO	76mm
PESO	20kg
DIAMETRO EXTERNO DEL ROLLO	300mm
UNIDADES POR MINUTO	DE 20 A 40 FRASCOS POR MINUTO
TAMAÑO TOTAL	650*450*450 mm
CONSUMO DE ENERGIA	220V,50HZ,120W

### 3.4.6 Partes principales que componen la maquina

- 1) Cabezal de cinta: este elemento es el encargado de sostener y dejar que gire el rollo de cinta que trae la etiqueta.
- 2) Estructura base de cabezal: conforma el brazo que sostienen el cabezal.
- 3) Eje del cabezal de cinta: permitir la rotación del cabezal de la cinta.
- 4) Rodillo de sujeción: este elemento se encarga de presionar y sostener el envase para su etiquetado.
- 5) Rodillos base: estos se encargan de sostener el envase y darle giro.
- 6) Soporte base: conforma el espacio donde se encuentra el motor, cableado conforma el bastidor donde se ubican y sostienen todos los componentes.
- 7) Brazo base del rodillo de sujeción: permite el desplazamiento de este rodillo en un movimiento parabólico.
- 8) Regla de etiqueta.

### 3.5 EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Para la evaluación económica de las alternativas se tiene en cuenta precios aproximados de las maquinas con características.

Para la alternativa 2 ver presupuesto.

Para ver el parámetro de economía se tiene en cuenta una cotización (ver anexo (B)) y su relación con la capacidad de etiquetado y la precisión y calidad del mismo.

**Tabla 4.** Análisis del parámetro de economía para las alternativas.

ALTERNATIVA	PRECIO
Maquina etiquetadora con control de posición por motor paso a paso y controlador digital.	\$7.650.000
Maquina etiquetadora activada por pedal pulsador y sensor de etiqueta de precisión.	\$5.110.000
Maquina etiquetadora activada por pulsador.	\$6.500.000

**Cuadro 2.** Evaluación de alternativas.

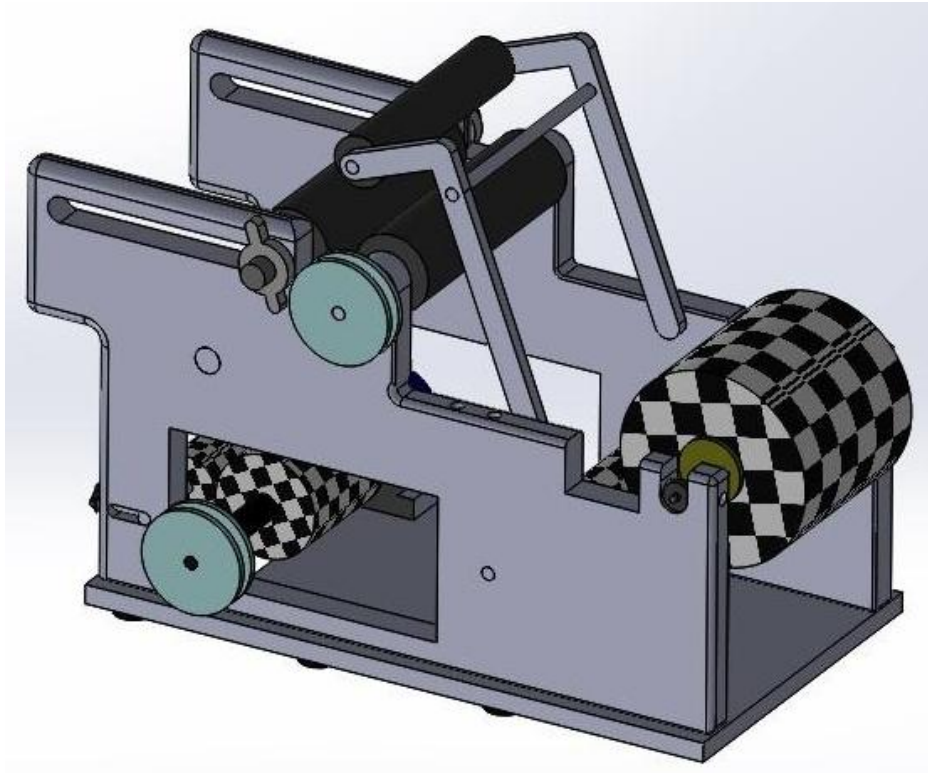
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Criterios de evaluacion	Parametros	Nota	Nota	Nota
<b>Mecanismo sencillo</b>	Facil de operar y manejo de materia prima	3	4	4
	Economica	3	4	4
	Versatilidad	3	4	4
<b>Ergonomia</b>	Facil de operar y manejo de materia prima	4	4	4
	Proteccion del operario	4	4	3
	Limpieza del ambiente de trabajo	4	4	4
<b>Seguridad</b>	Facil de operar y manejo de materia prima	4	4	4
	Proteccion del operario	4	4	3
	Limpieza del ambiente de trabajo	4	4	4
<b>Economia</b>	Capacidad adecuada a las necesidades	3	4	3
	Economica	2	4	3
	Facil mantenimiento	2	4	4
<b>Piezas normalizadas</b>	Obtencion de repuestos	2	3	4
	Economica	3	4	3
	Facil mantenimiento	2	4	3
<b>Nota final</b>		<b>3,1</b>	<b>3,9</b>	<b>3,6</b>

Notas 1 = Deficiente  
5 = Optimo

De nuevo se aplica una ponderación para identificar cuál de las alternativas es la que mejor comportamiento tiene y se llega a la conclusión que la alternativa 2 es la que alcanza mayor puntaje y por lo tanto cumple de manera global con los requerimientos del proyecto.

### 3.6 DISEÑO CONCEPTUAL DEFINITIVO CAD

**Figura 29.** Diseño CAD maquina etiquetadora de botellas



#### 3.6.1 Partes que componen la maquina

- 1) Cabezal de cinta: este elemento es el encargado de sostener y dejar que gire el rollo de cinta que trae la etiqueta.
- 2) Estructura base de cabezal: conforma el brazo que sostienen el cabezal.
- 3) Eje del cabezal de cinta: permitir la rotación del cabezal de la cinta.
- 4) Rodillo de sujeción: este elemento se encarga de presionar y sostener el envase para su etiquetado.
- 5) Rodillos base: estos se encargan de sostener el envase y darle giro.

- 6) Rodillos de tensión: son los encargados de tensionar el rollo de etiquetas durante su proceso.
- 7) Soporte base: conforma el espacio donde se encuentra el motor, cableado conforma el bastidor donde se ubican y sostienen todos los componentes.
- 8) Brazo base del rodillo de sujeción: permite el desplazamiento de este rodillo en un movimiento parabólico.
- 9) Pedal pulsador
- 10) Motor
- 10) Poleas para transmisión

### **3.6.2 Descripción del funcionamiento**

La máquina consiste en una etiquetadora de botellas, el proceso inicia colocando de forma manual una botella sobre los rodillos, luego se baja el brazo cuya función es sujetar la botella para que esta no se corra, al activar el motor lo que hace es hacer girar dichos rodillos y tirar el papel que esta sujetado en eje principal, este papel se encuentra tensionado a través de tres rodillos tensores que permiten que la tensión del papel no se pierda y sea siempre constante, el movimiento ocurre a través de un motor con Pwm cuya transmisión se produce a través de unas poleas dentadas para evitar deslizamiento.

## **4. CALCULO DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA**

En este capítulo se presentan las consideraciones, procedimientos y cálculos realizados para el diseño de la maquina etiquetadora de botellas.

Partiendo de ideas de diferentes maquinas etiquetadoras existentes en el mercado se puede establecer dimensiones para los diversos mecanismos que la componen, las cuales serán verificadas a través de los respectivos análisis de diseño. Una vez definidas las dimensiones del equipo, se pueden calcular todas las cargas en las piezas y los parámetros de funcionamiento, lo que permite realizar la selección de los distintos elementos y del desarrollo mecánico de las partes.

### **4.1 CALCULO DE LA VELOCIDAD**

Para el cálculo de la velocidad es necesario realizar un análisis dinámico conociendo el número de botellas estimado que se piensa etiquetar por minuto y el diámetro de la botella seleccionada para el proceso de etiquetado, partiendo de estos datos se realiza una relación para obtener el resultado de la velocidad de la etiqueta, esta velocidad corresponde a la velocidad tangencial por tanto se puede obtener la velocidad del motor correspondiente para el respectivo proceso.

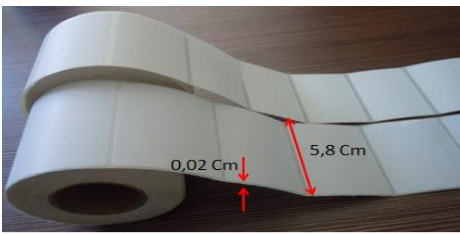
**Tabla 5.** Calculo de la velocidad

CALCULO DE LA VELOCIDAD			
$X_1 * \pi * D = Vel$		$w = \frac{Vel}{r}$	
Variables de entrada			
$X_1$	5	Botellas/min	
D	7	Cm	Diametro
Variables de salida			
Vel	1,83	Cm/seg	Velocidad tang. de la etiqueta
w	7	rpm	Velocidad del motor

## 4.2 CALCULO DE POTENCIA

Para el cálculo de potencia se parte de las dimensiones de la etiqueta a utilizar con el respectivo esfuerzo de tracción que realiza el papel, después de obtener estos datos se procede a calcular la respectiva fuerza de resistencia. Luego, se prosigue a calcular la fuerza que realiza el motor y se realiza el respectivo análisis para determinar si esta etiqueta cumple con los requerimientos para el proceso de etiquetado.

**Tabla 6.** Calculo de fuerza máxima

CALCULO DE FUERZA MAXIMA			
			
$\sigma = \frac{F}{A}$		$T = F_{Motor} * r$	
Variables de entrada			
$\sigma$	21	Mpa	Esfuerzo de traccion ultimo del poliestireno
A	0,116	$Cm^2$	Area
r	2,5	Cm	radio del eje
T	1,2	N.m	Torque del motor
Variables de salida			
F	243,3	N	Fuerza maxima de resistencia
$F_{Motor}$	48	N	Fuerza que ejerce el motor

Como la fuerza que ejerce el motor es menor a la fuerza máxima de resistencia del papel indica que el proceso funcionara acorde a lo estimado.

Luego de obtener la respectiva fuerza que ejerce el motor, se prosigue a calcular la potencia con la velocidad de la etiqueta anteriormente calculada.

Las eficiencias de cada componente en la maquina resulta esencial para calcular la potencia del motor real, al obtener cada eficiencia de su respectivo elemento con esta se puede obtener la eficiencia total del sistema y por consiguiente calcular con la que se realiza el proceso.

**Tabla 7.** Calculo de la potencia

CALCULO DE POTENCIA			
$P = F_{Motor} * Vel$			
$\varepsilon_T = \varepsilon_{Motor-eje} * \varepsilon_{Transmision} * \varepsilon_{papel-rodillo}$			
$Pot_{realmotor} = \frac{P}{\varepsilon_T}$			
Variables de entrada			
$F_{Motor}$	48	N	Fuerza del motor
Vel	1,83	Cm/seg	Velocidad de etiqueta
$\varepsilon_{Motor-eje}$	0,8		Eficiencia entre motor eje
$\varepsilon_{Transmision}$	0,6		eficiencia entre la cadena y sprocket
$\varepsilon_{papel-rodillo}$	0,5		eficiencia entre el papel y rodillos
Variables de salida			
$\varepsilon_T$	0,25		Eficiencia total
P	0,87	Watt	Potencia
$Pot_{realmotor}$	3,48	Watt	Potencia real del motor

Al observar los datos anteriores indica que la potencia que se necesita para el proceso de etiquetado esta sobrada con respecto al motor y esto indica que el proceso funcionara correctamente.

### 4.3 SELECCIÓN DEL MOTOR

Partiendo de unos requerimientos de diseño y analizando diversas posibilidades teniendo en cuenta los valores anteriormente encontrados por medio de cálculos, se escoge un moto reductor con las siguientes características:

Torque: 20 Kg.Cm

W: 70 rpm máximas

Largo del motor sin eje: 13cm

Diámetro motor: 42 mm


Medidas Caja reductora: 8 cm \* 6,5 cm \* 2,5 cm

Diámetro del eje: 8 mm


**Figura 30.** Moto reductor



**Figura 31.** Catalogo moto reductor



**1.2 Nm GDR1 10 and 17 Watts 17 W Part number made to order**



- Torque rating of gearboxes : 1.2 Nm, for long service life
- Motors : nominal power of 10 W and 17 W
- Speed range : 20 to 100 rpm
- Replaceable brushes

Part numbers					
	Type	Type	Voltage	Output speed (rpm)	Ratios (I)
MADE TO ORDER	17 W	828020	24 V	60	130/3

Specifications	
General characteristics	
Motor	828000
Gearbox	810321
Maximum permitted torque from gearmotor under continuous conditions for 10 millions turns (Nm)	1.2
Axial load dynamic (daN)	3,5
Radial load dynamic (daN)	5
Max. output power (W)	17
Nominal output (W)	15,6
Gearbox case temperature rise (°C)	40
Weight (g)	670

El motor posee un PWM para variar la velocidad dependiendo de las necesidades del proceso.

A partir de los datos anteriores, utilizando un diámetro de rodillo y el torque del motor se determina la tensión del motor con la que se jala el papel del rodillo la cual da un valor de 37,278 N.

#### 4.4 CALCULO DEL EJE PRINCIPAL

Para el cálculo del eje se tomó como guía el libro Diseño de Elementos de máquinas<sup>7</sup> por medio de la teoría de Von Misses. Para determinar el material adecuado con sus correspondientes esfuerzos se utiliza el libro Tolerancia y

<sup>7</sup> MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson, 2006. 530-564 P.

ajustes<sup>8</sup> debido a que este libro muestra mejores constantes para determinar el respectivo diámetro a calcular.

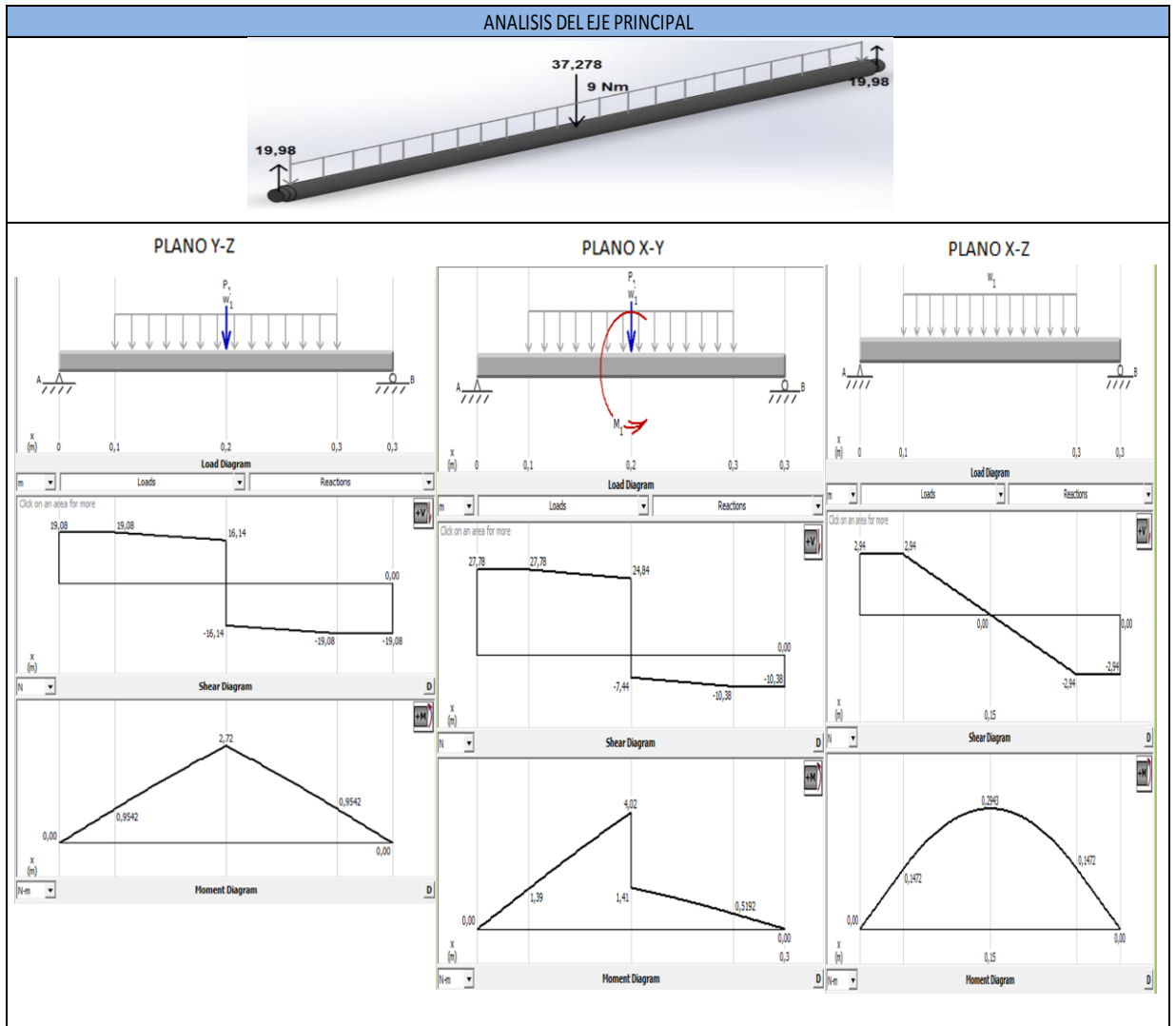
**Tabla 8.** Calculo del Se

CALCULO DEL S <sub>e</sub>		
$se = se' \cdot kf \cdot kt \cdot kl \cdot kd \cdot ks \cdot kc \cdot km$		
Variables de entrada		
Se'	2604,33	Kg/cm <sup>2</sup>
Kf	1	
Kt	1	
Kl	1	
Kd	1	
Ks	0,9	
Kc	0,897	
Km	1	
Variables de salida		
Se	2102	Kg/cm <sup>2</sup>

Luego de tener el límite de endurancia correspondiente afectado por los factores se procede a realizar un análisis estático del eje para determinar el momento máximo, el cual es un valor importante para el resultado del diámetro del eje.

<sup>8</sup> ROJAS, Hernán. Tolerancias y ajustes. Bucaramanga: Uis, 1985. 77 P.

**Tabla 9.** Análisis del eje principal



Luego de realizar los respectivos diagramas de cada plano se observa que hay un momento máximo de 4,02 N.m. Después de obtener este valor, se procede a calcular el diámetro mínimo del eje principal.

**Tabla 10.** Calculo para diámetro mínimo de eje

CALCULO DIAMETRO DEL EJE PRINCIPAL			
$\frac{1}{N} = \left[ \left( k_f \cdot 32 \cdot \frac{M}{\pi \cdot d^3 \cdot s_e} \right)^2 + \left( 16 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d^3 \cdot S_y} \right)^2 \right]^{0.5}$			
Variables de entrada			
N	2		Factor de seguridad
Kf	1		Factor de concentracion de esfuerzos
M	40,77	Kgf.Cm	Momento maximo
Se	2102	Kg/cm <sup>2</sup>	Limite endurancia
T	26,6	Kgf.Cm	Torque en el eje
Sy	3655	Kg/cm <sup>2</sup>	Maximo esfuerzo cortante
Variables de salida			
d	0,635	Cm	Diametro del eje

Después de obtener el diámetro correspondiente del eje principal se procede a determinar el peso del eje para un mejor cálculo en el momento de determinar la estructura base de la máquina.

**Tabla 11.** Medidas eje principal

MEDIDAS DEL EJE			
$\rho = \frac{m}{V}$			
Variables de entrada			
$\rho$	7,87	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad
L	20	Cm	Longitud del eje
L1	0,5	Cm	Longitud Para rodamiento
d	0,635	Cm	Diametro del eje
d1	0,254	Cm	Diametro minimo del eje
Variables de salida			
P	0,49	N	Peso

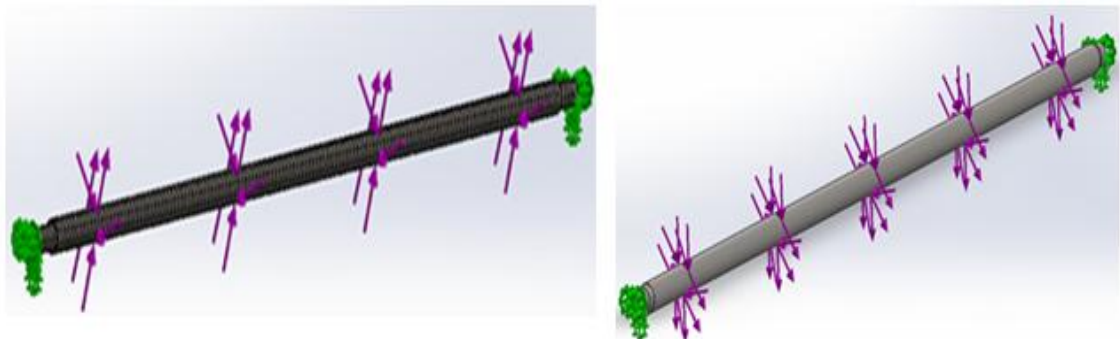
#### 4.4.1 Estudio del eje principal

Para el estudio del eje principal, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio. Para realizar el estudio se utiliza el programa Solid Works versión 2013.

**Tabla 12.** Condiciones del estudio del eje principal

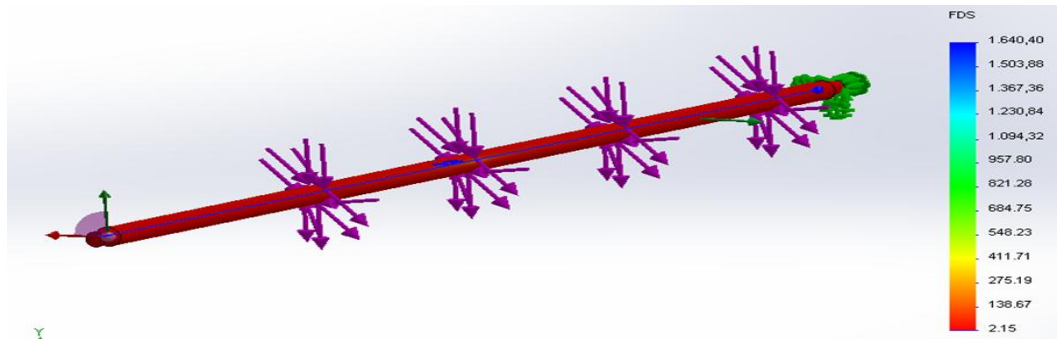
PROPIEDADES DEL MATERIAL	Nombre: Acero AISI 1020 Modelo: Isotrópico elástico lineal Dureza: 111 HB Esfuerzo de fluencia: 205 Mpa Esfuerzo máximo: 380 Mpa
PROPIEDADES DEL MATERIAL	Módulo de elasticidad: 205 Gpa Densidad: 7.87 gr/cm <sup>3</sup>
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 4305 Número total de elementos: 2508

**Figura 32.** Malla y ubicación de cargas del eje principal

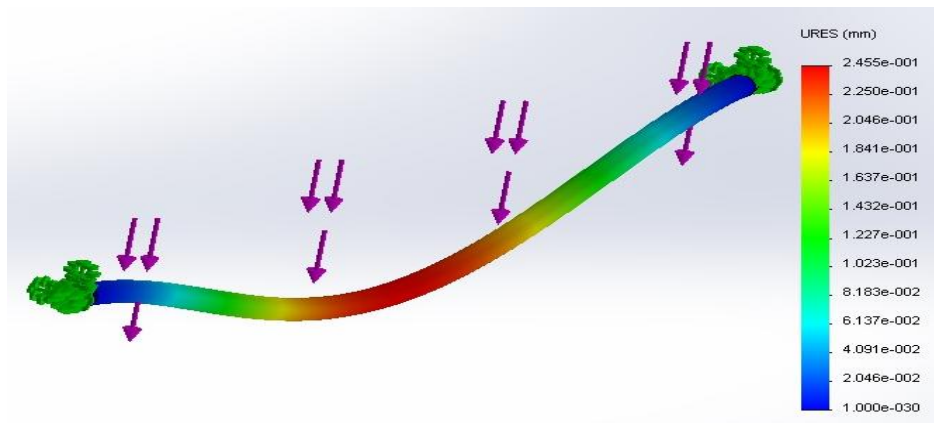


Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 2.15 ( ver Figura 37), este valor obtenido cumple con los calculos hallados anteriormente en el diametro minimo del eje, dando como resultado un factor de seguridad similar.

**Figura 33.** Factor de seguridad del eje principal



**Figura 34.** Desplazamiento del eje principal



Al ejecutar el estudio se obtuvo una deformación de 0.2 mm, esta deformación es mínima y no produce ningún daño en el eje.



**Tabla 13.** Calculo de fuerzas rodillo tensor 1

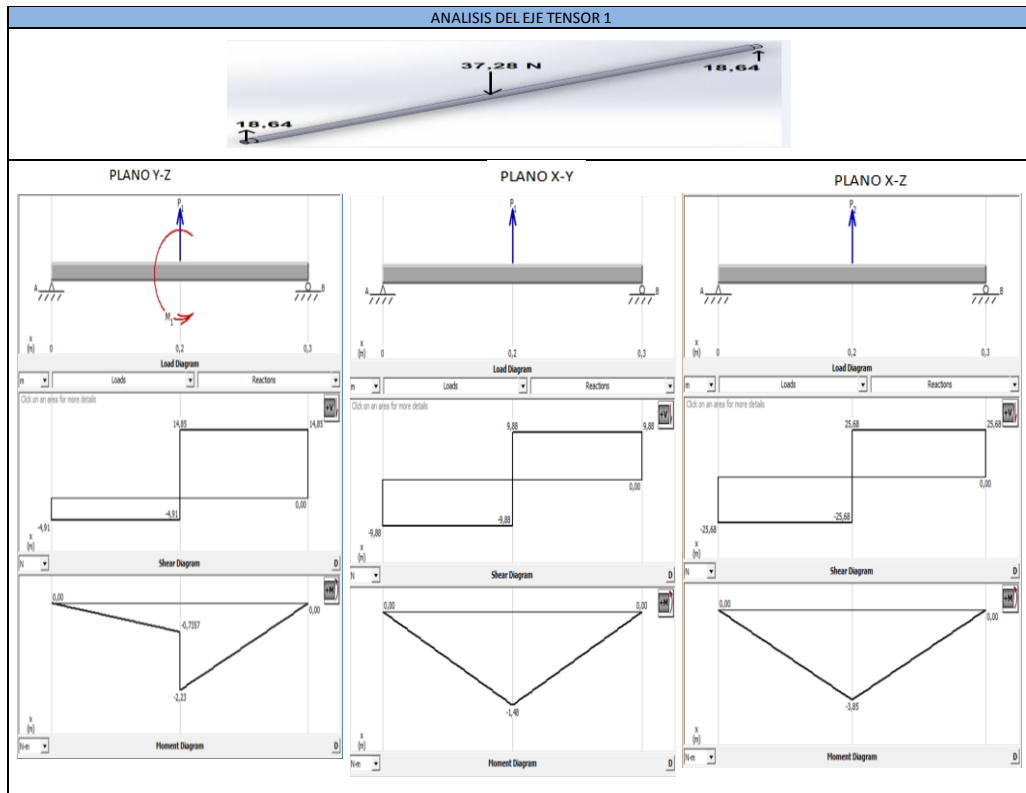
CALCULO DE FUERZAS EJE TENSOR 1			
		$F_y = F \cdot \cos(\theta)$ $F_z = F \cdot \sin(\theta)$  $M_x = F \cdot \frac{\text{Drodillo}}{2}$	
Variables de entrada			
d	0,08	m	Diametro rodillo
F	37,278	N	Fuerza
$\theta$	58	grados	Angulo
Variables de salida			
Fy	19,75	N	Fuerza en Y
Fz	31,61	N	Fuerza en Z
Mx	1,491	N.m	Momento

**Tabla 14.** Calculo del Se

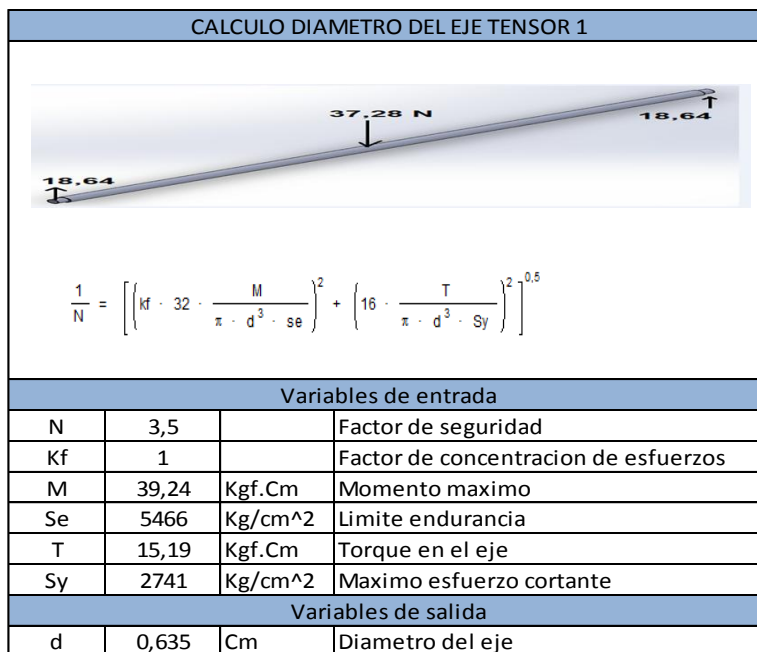
CALCULO DEL S_e		
$se = se' \cdot kf \cdot kt \cdot kl \cdot kd \cdot ks \cdot kc \cdot km$		
Variables de entrada		
Se'	2604,33	Kg/cm <sup>2</sup>
Kf	1	
Kt	1	
Kl	1	
Kd	2,6	
Ks	0,9	
Kc	0,897	
Km	1	
Variables de salida		
Se	5466	Kg/cm <sup>2</sup>

Determinando las fuerzas que actúan sobre el rodillo se hace un análisis en el eje tensor para determinar el momento máximo y poder calcular el diámetro del eje respectivo.

**Tabla 15.** Análisis del eje tensor 1

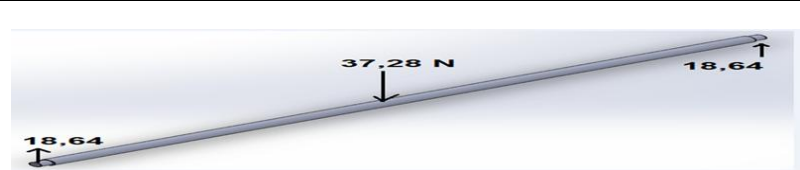


**Tabla 16.** Calculo para diámetro mínimo de eje



Luego de tener la medida del diámetro tensor del eje se procede a determinar las demás medidas necesarias para el posterior cálculo de la estructura base.

**Tabla 17.** Medidas eje tensor 1

MEDIDAS DEL EJE TENSOR 1			
			
Variables de entrada			
$\rho$	7,87	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad
L	28	Cm	Longitud del eje
L1	1	Cm	Longitud Para rodamiento
d	0,635	Cm	Diametro del eje
d1	0,254	Cm	Diametro minimo del eje
Variables de salida			
	0,69	N	Peso

#### 4.5.1 Estudio del eje tensor 1

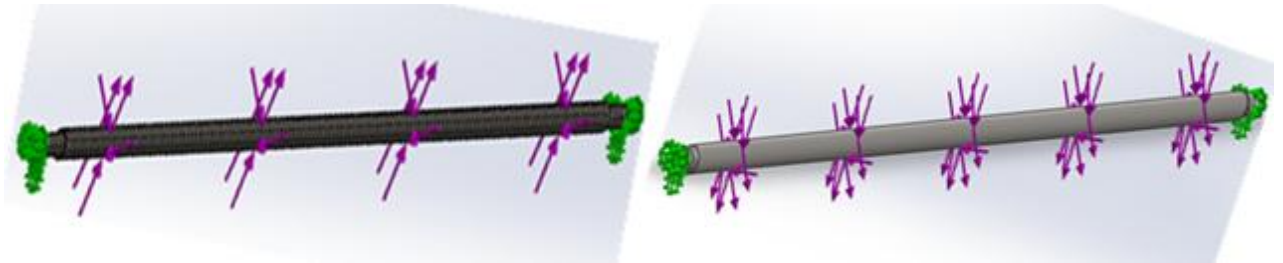
Para el estudio del eje tensor 1, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y luego se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio. Para realizar el estudio se utiliza el programa Solid Works versión 2013.

Las propiedades del material corresponden a las del acero AISI 1020 (Ver tabla 12).

**Tabla 18.** Condiciones del estudio

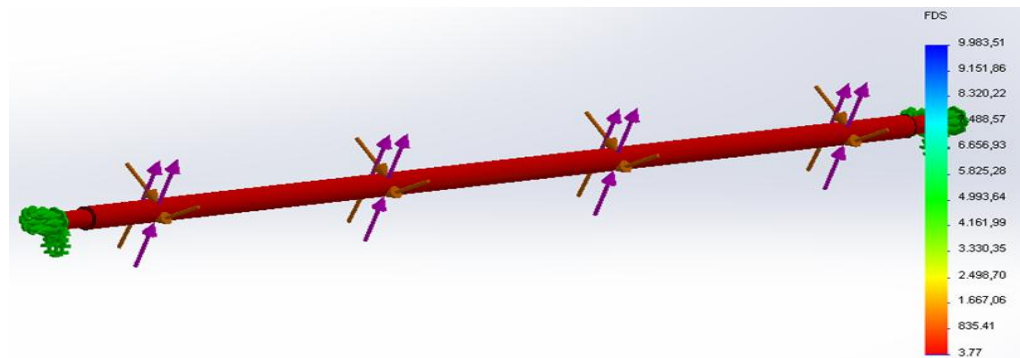
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 4325 Número total de elementos: 2304
----------------------	----------------------------------------------------------------

**Figura 36.** Malla y ubicación de cargas del eje tensor 1



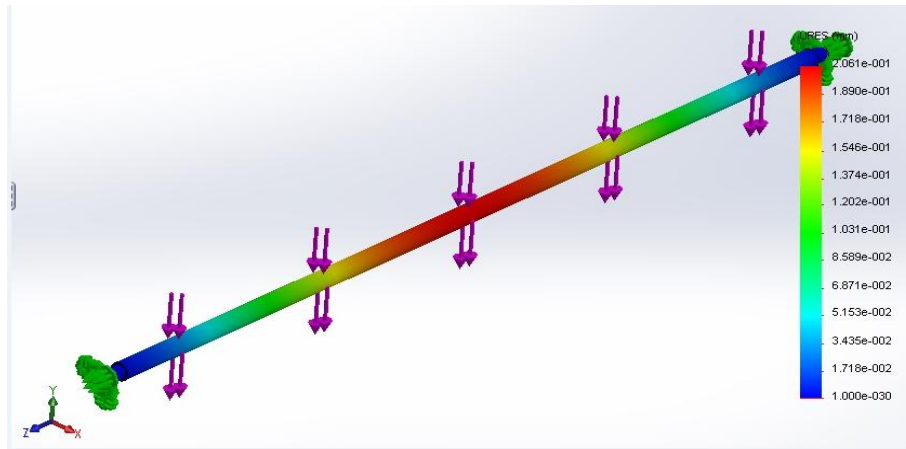
Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 3.7, este valor corresponde correctamente al obtenido a través de cálculos ya que en el cálculo del diámetro mínimo del eje se obtuvo un factor de seguridad de 3.5.

**Figura 37.** Factor de seguridad del eje tensor 1



Luego se realiza un análisis de desplazamiento en la pieza, para corroborar datos de funcionamiento y construcción (Ver figura 42).

**Figura 38.** Desplazamiento eje tensor 1

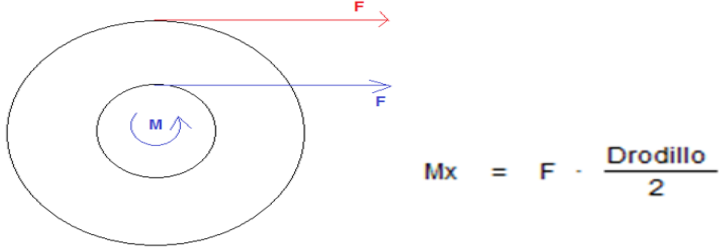


El desplazamiento máximo del eje tensor 1 es de 0.2 mm, este desplazamiento es mínimo en comparación a su construcción, ya que sus medidas y material, garantizan que no se altere su correcto funcionamiento durante su proceso.

#### **4.6 CALCULO DEL EJE TENSOR 2**

El procedimiento para el cálculo del eje tensor 2 se hace exactamente igual al eje tensor 1, primero se realiza un análisis de las respectivas componentes de las fuerzas que actúan sobre el eje por medio del recorrido del papel ( ver figura 39), Luego se realiza un análisis del para calcular sus dimensiones respectivas y medidas.

**Tabla 19.** Calculo de fuerzas rodillo tensor 2

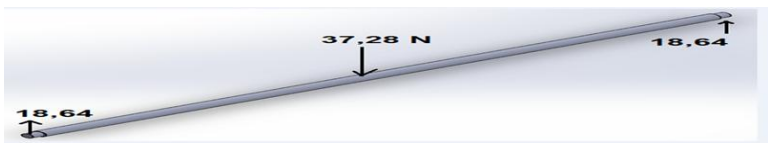
CALCULO DE FUERZAS EJE TENSOR 2			
		$M_x = F \cdot \frac{\text{Drodillo}}{2}$	
Variables de entrada			
d	0,08	m	Diametro rodillo
F	37,278	N	Fuerza
Variables de salida			
Mx	1,491	Nm	Momento

**Tabla 20.** Calculo del Se

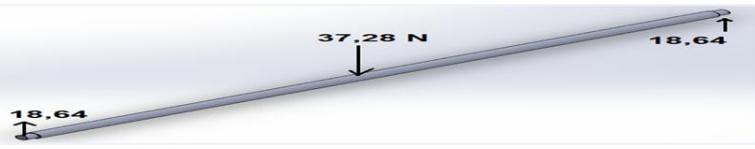
CALCULO DEL S_e		
$se = se' \cdot kf \cdot kt \cdot kl \cdot kd \cdot ks \cdot kc \cdot km$		
Variables de entrada		
Se'	2604,33	Kg/cm <sup>2</sup>
Kf	1	
Kt	1	
Kl	1	
Kd	2,6	
Ks	0,9	
Kc	0,897	
Km	1	
Variables de salida		
Se	5466	Kg/cm <sup>2</sup>



**Tabla 22.** Calculo para diámetro mínimo de eje

CALCULO DIAMETRO DEL EJE TENSOR 2			
			
$\frac{1}{N} = \left[ \left( k_f \cdot 32 \cdot \frac{M}{\pi \cdot d^3 \cdot s_e} \right)^2 + \left( 16 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d^3 \cdot S_y} \right)^2 \right]^{0.5}$			
Variables de entrada			
N	4		Factor de seguridad
Kf	1		Factor de concentracion de esfuerzos
M	39,24	Kgf.Cm	Momento maximo
Se	5466	Kg/cm <sup>2</sup>	Limite durancia
T	15,19	Kgf.Cm	Torque en el eje
Sy	2741	Kg/cm <sup>2</sup>	Maximo esfuerzo cortante
Variables de salida			
d	0,635	Cm	Diametro del eje

**Tabla 23.** Medidas eje tensor 2

MEDIDAS DEL EJE TENSOR 2			
			
Variables de entrada			
ρ	7,87	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad
L	28	Cm	Longitud del eje
L1	1	Cm	Longitud Para rodamiento
d	0,635	Cm	Diametro del eje
d1	0,254	Cm	Diametro minimo del eje
Variables de salida			
P	0,69	N	Peso

#### 4.6.1 Estudio del eje tensor 2

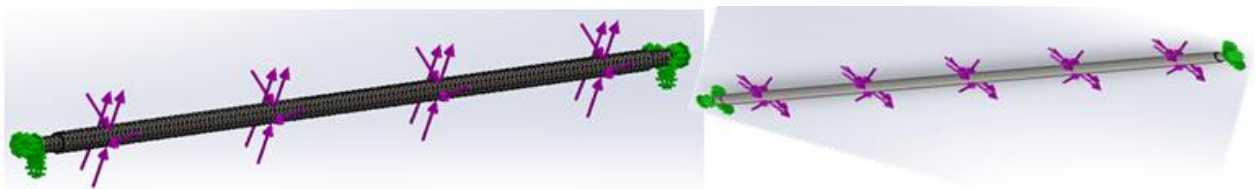
Para el estudio del eje tensor 2, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y luego se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio. Para realizar el estudio se utiliza el programa Solid Works versión 2013.

Las propiedades del material corresponden a las del acero AISI 1020 (Ver tabla 12).

**Tabla 24.** Condiciones del estudio

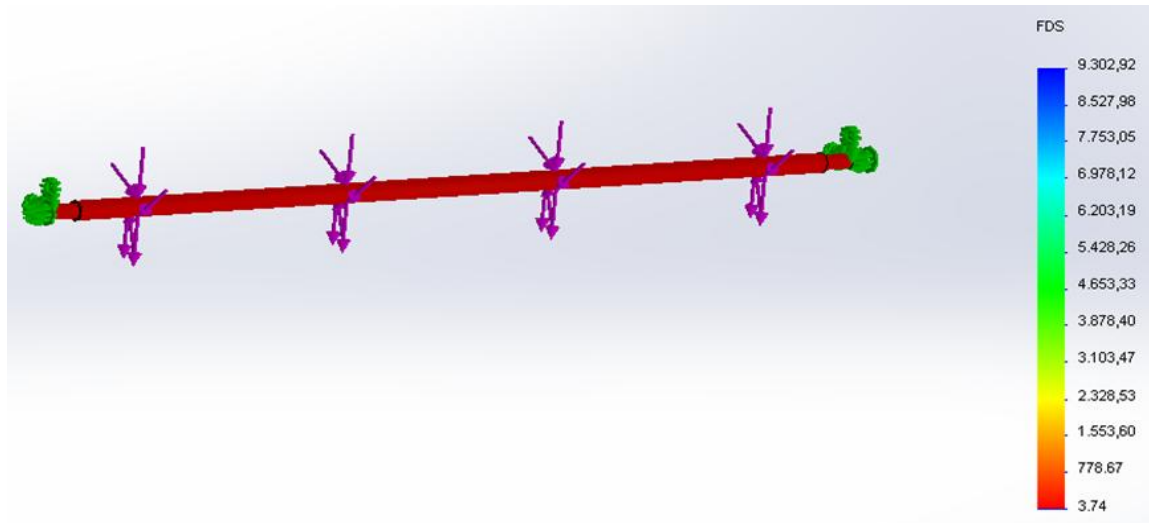
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 4236
	Número total de elementos: 2413

**Figura 39.** Malla y ubicación de cargas del eje tensor 2

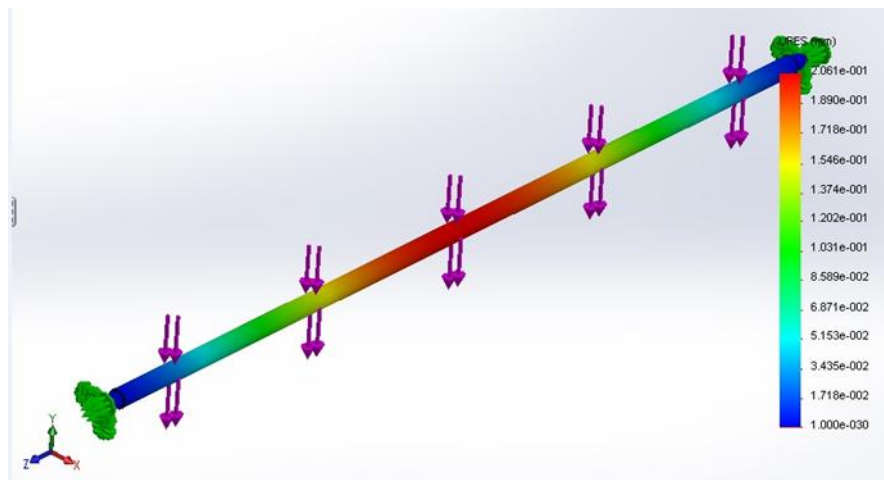


Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 3.74, este valor corresponde a un valor aproximado al obtenido a través de cálculos ya que en la soluciones de ecuaciones del diámetro mínimo del eje se obtuvo un factor de seguridad de 4.

**Figura 40.** Factor de seguridad del eje tensor 2



**Figura 41.** Desplazamiento del eje tensor 2

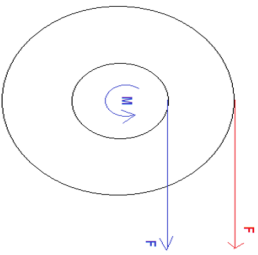


Se observa que el análisis de la deformación es parecida al eje tensor 1, esto corresponde a que los ejes son iguales y por lo tanto su deformación es mínima con respecto a la máquina y no induce ningún mal funcionamiento durante su proceso.

#### 4.7 CALCULO EJE TENSOR 3

El procedimiento para el cálculo del eje tensor 3 se hace igual al eje tensor 1 y 2, la diferencia radica en el análisis estático del eje ya que las fuerzas actúan en dirección diferente.

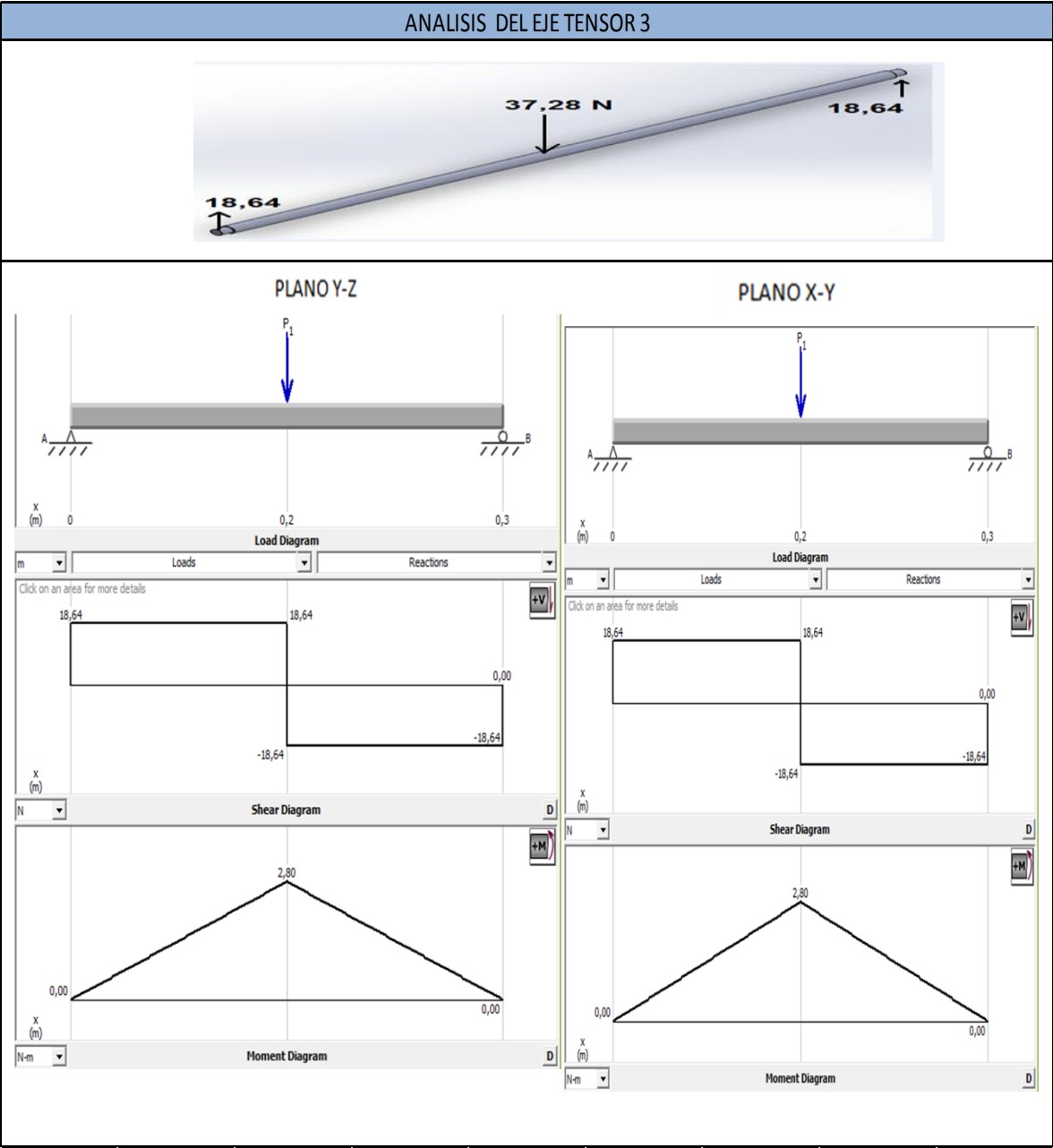
**Tabla 25.** Calculo de fuerzas rodillo tensor 3

CALCULO DE FUERZAS EJE TENSOR 3			
			
$M_x = F \cdot \frac{D_{rodillo}}{2}$			
Variables de entrada			
d	0,08	m	Diametro rodillo
F	37,278	N	Fuerza
Variables de salida			
Mx	1,491	Nm	Momento

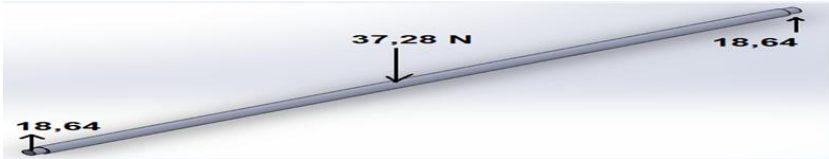
**Tabla 26.** Calculo del Se

CALCULO DEL S_e		
$s_e = s_e' \cdot k_f \cdot k_t \cdot k_l \cdot k_d \cdot k_s \cdot k_c \cdot k_m$		
Variables de entrada		
Se'	2604,33	Kg/cm <sup>2</sup>
Kf	1	
Kt	1	
Kl	1	
Kd	2,6	
Ks	0,9	
Kc	0,897	
Km	1	
Variables de salida		
Se	5466	Kg/cm <sup>2</sup>

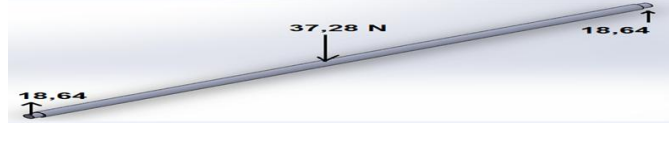
**Tabla 27.** Análisis del eje tensor 3



**Tabla 28.** Calculo para diámetro mínimo de eje

CALCULO DIAMETRO DEL EJE TENSOR 3			
			
$\frac{1}{N} = \left[ \left( k_f \cdot 32 \cdot \frac{M}{\pi \cdot d^3 \cdot s_e} \right)^2 + \left( 16 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d^3 \cdot S_y} \right)^2 \right]^{0.5}$			
Variables de entrada			
N	4,5		Factor de seguridad
Kf	1		Factor de concentracion de esfuerzos
M	28,54	Kgf.Cm	Momento maximo
Se	5466	Kg/cm <sup>2</sup>	Limite endurancia
T	19	Kgf.Cm	Torque en el eje
Sy	2741	Kg/cm <sup>2</sup>	Maximo esfuerzo cortante
Variables de salida			
d	0,635	Cm	Diametro del eje

**Tabla 29.** Medidas eje tensor 3

MEDIDAS DEL EJE TENSOR 3			
			
Variables de entrada			
ρ	7,87	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad
L	28	Cm	Longitud del eje
L1	1	Cm	Longitud Para rodamiento
d	0,635	Cm	Diametro del eje
d1	0,254	Cm	Diametro minimo del eje
Variables de salida			
P	0,69	N	Peso

### 4.7.1 Estudio del eje tensor 3

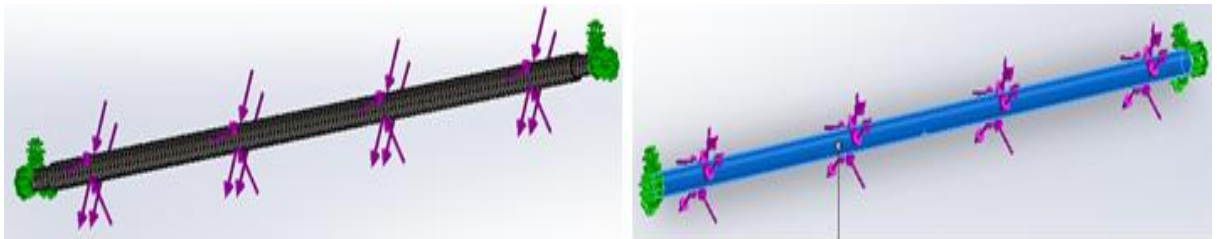
Para el estudio del eje tensor 3, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y luego se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio. Para realizar el estudio se utiliza el programa Solid Works versión 2013.

Las propiedades del material corresponden a las del acero AISI 1020 (Ver tabla 12).

**Tabla 30.** Condiciones del estudio

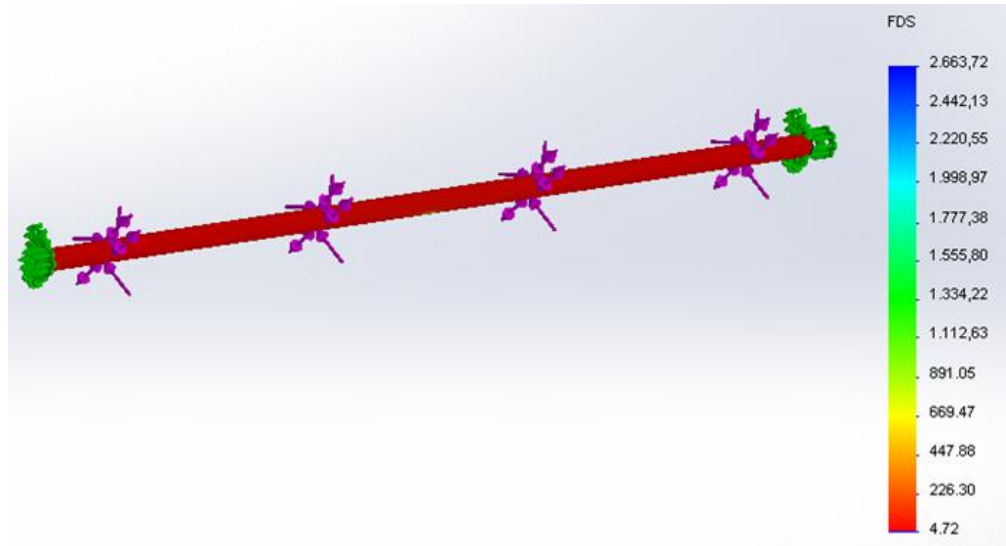
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 4114 Número total de elementos: 2210
----------------------	----------------------------------------------------------------

**Figura 42.** Malla y ubicación de cargas del eje tensor 3

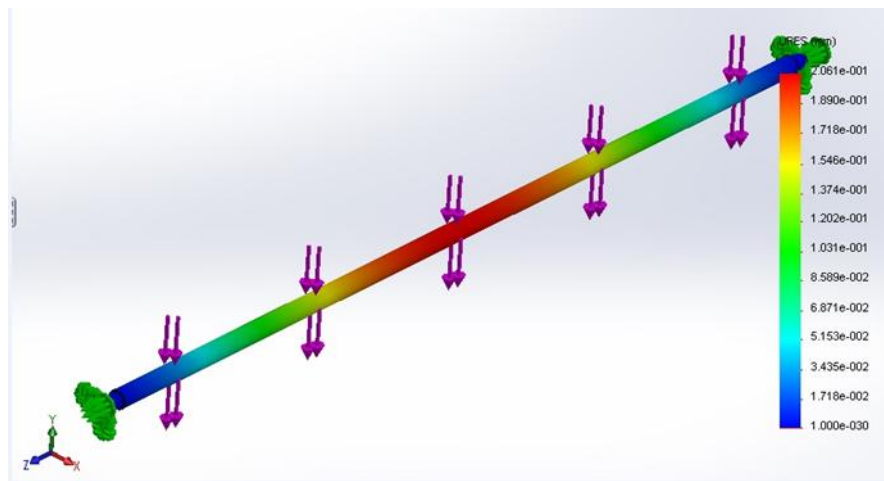


Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 4.7, este valor corresponde a un valor aproximado al obtenido a través de cálculos ya que en la soluciones de ecuaciones del diámetro mínimo del eje se obtuvo un factor de seguridad de 4.5.

**Figura 43.** Factor de seguridad del eje tensor 3



**Figura 44.** Desplazamiento del eje tensor 3

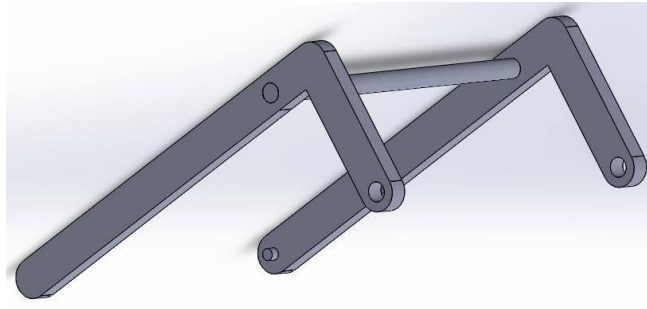


Al realizar el análisis del desplazamiento del eje tensor 3 se determina que los 3 ejes tensores por el que rodea el papel son iguales, por lo tanto sus deformaciones son iguales y mínimas y no afectan la maquina durante su proceso de funcionamiento.

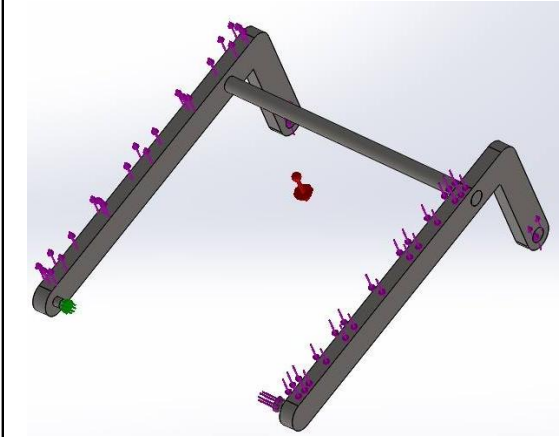
#### 4.8 CALCULO BRAZO DE PRESION DE BOTELLA

Para el análisis del brazo que ejerce presión sobre la botella se procede a determinar las diferentes fuerzas que se ejercen sobre el brazo, luego se realiza un análisis de esfuerzos sobre la pieza para determinar un factor de seguridad adecuado.

**Figura 45.** Brazo de presión de botellas



**Tabla 31.** Fuerzas sobre el brazo de presión



Variables de entrada	
FUERZA	DEBIDO A
15 N. m	Fuerza de la mano a jalar
9,81 N	Gravedad
5 N	Resorte

**Figura 46.** Propiedades brazo de presión

Propiedades de masa de Ensamblaje1		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: --predeterminado --		
Masa = 133.10 gramos		
Volumen = 133.10 centímetros cúbicos		
Área de superficie = 439.58 centímetros cuadrados		
Centro de masa: ( centímetros )		
X = 4.04		
Y = 1.17		
Z = 32.50		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos * centímetros		
Medido desde el centro de masa.		
Ix = (0.00, 0.00, 1.00)	Px = 7173.25	
Iy = (0.99, 0.15, -0.00)	Py = 12137.12	
Iz = (-0.15, 0.99, 0.00)	Pz = 18420.35	
Momentos de inercia: ( gramos * centímetros cuadrados )		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de result		
Lxx = 12277.58	Lxy = 928.91	Lxz = 1.30
Lyx = 928.91	Lyy = 18279.88	Lyx = 0.18
Lzx = 1.30	Lzy = 0.18	Lzz = 7173.26
Momentos de inercia: ( gramos * centímetros cuadrados)		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
Ixx = 153082.18	Ixy = 1559.88	Ixz = 17495.88
Iyx = 1559.88	Iyy = 161078.04	Iyz = 5071.96
Izx = 17495.88	Izy = 5071.96	Izz = 9532.66

#### 4.8.1 Estudio del brazo de presión de botella

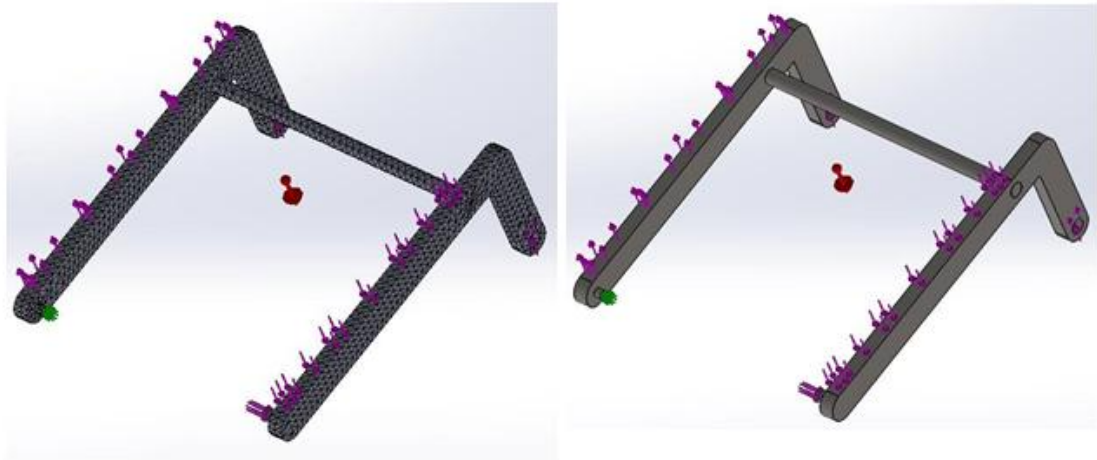
Para el estudio del brazo de presión de la botella, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio.

**Tabla 32.** Condiciones del estudio del eje principal

PROPIEDADES DEL MATERIAL	Nombre: hierro fundido gris ANSI 31 Modelo: Isotrópico elástico lineal Densidad: 7.20 gr/cm <sup>3</sup> Esfuerzo a la tensión mínima: 172 Mpa Resistencia a la tensión mínima: 25 Ksi
--------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

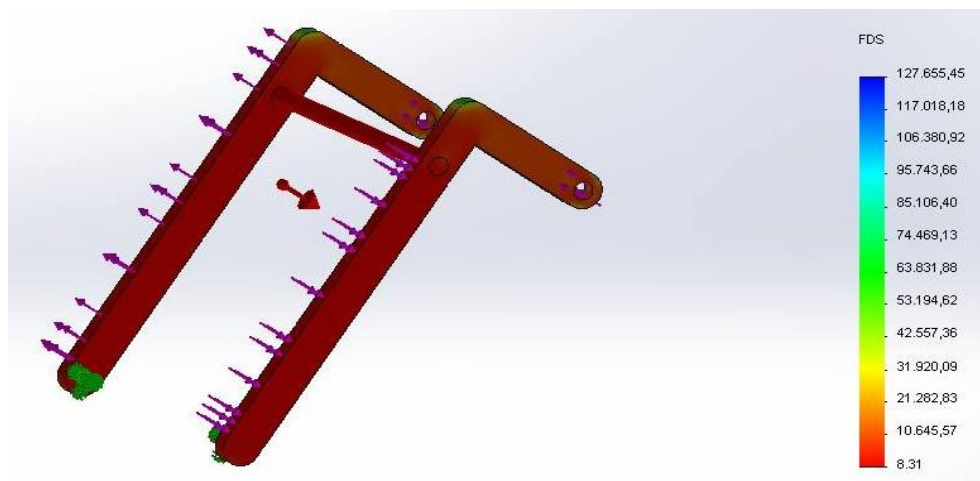
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 7622 Número total de elementos: 4426
----------------------	----------------------------------------------------------------

**Figura 47.** Malla y ubicación de cargas del brazo de presión de botella



Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 8.3, este valor se encuentra en un rango bueno ya que permite satisfacer con el tiempo estimado de duración de la máquina etiquetadora.

**Figura 48.** Factor de seguridad del brazo de presión de botellas

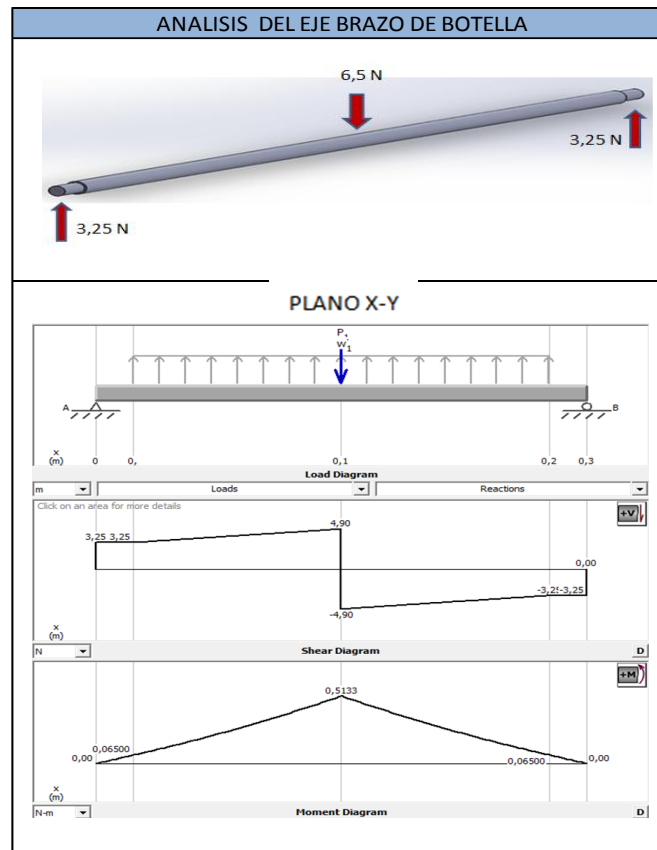


## 4.9 CALCULO EJE DEL BRAZO DE PRESION DE BOTELLA

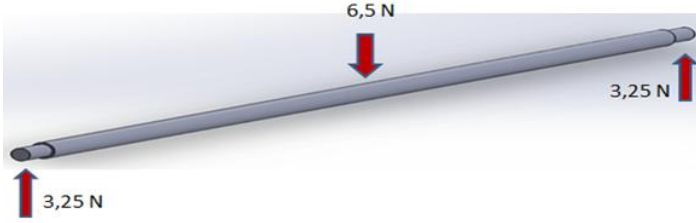
Tabla 33. Calculo del Se

CALCULO DEL S_e		
$se = se' \cdot kf \cdot kt \cdot kl \cdot kd \cdot ks \cdot kc \cdot km$		
Variables de entrada		
Se'	2604,33	Kg/cm <sup>2</sup>
Kf	1	
Kt	1	
Kl	1	
Kd	1	
Ks	0,9	
Kc	0,897	
Km	1	
Variables de salida		
Se	2102	Kg/cm <sup>2</sup>

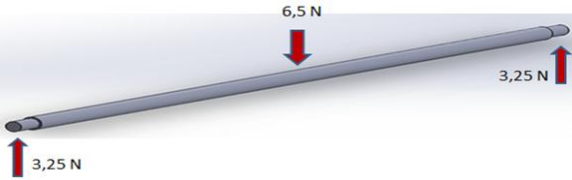
Tabla 34. Análisis del eje del brazo



**Tabla 35.** Calculo para diámetro mínimo de eje del brazo

CALCULO DIAMETRO DEL EJE BRAZO DE BOTELLA			
			
$\frac{1}{N} = \left[ \left( K_f \cdot 32 \cdot \frac{M}{\pi \cdot d^3 \cdot S_e} \right)^2 + \left( 16 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d^3 \cdot S_y} \right)^2 \right]^{0,5}$			
Variables de entrada			
N	5		Factor de seguridad
Kf	1		Factor de concentracion de esfuerzos
M	5,23	Kgf.Cm	Momento maximo
Se	2102	Kg/cm <sup>2</sup>	Limite endurance
T	15,19	Kgf.Cm	Torque en el eje
Sy	3655	Kg/cm <sup>2</sup>	Maximo esfuerzo cortante
Variables de salida			
d	0,635	Cm	Diametro del eje

**Tabla 36.** Medidas eje del brazo

MEDIDAS DEL EJE BRAZO DE BOTELLA			
			
Variables de entrada			
ρ	7,87	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad
L	25	Cm	Longitud del eje
L1	0,5	Cm	Longitud Para rodamiento
d	0,635	Cm	Diametro del eje
d1	0,254	Cm	Diametro minimo del eje
Variables de salida			
P	0,6	N	Peso

#### 4.9.1 Estudio del eje del brazo de presión de botellas

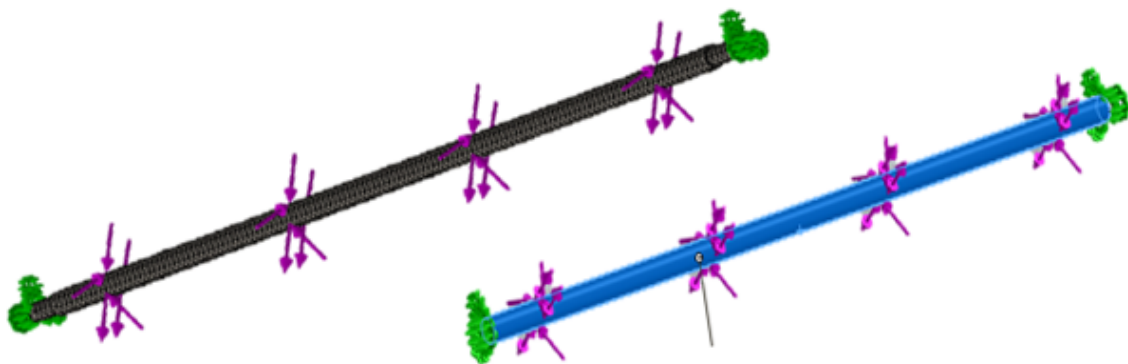
Para el estudio del eje del brazo de presión de botellas, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y luego se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio. Para realizar el estudio se utiliza el programa Solid Works versión 2013.

Las propiedades del material corresponden a las del acero AISI 1020 (Ver tabla 12).

**Tabla 37.** Condiciones del estudio

DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 4015 Número total de elementos: 2478
----------------------	----------------------------------------------------------------

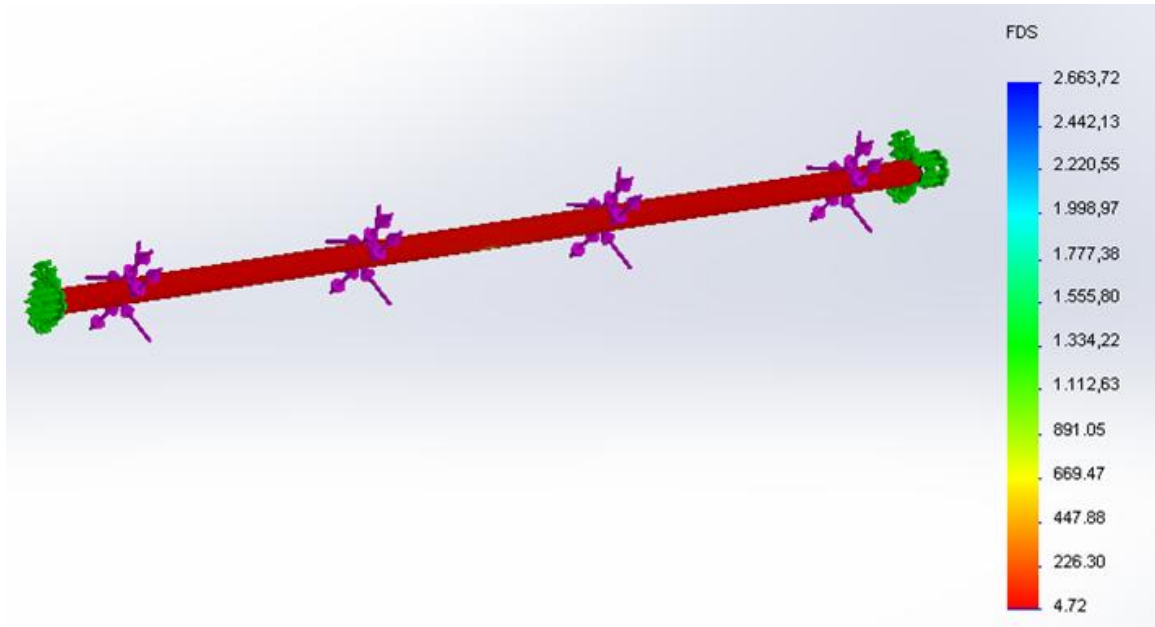
**Figura 49.** Malla y ubicación de cargas del eje del brazo de presión de botellas



Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 4.7, este valor corresponde a un valor aproximado al obtenido a través de cálculos ya que en la

soluciones de ecuaciones del diámetro mínimo del eje se obtuvo un factor de seguridad de 5.

**Figura 50.** Factor de seguridad del eje de brazo de presión de botella



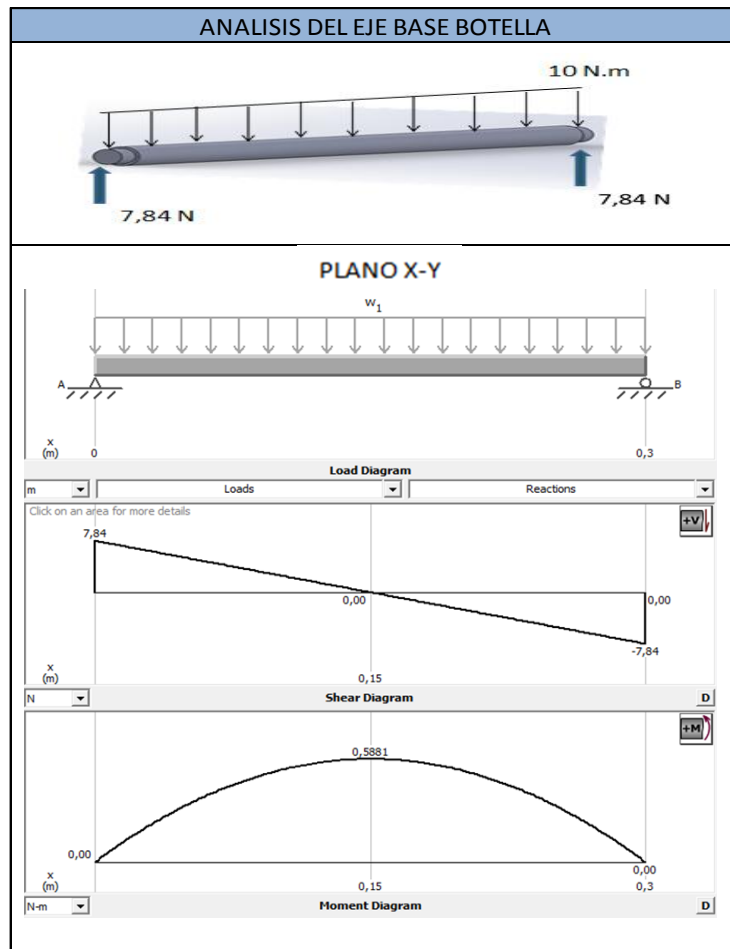
#### 4.10 CALCULO EJES BASE DE BOTELLA

El cálculo de los ejes se realiza exactamente igual para los dos, para el análisis de estos ejes se tiene en cuenta el peso de la botella, debido a que este eje es el que la soporta al momento en el cual la botella gira para recibir la etiqueta, además se tiene en cuenta la fuerza de presión que ejerce el brazo que comprime a la botella y el torque que ejerce el motor a un rodillo a través de la transmisión.

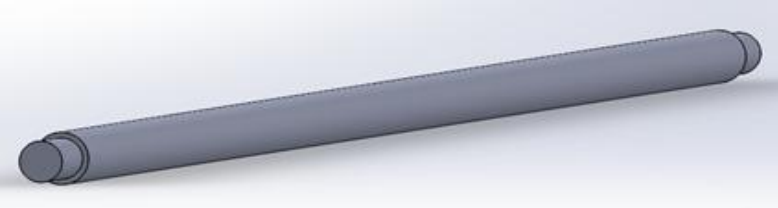
**Tabla 38.** Calculo del  $S_e$

CALCULO DEL $S_e$		
$s_e = s_e' \cdot k_f \cdot k_t \cdot k_l \cdot k_d \cdot k_s \cdot k_c \cdot k_m$		
Variables de entrada		
$S_e'$	2604,33	Kg/cm <sup>2</sup>
$K_f$	1	
$K_t$	1	
$K_l$	1	
$K_d$	2,6	
$K_s$	0,9	
$K_c$	0,897	
$K_m$	1	
Variables de salida		
$S_e$	2102	Kg/cm <sup>2</sup>

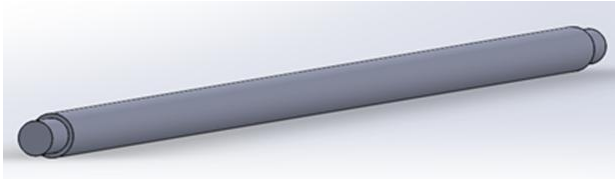
**Tabla 39.** Análisis del eje base de botella



**Tabla 40.** Calculo para diámetro mínimo del eje base de botella

CALCULO DIAMETRO DEL EJE BASE BOTELLA			
			
$\frac{1}{N} = \left[ \left( Kf \cdot 32 \cdot \frac{M}{\pi \cdot d^3 \cdot Se} \right)^2 + \left( 16 \cdot \frac{T}{\pi \cdot d^3 \cdot Sy} \right)^2 \right]^{0.5}$			
Variables de entrada			
N	3,5		Factor de seguridad
Kf	1		Factor de concentracion de esfuerzos
M	6	Kgf.Cm	Momento maximo
Se	2102	Kg/cm <sup>2</sup>	Limite endurancia
T	9,51	Kgf.Cm	Torque en el eje
Sy	3655	Kg/cm <sup>2</sup>	Maximo esfuerzo cortante
Variables de salida			
d	0,635	Cm	Diametro del eje

**Tabla 41.** Medidas eje base de botella

MEDIDAS DEL EJE BASE BOTELLA			
			
Variables de entrada			
ρ	7,87	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad
L	32	Cm	Longitud del eje
L1	1	Cm	Longitud Para rodamiento
d	0,635	Cm	Diametro del eje
d1	0,254	Cm	Diametro minimo del eje
Variables de salida			
P	0,8	N	Peso

#### 4.10.1 Estudio de ejes base de botella

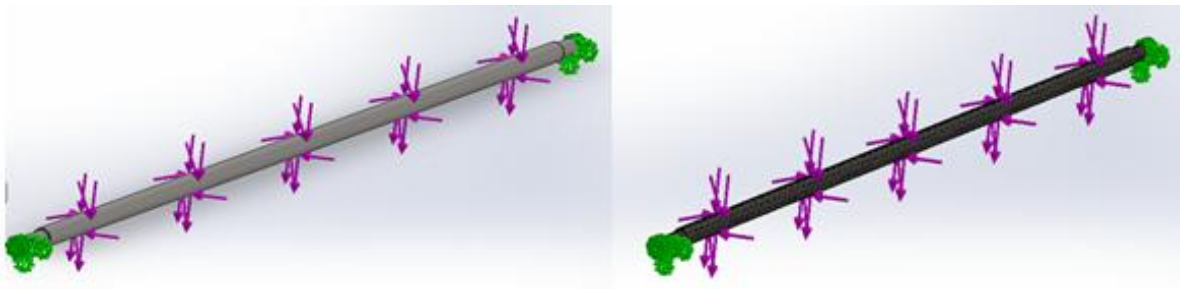
Para el estudio de los ejes base de botella, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y luego se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio.

Las propiedades del material corresponden a las del acero AISI 1020 (Ver tabla 12).

**Tabla 42.** Condiciones del estudio

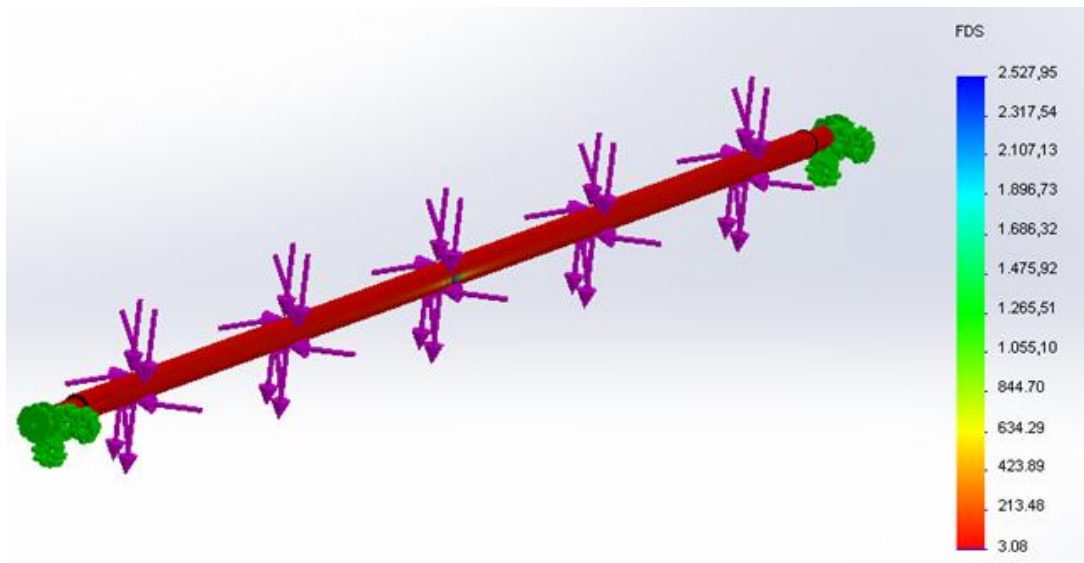
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 4208
	Número total de elementos: 2345

**Figura 51.** Malla y ubicación de cargas del eje base de botella

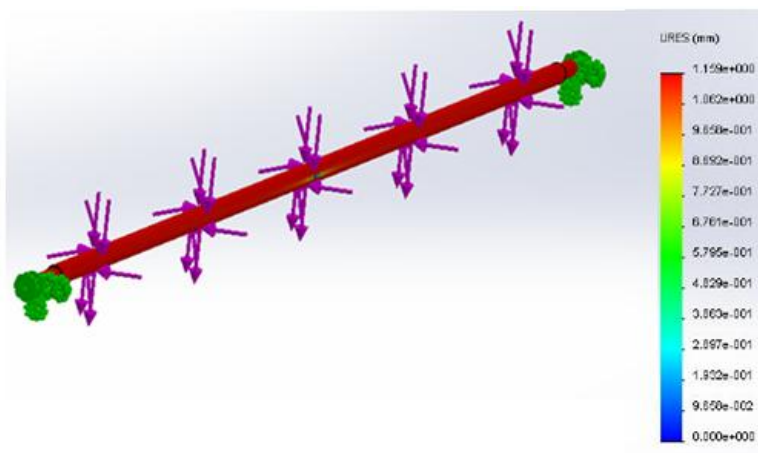


Al ejecutar el programa se obtuvo un factor de seguridad de 3.1, este valor corresponde a un valor aproximado al obtenido a través de cálculos ya que en la soluciones de ecuaciones del diámetro mínimo del eje se obtuvo un factor de seguridad de 3.5.

**Figura 52.** Factor de seguridad del eje base de botella



**Figura 53.** Desplazamiento eje base botella



El desplazamiento máximo del eje corresponde a un valor de 1.1 mm, este resultado se debe al peso que ejerce la botella con respecto al eje a través del tiempo en los diferentes procesos, este resultado es algo mínimo y no afecta la eficiencia de la máquina para su correcto funcionamiento.

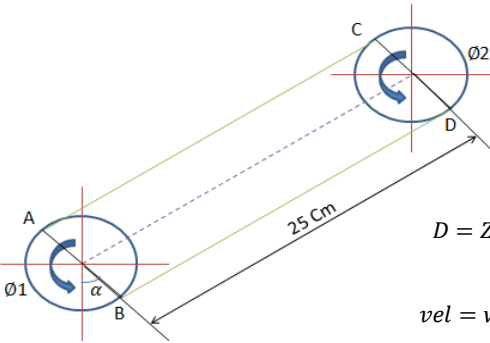
#### 4.11 CALCULO TRANSMISION POR SPROCKET Y CADENA

Para el cálculo de la transmisión del sprocket se tienen los siguientes datos iniciales:

**Tabla 43.** Datos iniciales calculo transmisión

DATOS INICIALES		
rpm	20 rev/min	Velocidad del motor
m	1	Modulo
pot	17 watt	Potencia nominal
Z	18	Numero de dientes

**Tabla 44.** Calculo diámetro del sprocket y fuerza de cadena

CALCULO DIAMETRO DEL SPROCKET Y FUERZA DE LA CADENA	
	
$D = Z * \frac{P}{\pi}$ $vel = w * \frac{D}{2}$ $Pot = F * vel$	
Variables de entrada	
N	20 rpm
z	18 dientes
p	3/8" paso
Variables de salida	
D	2,15 Pulg
Vel	2,25 in/seg
F	91,8 Lb
L	68 cm

La fuerza última que soporta la cadena seleccionada es de 4200 Lbf, como los cálculos según el proceso dieron como resultado una fuerza de 91.8 Lb quiere decir que la cadena seleccionada cumple con los requerimientos y puede utilizarse en la construcción de la máquina.

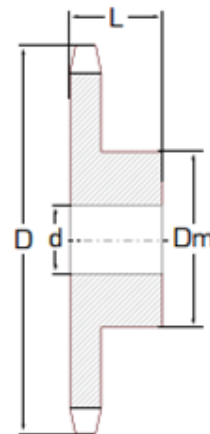
**Figura 54.** Sprocket seleccionado



**Figura 55.** Catalogo sprocket

PIÑONES 35 PASO 3/8"					
Referencia	D	Dm	L	d	Eje máximo* (pulg)
3589 R	32.0	22	19	9.53	3/8
35810 R	35.0	25	19	9.53	9/16
35811 R	38.1	27	19	9.53	9/16
35812 R	41.1	31	19	12.70	9/16
35813 R	44.5	32	19	12.70	1-1/16
35814	47.5	32	19	12.70	7/8
35815	50.5	34	19	12.70	7/8
35816	53.6	37	19	12.70	1-5/16
35817	56.6	40	19	12.70	1-1/16
35818	59.7	43	19	12.70	1-3/16
35819	62.7	47	19	12.70	1-1/4
35820	68.8	49	19	12.70	1-5/16
35821	68.8	51	22	12.70	1-3/8
35822	71.9	51	22	12.70	1-3/8
35823	74.9	51	22	12.70	1-3/8
35824	78.0	51	22	12.70	1-3/8
35825	81.0	51	22	12.70	1-3/8
35826	84.2	51	22	12.70	1-3/8
35827	87.2	51	22	12.70	1-3/8
35828	90.2	51	22	12.70	1-3/8

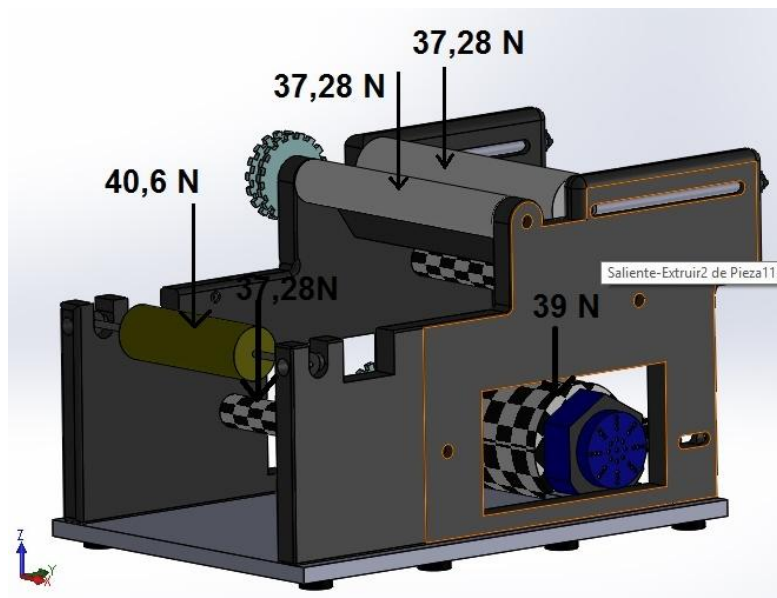
**No.35**  
Paso 3/8"



#### 4.12 CALCULO ESTRUCTURA DE ETIQUETADORA DE BOTELLAS

Para el cálculo de la estructura de la maquina se tienen en cuenta todas las cargas que se ejercen, y se realiza un análisis CAE para determinar un factor de seguridad adecuado. A continuación se muestra las cargas sobre la etiquetadora de botellas.

**Figura 56.** Cargas sobre la etiquetadora de botellas



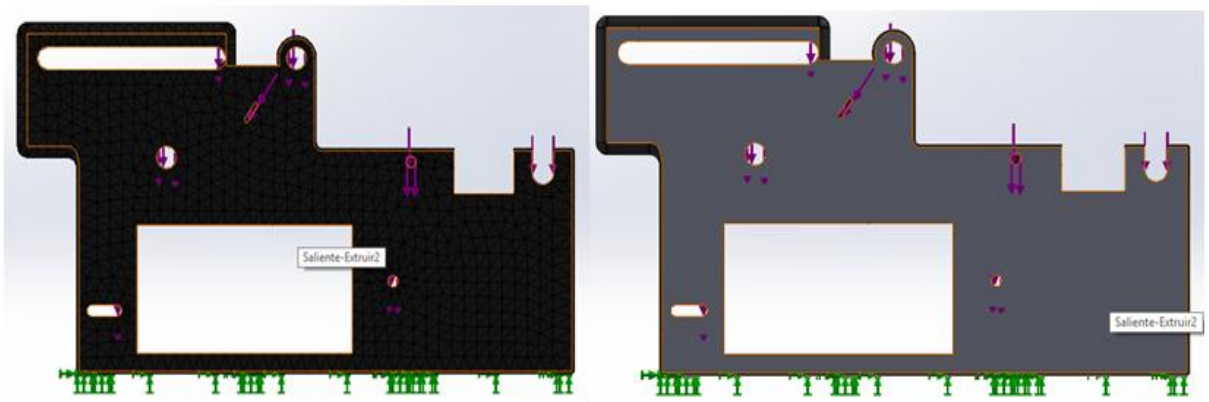
Luego de conocer las respectivas cargas que se ejercen sobre la estructura en general, se procede a realizar un análisis de esfuerzos en el que se determine su factor de seguridad y desplazamiento. Por simplicidad se considera hacer el análisis en las piezas con los ejes simplemente apoyados, por esta razón se realiza el análisis de forma individual pieza por pieza de la estructura determinando su factor de seguridad correspondiente y su respectivo desplazamiento.



**Tabla 45.** Condiciones del estudio

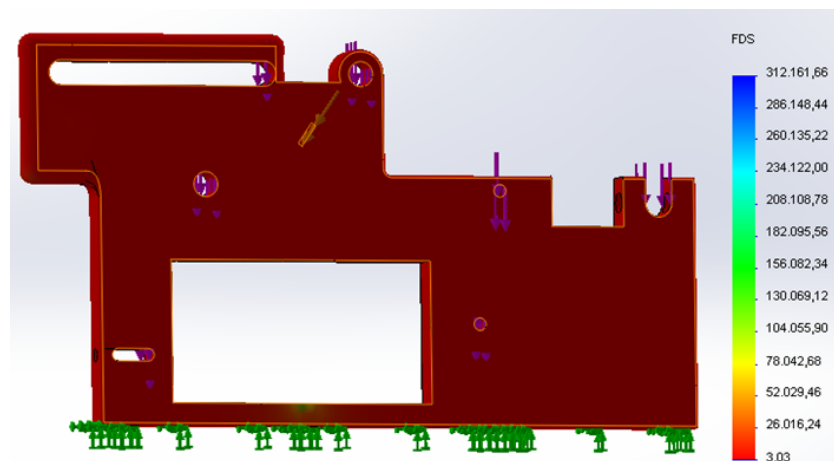
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 6812
	Número total de elementos: 4687

**Figura 58.** Malla y ubicación de las cargas de la placa lateral

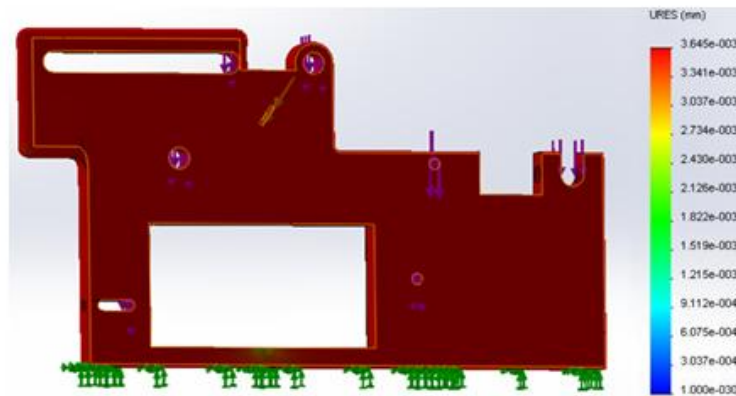


Según el análisis del modelo, se determina un factor de seguridad de 3, este valor es un valor coherente de lo requerido en la fabricación.

**Figura 59.** Factor de seguridad de la placa lateral



**Figura 60.** Desplazamiento placa lateral

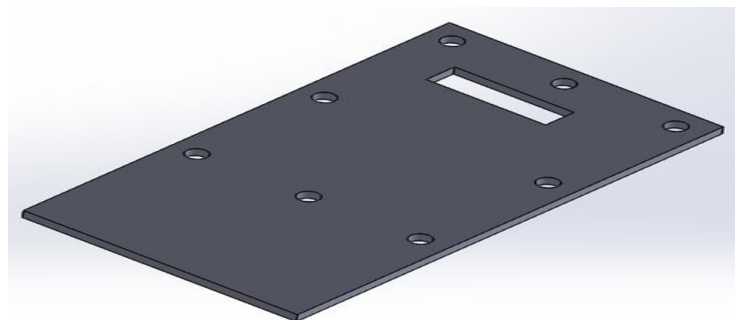


El desplazamiento resultante al que está sometida la pieza es de un valor muy pequeño y por lo tanto, no afecta el comportamiento de este componente.

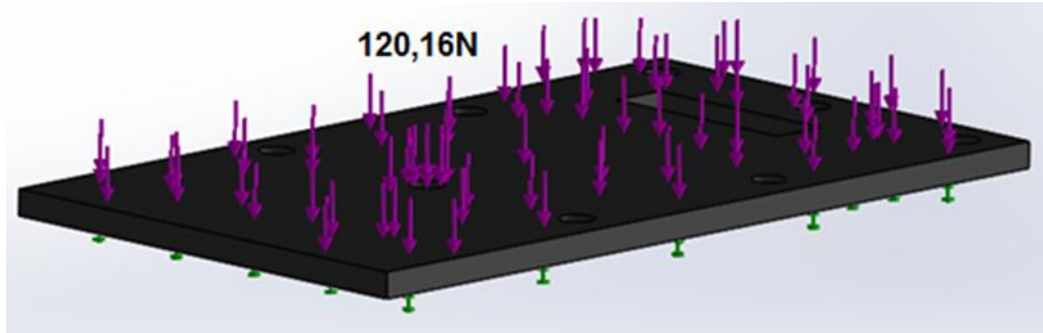
#### 4.12.2 Estructura base

Para el cálculo de la estructura base que soporta toda la maquina se realiza un procedimiento similar al anterior, se tiene en cuenta todas las cargas que ejercen sobre la base por medio de un análisis CAD para obtener un factor de seguridad adecuado.

**Figura 61.** Estructura base



**Figura 62.** Cargas sobre estructura base



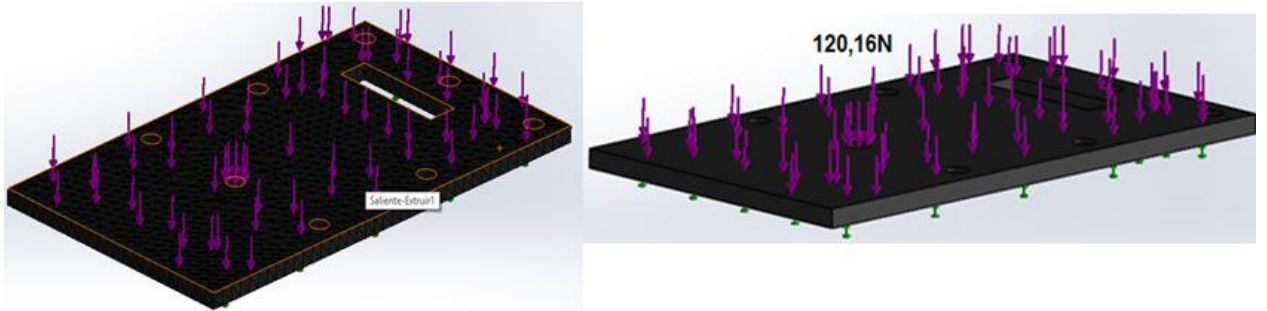
**4.12.2.1 Estudio de la estructura base.** Para el estudio de la estructura base, se selecciona el material y se cargan sus respectivas propiedades y luego se aplican al modelo, se realiza una malla adecuada y se prosigue a realizar el estudio. Para realizar el estudio se utiliza el programa Solid Works versión 2013.

Las propiedades del material corresponden a las del hierro fundido o fundición gris (Ver tabla 31).

**Tabla 46.** Condiciones del estudio

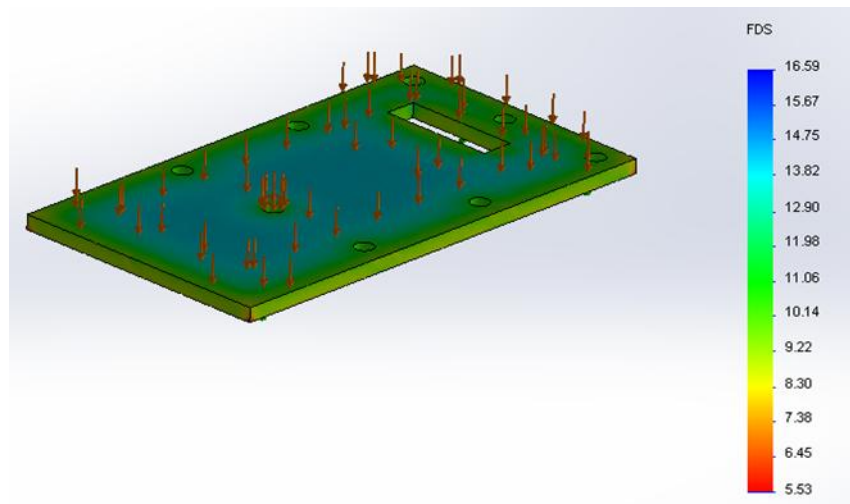
DETALLES DE LA MALLA	Número total de nodos: 6812 Número total de elementos: 4687
----------------------	----------------------------------------------------------------

**Figura 63.** Malla y ubicación de las cargas de la base.

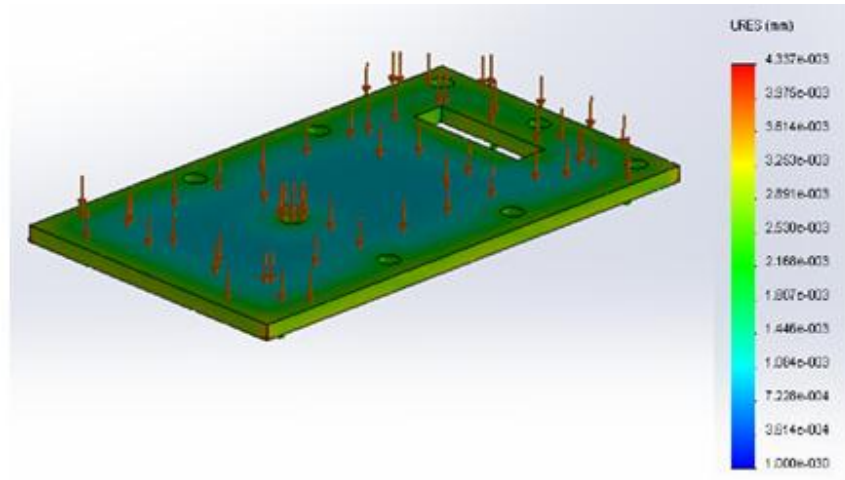


Según el análisis del modelo, se determina un factor de seguridad de 5.5, este valor se encuentra en un rango acorde a lo requerido en su fabricación y duración.

**Figura 64.** Factor de seguridad de estructura base



**Figura 65.** Desplazamiento estructura base



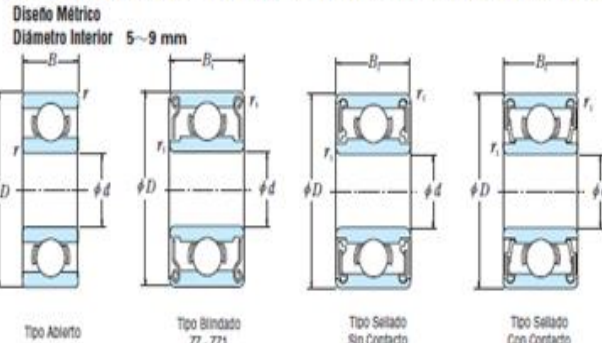
Se puede apreciar la zona y el valor máximo del desplazamiento al que está sometido el sistema bajo las cargas especificadas, este valor es mínimo en relación a su estructura en general y por lo tanto, no afecta la operación ni la vida útil del sistema.

#### **4.13 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS**

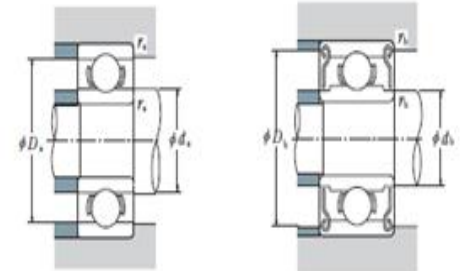
Como todos los ejes con los cálculos respectivos dieron un diámetro aproximado, este se normaliza para mayor facilidad y así poder utilizar los mismos rodamientos. El tipo de rodamiento utilizado es el rodamiento de bolas extra pequeño o rodamiento de bolas en miniatura, el rodamiento se determinó a partir del catálogo NSK.

Figura 66. Catálogo rodamiento

RODAMIENTOS DE BOLAS EXTRA PEQUEÑOS · RODAMIENTOS DE BOLAS EN MINIATURA



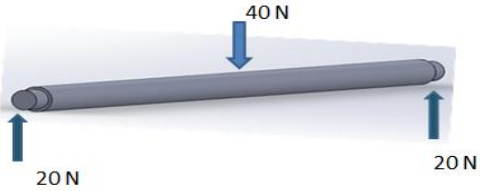
Dimensiones (mm)						Indicadores Básicos de Carga (N)				Velocidad límite (rpm)				Números de Rodamiento
d	D	B	B1	r1(°) máx.	r2(°) máx.	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>0r</sub>	Abierto z · ZZ	Grasa o · DD	Acete VV	Abierto z	
5	8	2	—	0.1	—	310	120	31	12	53 000	—	63 000	MR 85	
	8	—	2.5	—	0.1	278	131	28	13	53 000	—	63 000	—	
	9	2.5	3	0.15	0.15	430	168	44	17	50 000	—	60 000	MR 95	
	10	3	4	0.15	0.15	430	168	44	17	50 000	—	60 000	MR 105	
	11	—	4	—	0.15	—	715	276	73	28	48 000	—	56 000	—
	11	—	5	—	0.15	—	715	276	73	28	48 000	—	56 000	—
6	3	4	4	0.2	0.2	1 080	430	110	44	43 000	40 000	50 000	695	
	4	5	5	0.2	0.2	1 330	505	135	52	40 000	38 000	50 000	695	
	16	5	5	0.3	0.3	1 730	670	177	68	36 000	32 000	43 000	625	
	19	6	6	0.3	0.3	2 340	895	238	90	32 000	30 000	40 000	635	
	10	2.5	3	0.15	0.1	496	218	51	22	45 000	—	53 000	MR 106	
	12	3	4	0.2	0.15	715	292	73	30	43 000	40 000	50 000	MR 126	
7	13	3.5	5	0.15	0.15	1 080	440	110	45	40 000	38 000	50 000	686 A	
	15	5	5	0.2	0.2	1 730	670	177	68	40 000	36 000	45 000	696	
	17	6	6	0.3	0.3	2 260	836	231	86	38 000	34 000	45 000	696	
	19	6	6	0.3	0.3	2 340	895	238	90	32 000	30 000	40 000	626	
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	335	140	30 000	28 000	36 000	636	
	11	2.5	3	0.15	0.1	455	201	47	21	43 000	—	50 000	MR 117	
8	13	3	4	0.2	0.15	540	276	55	28	40 000	—	48 000	MR 137	
	14	3.5	5	0.15	0.15	1 170	510	120	52	40 000	34 000	45 000	687	
	17	5	5	0.3	0.3	1 610	710	164	73	36 000	28 000	43 000	687	
	19	6	6	0.3	0.3	2 340	895	238	90	36 000	32 000	43 000	687	
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	335	140	30 000	28 000	36 000	627	
	26	9	9	0.3	0.3	4 550	1 970	465	201	28 000	22 000	34 000	637	
9	12	2.5	3.5	0.15	0.1	545	274	56	28	40 000	—	48 000	MR 128	
	14	3.5	4	0.2	0.15	820	385	83	39	38 000	32 000	45 000	MR 148	
	16	4	5	0.2	0.2	1 610	710	164	73	36 000	28 000	43 000	688 A	
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	910	228	93	36 000	28 000	43 000	698	
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	335	140	34 000	28 000	40 000	698	
	24	8	8	0.3	0.3	3 360	1 430	340	146	28 000	24 000	34 000	628	
6	28	9	9	0.3	0.3	4 550	1 970	465	201	28 000	22 000	34 000	638	
	17	4	5	0.2	0.2	1 290	505	135	52	36 000	34 000	43 000	699	



Números de Rodamiento	Dimensiones de Tope y Chafnán (mm)						Masa (g)
	Blindado	Sellado	d <sub>1</sub> máx.	d <sub>2</sub> máx.	D <sub>1</sub> máx.	D <sub>2</sub> máx.	
MR 85 ZZ	—	—	5.8	—	7.2	—	0.28
MR 95 ZZ1	—	—	—	5.8	—	7.4	—
MR 105 ZZ	—	—	6.2	6.0	7.8	8.2	0.15
MR 115 ZZ	—	—	6.2	6.0	8.8	9.4	0.15
685 ZZ	—	—	—	6.3	—	9.8	—
685 ZZ1	—	—	6.2	6.2	9.8	9.8	0.15
695 ZZ	—	—	6.6	6.6	11.4	11.2	0.2
695 ZZ1	—	—	6.6	6.9	12.4	12.2	0.2
625 ZZ1	—	—	7.0	7.5	14.0	13.8	0.3
635 ZZ1	—	—	7.0	8.5	17.0	16.5	0.3
MR 106 ZZ1	—	—	7.2	7.0	8.8	9.3	0.15
MR 126 ZZ	—	—	7.6	7.2	10.4	10.9	0.2
686 AZZ	—	—	7.2	7.4	11.8	11.7	0.15
696 ZZ1	—	—	7.6	7.9	13.4	13.3	0.2
696 ZZ	—	—	8.0	8.2	15.0	14.8	0.3
626 ZZ1	—	—	8.0	8.5	17.0	16.5	0.3
636 ZZ1	—	—	8.0	10.5	20.0	19.0	0.3
MR 117 ZZ	—	—	8.2	8.0	9.8	10.5	0.15
MR 137 ZZ	—	—	8.6	9.0	11.4	11.6	0.2
687 ZZ1	—	—	8.2	8.5	12.8	12.7	0.15
687 ZZ1	—	—	9.0	10.2	15.0	14.8	0.3
687 ZZ1	—	—	9.0	9.1	17.0	16.5	0.3
627 ZZ	—	—	9.0	10.5	20.0	19.0	0.3
637 ZZ1	—	—	9.0	12.8	24.0	22.8	0.3
MR 128 ZZ1	—	—	9.2	9.0	10.8	11.3	0.15
MR 148 ZZ	—	—	9.6	9.2	12.4	12.8	0.2
688 AZZ1	—	—	9.6	10.2	14.4	14.2	0.2
698 ZZ	—	—	10.0	10.0	17.0	16.5	0.3
698 ZZ	—	—	10.0	10.5	20.0	19.0	0.3
628 ZZ	—	—	10.0	12.0	22.0	20.5	0.3
638 ZZ1	—	—	10.0	12.8	26.0	22.8	0.3
699 ZZ1	—	—	10.2	11.5	15.2	15.7	0.2

Para calcular la vida de duración del rodamiento de bolas se aplica la relación de la vida útil efectiva básica, la capacidad de carga dinámica y la carga dinámica equivalente del rodamiento.

**Tabla 47.** Duracion del rodamiento pequeño de bolas

DURACION VIDA DEL RODAMIENTO DE BOLAS	
	
$L_n = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^3 = 500 f_h^3$	
Variables de entrada	
n	20 rpm
Fn	0,85
Fh	1,2
C	28,24
Variables de salida	
Lh	2346 horas

#### 4.14 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION

Concluido el proceso de construcción de la etiquetadora de botellas, se llevó a cabo un análisis en el que se puede comprobar que se disminuyeron costos en la maquina haciéndola que mandándola a comprar desde los fabricantes. Este proceso de costos se obtuvo después de varias cotizaciones y compra de los respectivos materiales necesarios para su construcción. A continuación se observa la tabla respectiva del presupuesto.

**Tabla 48.** Presupuesto de construcción

	COMPONENTE	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO
ELEMENTOS COMPRADOS	Bronce y pines	fundicion gris	1	20.000
	Pines		2	6.000
	Broca larga		1	19.000
	Molde placa	madera	2	30.000
	Molde de brazos	madera	2	30.000
	Fundicion	fundicion gris	4	250.000
	Ejes y rodamientos	AISI 1020		100.000
	UHM	Polietileno	1	100.000
	Aerosol	pintura	1	15.000
	Masilla plastica		1	20.000
	Motor electrico		1	360.000
	Sprocket, pines y cadena	acero	2	50.000
	Anillo	Caucho sintetico	1	40.000
	Abrazaderas	Acero	5	5.000
	Rollo de etiquetas		1	10.000
	Base	Acero	1	20.000
	MANO DE OBRA	Mecanizado brazos	fundicion gris	3
Mecanizado de placas laterales		fundicion gris	4	450.000
Torneado UHM, perforado y pineado			1	100.000
Mecanizado de ejes			8	60.000
Mecanizado de rodillos			1	30.000
Otros mecanizados			1	300.000
TRANSPORTE	Gasolina moto, taxis			30.000
	<b>TOTAL</b>			2.085.000

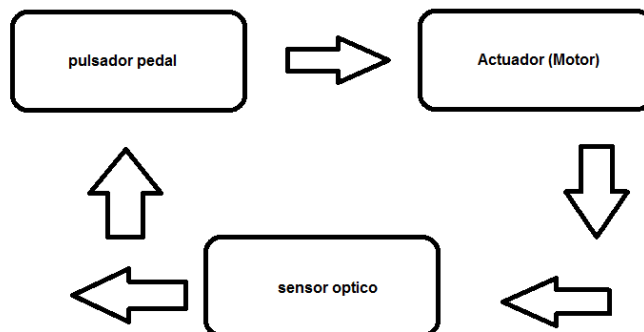
## 5. AUTOMATIZACION

Partiendo de que el sistema diseñado para operar continuamente 8 horas al día, es necesario garantizar un buen funcionamiento por medio de la automatización, en el cual se controla el avance del rollo del papel. En el proceso de etiquetado es fundamental el control, ya que se requiere un cierto rango de exactitud para que la etiqueta quede adherida en el sitio exacto de la botella.

### 5.1 DISEÑO CONCEPTUAL

Se diseña un sistema de control en lazo cerrado que se compone de un sensor óptico, un actuador que en este caso es el motor, un activador (pulsador pedal) y el controlador cuya función la ejecuta el operario.

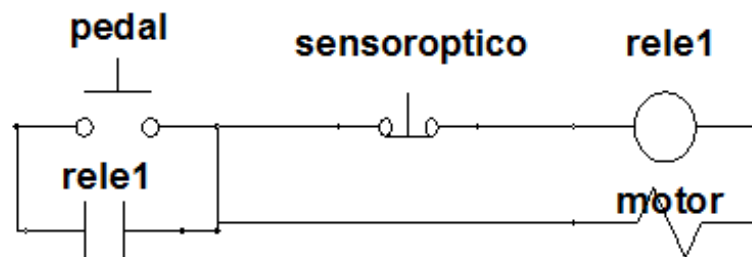
**Figura 67.** Control lazo cerrado



El funcionamiento es el siguiente el pulsador pedal habilita el paso de energía al actuador que es el motor, este por medio de un relé se enclava y mantiene señal al actuador hasta que el sensor óptico detecta el cambio de etiqueta en etiqueta,

cuando sucede esto quiere decir que la botella ya está etiquetada lo que ocasiona que la señal que manda el sensor corte la señal al actuador ocasionando que este se detenga para el cambio de botella, al activar el pulsador nuevamente, el ciclo comienza otra vez y se repite el mismo proceso.

**Figura 68.** Conexión del control.



## 5.2 DESCRIPCION DE COMPONENTES

Para realizar el control se requieren los siguientes elementos: sensor óptico a color, relé y pulsador pedal. A continuación se describirá cada uno con mayor profundidad.

**5.2.1 Sensor óptico para aplicaciones industriales<sup>9</sup>.** El sensor RGB un sensor avanzado del tipo difuso, que permite leer los diversos colores de marcas, los cuales sirven de referencia para el punto de sellado o corte de envolturas en envases de diversos productos. Este sensor contiene internamente un microcomputador que detecta el fondo, el contraste y el objeto del laminado, o del

---

<sup>9</sup> CASTILLO, Julio. Sensores ópticos para aplicaciones industriales parte III. Perú: Alltronicks. Pag. 1

envase, y de forma automática selecciona el haz de luz que emitirá para la detección del color deseado.

El sensor óptico, es capaz de censar la diferencia entre los colores que usualmente son dificultosos de detectar por sensores convencionales. Para seleccionar el color específico, se usa como elemento principal un láser de 3 colores tipo RGB, el sensor computa el ratio de color entre los tres colores de emisión, y con ello se asegura la detección del color aun con productos en movimiento en una banda transportadora, o rodillos de arrastre o de tracción de laminados a alta velocidad.

**Figura 69.** Sensor óptico RGB



**Fuente:** <http://www.alltronicsperu.com/catalog/manuales/sensmarcasdm18t.pdf>

**5.2.2 Relé.** Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. El relé se activa o desactiva teniendo en cuenta su conexión cuando el electroimán es energizado, es decir tiene un voltaje para que pueda funcionar.

Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo. Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

**Figura 70.** Relé de 8 pines.



**Fuente:** <http://jayaelectricperkasa.indonetwork.co.id/prod/20.html>

**5.2.3 Pedal pulsador.** Este elemento es el encargado de activar o desactivar el movimiento durante el proceso de etiquetado, el pedal pulsador FR.5 requiere Mínima presión para su accionamiento, está fabricado en una caja de material plástico con una palanca de metacrilato fijada a la caja mediante tornillos o velcro. Salida jack macho mono de 3,5 mm. Se puede colocar velcro autoadhesivo en cualquiera de sus caras para fijarlo a un soporte o a la mesa. Su activación puede ser hecha con presión de mano, cabeza, pie, etc. También puede activarse con la mano en movimiento lateral o adelante/atrás; para ello, se fija el pulsador a la mesa con el velcro fijado en el lateral del pulsador.

**Figura 71.** Pedal pulsador FR.5



**Fuente:** <http://www.crmfalbacete.org/recursosbajocoste/archivos/pdf/Cat%C3%A1logo%20fabricaciones.pdf>

## 6. FABRICACION Y PRUEBAS DEL MODELO


Este capítulo tiene como objetivo describir el proceso de fabricación del modelo de etiquetadora de botellas desde la materia prima hasta los procesos de acabado. Solo se fabricaran los elementos mecánicos, los elementos ya estandarizados como rodamientos, tornillos, sprockets serán comprados de acuerdo a los ya escogidos anteriormente por medio de catálogos.

### 6.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA FABRICACION DEL MODELO

Para fabricar el prototipo de etiquetadora de botellas, se cuenta con los siguientes equipos para el mecanizado de las piezas que lo componen.

**6.1.1 Fresadora Induma.** Es la maquina utilizada para las diferentes operaciones de fresado en el proceso fabricación. En la tabla 46 se registran sus principales características.

**Tabla 49.** Características fresadora Induma

<b>FRESADORA</b>	
<b>Descripción</b>	
Fresadora Induma	
<b>Tipo</b>	
Universal	
<b>Mesa de trabajo</b>	
1120 * 250 mm	
<b>Motor</b>	
Trifasico	
<b>Peso</b>	
2050 Kg	


**6.1.2 Torno Leblond.** Es la maquina utilizada para las distintas operaciones de torneado como: roscado, achaflanado, cilindrado y rectificado en el proceso de construcción. En la tabla 47 se registran sus principales características.

**Tabla 50.** Características Torno Leblond

<b>TORNO</b>	
<b>Descripción</b>	
Torno Leblond 18" Heavy Duty	
<b>Modelo</b>	
18 * 126	
<b>Velocidad husillo</b>	
20 - 2660 rpm	
<b>Peso</b>	
5898,4 Kg	

**6.1.3 Taladro de columna.** Es la maquina utilizada para las operaciones de agujeros y roscas requeridos durante el proceso de construcción. En la tabla 48 se registran sus principales características.

**Tabla 51.** Características del taladro

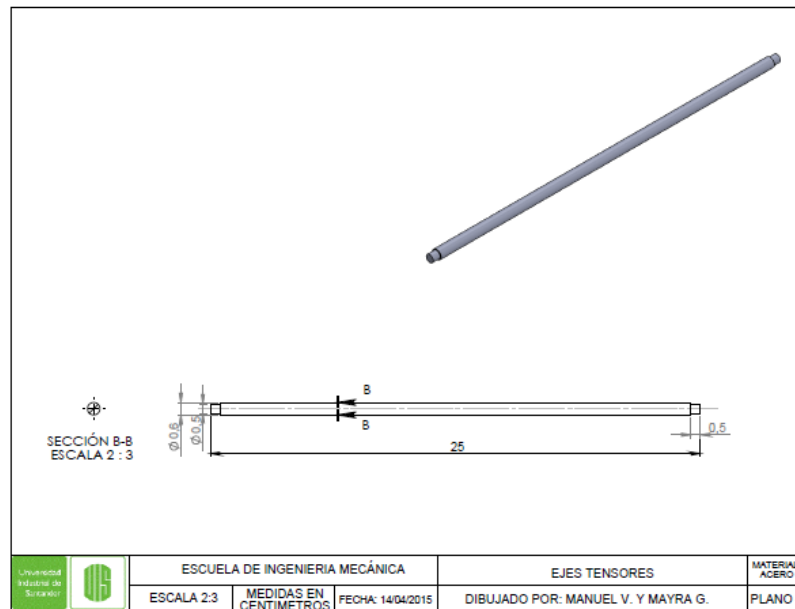
<b>TALADRO DE COLUMNA</b>	
<b>Descripción</b>	
Taladro de columna Bridgeport	
<b>Motor</b>	
3 H.P.	
<b>Velocidades</b>	
80 - 2720 rpm	
<b>Mesa de trabajo</b>	
22,80 * 106,60 cm	
<b>Peso</b>	
600 kg	

## 6.2 FABRICACION PARTES PRINCIPALES

Para el proceso de construcción de la maquina se requirió la fabricación de piezas como: ejes, rodillos, placas laterales y base. Los demás elementos como rodamientos, tornillos, tuercas, etc. fueron escogidos de acuerdo a las estandarizaciones en catálogos según las medidas requeridas.


**6.2.1 Descripción proceso de manufactura de ejes.** La función del eje es el de soportar y transmitir el movimiento del papel a través de los diferentes rodillos. El eje será fabricado en material acero AISI 1020 con un diámetro de  $\frac{1}{4}$ " y 25 cm de largo. Se presenta a continuación la descripción del elemento a fabricar.

**Tabla 52.** Plano de los ejes



A continuación, se muestra la descripción del proceso de fabricación de los ejes por medio de la hoja de ruta (Ver tabla 53).

**Tabla 53.** Hoja de ruta para el proceso de fabricación de los ejes

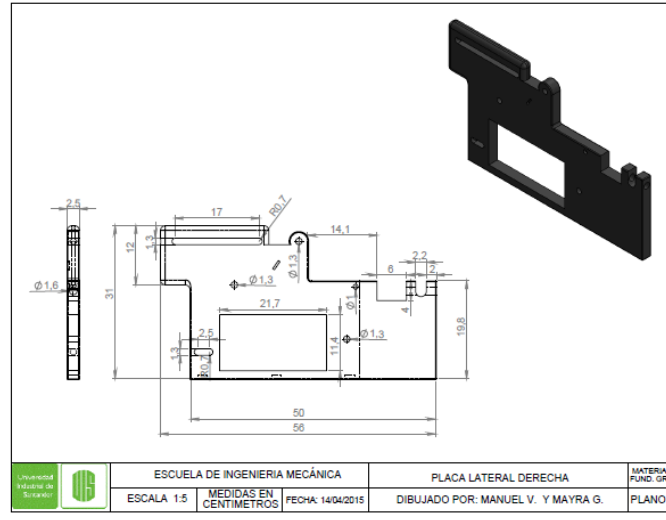
 <span style="float: right;">HOJA DE RUTA</span>					
Parte No.	Nombre de pieza	Fecha			
1	Eje	26-abr-15			
Material	Tamaño	Planificador			
AISI 1020	Cilindro de $x=25\text{ cm}$ , $d_{ext}=5\text{ mm}$	Mayra Gomez/Manuel Vargas			
No.	Operación	Maquina	Velocidad (rev/min)	Avance(mm/rev)	Tiempo de ciclo(min)
10	Refrentado	Torno horizontal	Desbaste (320)	Desbaste (0.15)	2.6
20	Cilindrado ( $d=5\text{ mm}$ )	Torno horizontal	Desbaste (380)	Desbaste (0.07)	3.8

**Figura 72.** Eje finalizado



**6.2.2 Descripción proceso de manufactura de placas laterales.** La función de las placas laterales es soportar todos los componentes que se encuentran apoyados sobre estas y permitir que se pueda transmitir el movimiento. La fabricación comienza a partir de un molde de madera (ver figura 62) con las medidas en croquis de la pieza como tal, para llevarla después a un proceso de fundición en el que la pieza quedara lista para su posterior maquinado con el material correspondiente, en este caso hierro. Después de este proceso de mecanizado se realizan las respectivas ranuras y agujeros en las placas. Al finalizar se realiza un proceso de pintura y acabado para que la pieza tenga una mejor imagen. A continuación se presentan las medidas de la placa lateral.

**Tabla 54.** Plano placa lateral derecha



A continuación, se muestra la descripción del proceso de fabricación de las placas laterales por medio de la hoja de ruta (Ver tabla 55).

**Tabla 55.** Hoja de ruta para el proceso de fabricación de las placas laterales

 <b>HOJA DE RUTA</b>					
Parte No.	Nombre de pieza	Fecha			
3	Placa lateral	26-abr-15			
Material	Tamaño	Planificador			
ANSI 31	Placa de x=56 cm , y=31 cm	Mayra Gomez/Manuel Vargas			
No.	Operación	Maquina	Velocidad (rev/min)	Avance(mm/rev)	Tiempo de ciclo(min)
10	Rectificado	Rectificadora Planeadora	Desbaste (630)	Desbaste (0.018)	4.6
20	Taladrado ( 3*14mm y 2*13mm)	Taladro de arbol	Taladrado (280)	Desbaste (0.03)	3.4
30	Fresado guías(17 mm y 2,5 mm)	Fresadora	Fresadora(320)	Desbaste(0,02)	3,6

**Figura 73.** Molde en madera de placas laterales



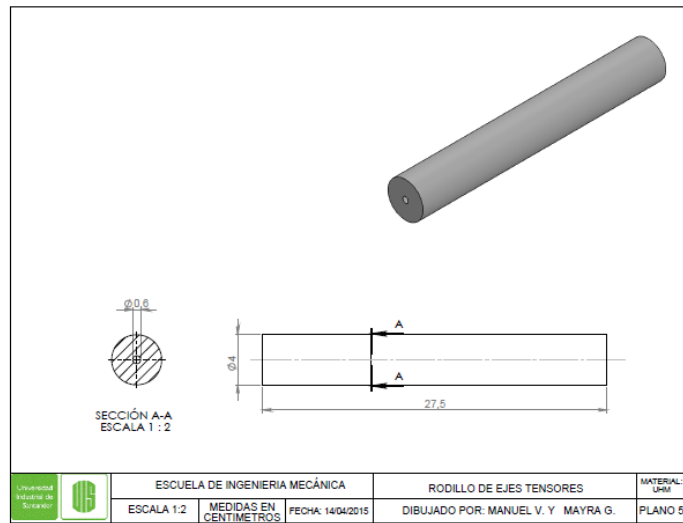
Después del proceso de fundición para obtener la pieza final se prosigue a realizar el mecanizado de los respectivos agujeros y ranuras (ver figura 67).

**Figura 74.** Placa lateral derecha finalizada



**6.2.3 Descripción proceso de manufactura de rodillos.** La función de los rodillos es permitir la transmisión del movimiento y funciona como medio de tensión del papel. Para el proceso de manufactura de rodillo se requieren cilindros en material UHM polietileno de 26 cm de largo y 4 cm de diámetro (ver figura 65) en ellos se realiza el proceso de taladrado con una broca larga a lo largo de todo el eje con un agujero de 1/4". Para finalizar el proceso se introduce el eje en forma ajustada dentro del respectivo agujero (ver figura 66). A continuación se presentan las medidas del rodillo.

**Tabla 56.** Plano rodillo



A continuación, se muestra la descripción del proceso de fabricación de los rodillos por medio de la hoja de ruta (Ver tabla 57).

**Tabla 57.** Hoja de ruta para el proceso de fabricación del rodillo

	HOJA DE RUTA				
Parte No.	Nombre de pieza	Fecha			
2	Rodillo	26-abr-15			
Material	Tamaño	Planificador			
UHM	Cilindro de x=27.5 cm , dext=5 cm	Mayra Gomez/Manuel Vargas			
No.	Operación	Maquina	Velocidad (rev/min)	Avance(mm/rev)	Tiempo de ciclo(min)
10	Refrentado	Torno horizontal	Desbaste (430)	Desbaste (0.30)	1.9
20					

**Figura 75.** UHM Polietileno

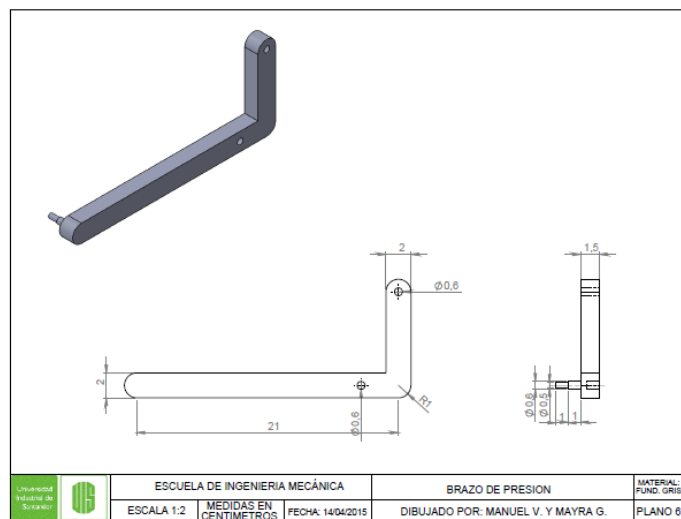


**Figura 76.** Rodillo terminado




**6.2.4 Descripción proceso de manufactura de los brazos de presión.** La función de los brazos de presión es presionar la botella para que esta se fije a su posición y la etiqueta quede pegada correctamente. La fabricación comienza a partir de un molde de madera (ver figura 68) con las medidas en croquis de la pieza como tal, para llevarla después a un proceso de fundición en el que la pieza quedara lista para su posterior maquinado con el material correspondiente, en este caso hierro. Después de este proceso de mecanizado se realizan los respectivos agujeros en los brazos. Al finalizar se realiza un proceso de pintura y acabado para que la pieza tenga una mejor imagen. A continuación se presentan las medidas de la placa lateral.

**Tabla 58.** Plano brazo de presión



A continuación, se muestra la descripción del proceso de fabricación de los brazos que ejercen presión por medio de la hoja de ruta (Ver tabla 59).

**Tabla 59.** Hoja de ruta para el proceso de fabricación del brazo

 <span style="float: right;">HOJA DE RUTA</span>					
Parte No.	Nombre de pieza	Fecha			
4	Brazo	26-abr-15			
Material	Tamaño	Planificador			
ANSI 31	Placa de x=23 cm , y=9 cm	Mayra Gomez/Manuel Vargas			
No.	Operación	Maquina	Velocidad (rev/min)	Avance(mm/rev)	Tiempo de ciclo(min)
10	Rectificado	Rectificadora Planeadora	Desbaste (630)	Desbaste (0.018)	2.5
20	Taladrado (2* 1/4")	Taladro de arbol	Taladrado (280)	Desbaste (0.03)	3.4

**Figura 77.** Molde en madera de brazo de presión



Después del proceso de fundición para obtener la pieza final se prosigue a realizar el mecanizado de los respectivos agujeros (ver figura 71).

**Figura 78.** Brazo de presión terminado



### **6.3 ENSAMBLAJE FINAL**

Después de realizar el proceso de fabricación de cada una de las piezas para la construcción total de la etiquetadora de botellas, se prosigue a realizar el respectivo ensamblaje, obteniendo el modelo que se observa a continuación (Ver figura 72).

**Figura 79.** Modelo ensamblado de etiquetadora de botellas



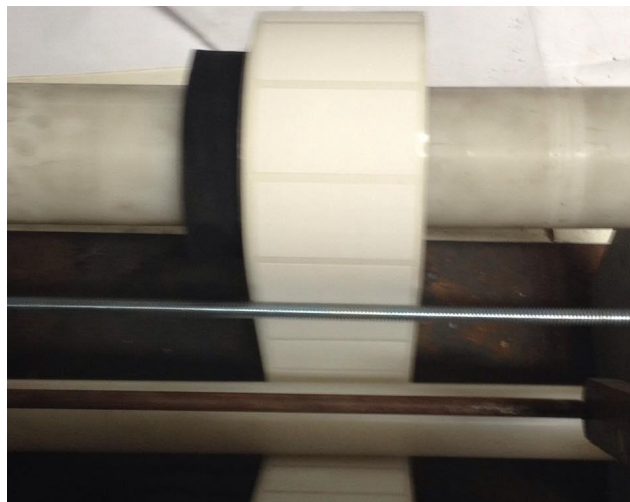
Para el proceso óptimo de funcionamiento de la etiquetadora de botellas se necesita realizar el siguiente procedimiento:

1. Alineamiento y correcta colocación del rollo de papel alrededor de sus respectivos rodillos.

**Figura 80.** Ubicación del papel

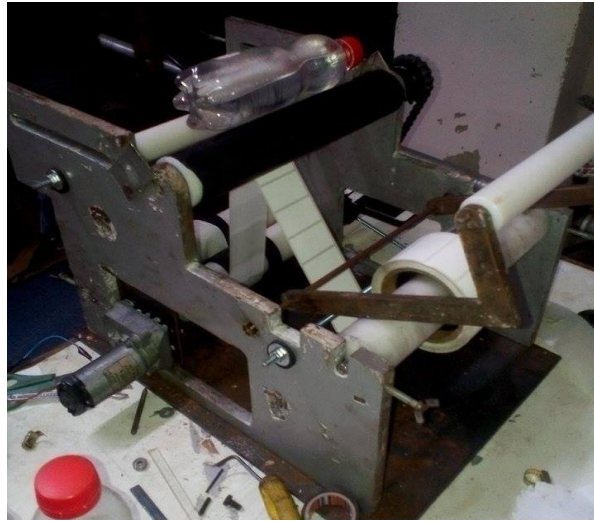


**Figura 81.** Tension y alineacion del rollo de papel



2. Colocación de la respectiva botella a etiquetar

**Figura 82.** Ubicación de la botella en la maquina



3. Colocar el brazo de presión sobre la botella, para que este ayude a presionar y la etiqueta pueda quedar pegada perfectamente sobre la botella.

**Figura 83.** Ubicación del brazo de presión sobre botella



## 6.4 PRUEBAS DEL MODELO

Para realizar las pruebas del modelo, se tienen en cuenta los factores de velocidad de etiquetado en la botella, la alineación del papel durante el etiquetado y la colocación de la etiqueta en la botella.

Al realizar la prueba se determina que la velocidad adecuada para realizar el etiquetado de las botellas establecido es de 6.5 rpm, pero este valor puede variar dependiendo de la velocidad de cambio de botella del operario. Se observa que la etiqueta queda pegada en óptimas condiciones luego de tener una alineación del papel adecuada para que esta no se tuerza.

**Figura 84.** Alineación del papel durante etiquetado



También se puede observar que la cantidad de botellas para el etiquetado depende de la velocidad del operario en los tiempos de cambio de botella.

La prueba realizada se determinó como aceptable en el proceso de etiquetado y cumple con los requerimientos establecidos, ya que se pudo realizar un etiquetado de 6 botellas/min.

**Figura 85.** Prueba de etiquetado de botellas



En el sistema de transmisión de potencia se observa que se cumple satisfactoriamente el proceso ya que la maquina se comporta de una manera estable, sin ruidos ni vibraciones que afecte la salud del operario y que exista algún peligro para este.

También se puede observar que las botellas no presentan ningún tipo de deslizamiento sino rodadura pura permitiendo un etiquetado óptimo.

## 7. CONCLUSIONES

- Se contribuyó al compromiso misional de la escuela de Ingeniería Mecánica de la universidad Industrial de Santander, al diseñar un y construir un prototipo para etiquetado de botellas de bajo costo que permita al sector de alimentos una ayuda en su producción.
- Se cumplió el objetivo de diseñar el prototipo para las especificaciones siguientes:
  - ✓ Botella de 20 a 100 mm de diámetro
  - ✓ Ancho de la etiqueta de 50 a 150 mm
  - ✓ Largo de la etiqueta de 20 a 100 mm
  - ✓ Tamaño total del prototipo aproximadamente de 650\*450\*450 mm

En el que se observa un correcto funcionamiento de etiquetado y precisión de la etiqueta en la respectiva botella.

- El proceso de diseño que incluye los métodos convencionales de ingeniería de cálculo y la posterior validación con software de simulación es un medio confiable. Por medio del programa Solid Works, se crearon modelos CAD que permitieron definir dimensiones y demás características, luego con las herramientas de análisis de elementos se realizaron estudios CAE de cinemática y resistencia de materiales, que permitieron asegurar el correcto desarrollo del diseño y corroborar los correspondientes índices de seguridad, garantizando la detección de fallas oportunas sobre el avance del proceso.
- El uso de tablas en Excel para el manejo y solución de ecuaciones, disminuyó el tiempo durante las modificaciones en los respectivos cálculos, ya que se pudieron realizar de una forma más rápida y ordenada.

- Al ensamblar la maquina se puede identificar que un factor importante para el desarrollo óptimo del proceso de etiquetado de botellas es la alineación del papel, por ende es importante que todos los ejes y rodillos tengan las mismas medidas de longitud, para que al momento de tensión del papel no exista alguna interferencia; para ello se requirió instalar en la maquina dos tornillos de alineamiento y ajuste los cuales proporcionan la exactitud que queremos buscar para un buen funcionamiento. Además, la etiqueta se debe colocar de la manera más precisa para que cuando se adhiera a la botella no quede torcida ni ladeada.
- La fabricación del prototipo se realiza bajo la supervisión de los autores con las hojas de ruta correspondientes y los materiales utilizados fueron conseguidos en el mercado local dando una posibilidad más económica y generando un mayor uso de la mano de obra.

## BIBLIOGRAFIA

CATALOGO DE RODAMIENTOS. Motion y Control NSK [en línea].

Disponible en internet. <http://www.nskamericas.com/Rodamientos.LR.pdf> [citado el 20 de abril de 2015].

COMPANIA GENERAL DE ACEROS. Propiedades mecánicas de los materiales [en línea].

Disponible en Internet. [www.cga.com.co](http://www.cga.com.co) [citado el 28 de marzo de 2015].

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. 3ed. México: Mc Graw-hill, 2007. 1064p.

HAMROCK, Bernard J.; JACOBSON, Bo O. y SCHMID, Steven. Fundamentals of machine elements. 2ed. New York: Mc Graw Hill, 2005. 980 p.

MATWEB: Online materials information resource. [en línea].

Disponible en internet. [www.matweb.com](http://www.matweb.com) [citado el 15 de abril de 2015].

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson, 2006. 530-564 p.

ROJAS, Hernán. Tolerancias y ajustes. Bucaramanga: Uis, 1985. 77 p.

# **ANEXO A. Planos**