



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: REDISEÑO DE UN MOLDE FORMADOR DEL NÚCLEO  
ABSORBENTE CIRCULAR PARA MEJORAR LA  
PRODUCCIÓN DE TOALLAS HIGIÉNICAS MEDIANTE LA  
UTILIZACIÓN DE SOFTWARE CAD/CAM/CAE**

**AUTOR: SALCEDO SAMBACHI, EDGAR RAFAEL**

**DIRECTOR: ING. ACUÑA COELLO, FAUSTO VINICIO**

**LATACUNGA**

**2018**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación **“REDISEÑO DE UN MOLDE FORMADOR DEL NÚCLEO ABSORBENTE CIRCULAR PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE TOALLAS HIGIÉNICAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE CAD/CAM/CAE”** realizado por el señor EDGAR RAFAEL SALCEDO SAMBACHI, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor EDGAR RAFAEL SALCEDO SAMBACHI para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 01 de Agosto del 2018

**Ing. Fausto Vinicio Acuña Coello**

**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **EDGAR RAFAEL SALCEDO SAMBACHI**, con cédula de identidad N° 1722149596 declaro que este trabajo de titulación **“REDISEÑO DE UN MOLDE FORMADOR DEL NÚCLEO ABSORBENTE CIRCULAR PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE TOALLAS HIGIÉNICAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE CAD/CAM/CAE”** ha sido desarrollado considerando métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 01 de Agosto del 2018

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Edgar Rafael Salcedo Sambachi', is positioned above a horizontal line.

**Edgar Rafael Salcedo Sambachi**

**C.C. 1722149596**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, **EDGAR RAFAEL SALCEDO SAMBACHI**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**REDISEÑO DE UN MOLDE FORMADOR DEL NÚCLEO ABSORBENTE CIRCULAR PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE TOALLAS HIGIÉNICAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE CAD/CAM/CAE**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 01 de Agosto del 2018

---

**Edgar Rafael Salcedo Sambachi**

**C.C. 1722149596**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto es dedicado para mi madre Narcisa Sambachi, mis hermanos Daniela Salcedo, Romel Salcedo y Danna Salcedo ya que son las personas más importantes en mi vida y las que siempre han estado ahí junto conmigo en los peores momentos de mi vida, por lo que son mi más grande motor para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y mi morenita por brindarme salud, sabiduría y darme la gratitud de tener a mi familia junta.

A mi madre por ser la persona más importante en mi vida ya que por medio de sus concejos estoy terminado mi etapa universitaria, sin olvidar que es el mejor regalo que me pudo regalar Dios, TE AMO mucho mami.

A mis hermanos porque día a día aprendo de ellos y me llenan de fuerza y coraje, para seguir adelante sin importar los obstáculos que se me presenten en la vida.

También quiero agradecer a mi tío Ismael Sambachi por ser como un padre para mí, y por brindarme su apoyo en uno de los momentos más difícil de mi vida, ya que sin él no hubiese podido seguir adelante.

También quiero agradecer al ingeniero Washington Jiménez, por darme la oportunidad de trabajar con él y de hacer el presente proyecto para la empresa CEMAIN que es la encargada de realizar reingenierías y mantenimiento mecánico.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix

### CAPÍTULO I

#### GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Objetivos.....	1
1.3.1. Objetivo general.....	1
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación.....	2
1.5. Hipótesis.....	2

### CAPÍTULO II

#### ESTADO DEL ARTE

2.1. Introducción.....	3
------------------------	---

2.2.	Evolución de la fabricación de toallas higiénicas .....	3
2.3.	Conceptos básicos para la fabricación de toallas sanitarias .....	4
2.3.1.	Toalla sanitaria .....	4
A.	Capas de protección de una toalla sanitaria .....	4
2.3.2.	Pulpa virgen o celulosa .....	5
2.3.3.	Absorbente o SAP.....	5
2.4.	Proceso de producción de toallas sanitarias en FAMILIA SANCELA	6
2.4.1.	Proceso de formación del núcleo de una toalla sanitaria. ....	9
2.5.	Proceso de fabricación de toallas sanitarias a nivel mundial .....	12
2.6.	Materia prima para la fabricación de toallas sanitarias.....	13
2.7.	Análisis de fallas y posibles soluciones.....	13
2.7.1.	Análisis de fallas.....	13
2.7.2.	Causas de pérdidas de materia prima en la fabricación de toallas sanitarias.....	15
A.	Desfibrado.....	15
a.1.	Pedazos o Chips .....	15
b.1.	Nudos.....	15
c.1.	Crispetas .....	16
d.1.	Finos .....	16
B.	Cascos formadores del núcleo.....	17
a.1.	Ausencia total o parcial .....	17
b.1.	Núcleo desvanecido .....	18
c.1.	Núcleo doblado .....	18
d.1.	Núcleo partido .....	18
2.7.3.	Posibles soluciones.....	19
A.	En el Molino .....	19



a.1.	Insertos de cuchillas de widea .....	20
b.1.	Barra freno .....	21
B.	En el matformer y campana para la formación del núcleo .....	24
a.1.	Ángulo de entrada de la pulpa .....	24
b.1.	Núcleo de los cascos formadores .....	27
c.1.	Espesor del matformer .....	29
2.8.	Análisis entre fallas de desfibrado y de formación del núcleo .....	29
2.9.	Análisis de producción .....	29
2.10.	Aceros para moldes .....	30
2.10.1.	Acero pretemplado para moldes y portamoldes .....	30
2.10.2.	Acero de temple para moldes .....	30
2.10.3.	Acero para moldes resistente a la corrosión .....	30
2.10.4.	Aluminio .....	31
A.	Duraluminio .....	32
a.	Composición química .....	32
b.	Propiedades físicas .....	32
c.	Aplicaciones del duraluminio .....	33
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>34</b>
<b>DISEÑO Y SELECCIÓN.....</b>		<b>34</b>
3.1.	Introducción.....	34
3.2.	Sistemas CAD.....	34
3.3.	Requerimientos y selección de material para los cascos .....	36
3.4.	Forma y tamaño .....	37
3.4.1.	Forma.....	37
3.4.2.	Tamaño .....	40
3.5.	Volumen .....	44
3.6.	Material absorbente.....	47

3.7.	Sujeción .....	48
3.7.1.	Malla.....	49
3.7.2.	Insertos sujetadores de malla .....	51
3.7.3.	Sujetadores .....	51
3.8.	Propuestas de diseño de cascos mediante sistemas CAD .....	52
3.8.1.	Primer diseño .....	52
A.	Rediseño de la forma del casco .....	52
B.	Rediseño del núcleo del casco.....	53
C.	Rediseño del volumen del casco.....	54
D.	Rediseño de insertos para el casco .....	54
E.	Rediseño del soporte para la malla del casco.....	56
3.8.2.	Segundo diseño .....	57
A.	Cálculo volumen 1 .....	58
B.	Cálculo volumen 2.....	60
C.	Cálculo volumen 3.....	61
D.	Cálculo volumen 4.....	63
E.	Cálculo volumen 5.....	64
F.	Cálculo volúmenes 6 y 7 .....	66
G.	Cálculo total .....	67
H.	Forma nueva del casco .....	68
I.	Soporte para malla metálica.....	68
3.9.	Selección del diseño óptimo.....	69
3.10.	Sistemas CAE .....	70
3.11.	Análisis y comparación de volumen .....	71
3.12.	Sistemas CAM .....	72
3.13.	Procesos utilizados .....	72
3.13.1.	Cortadoras CNC.....	72

A.	Características de cortadora por agua .....	73
a.1.	Software empleado en la cortadora por agua .....	74
B.	Características de corte por hilo.....	75
a.1.	Software empleado en la cortadora por hilo.....	76
b.1.	Proceso de mecanizado del corte por hilo .....	76
3.13.2.	Centro de mecanizado .....	77
A.	Software para programar el centro de mecanizado .....	77
B.	Selección de herramientas de corte.....	78
a.1.	Selección de herramientas para planear.....	78
b.1.	Selección de herramientas para contornear y ranurar .....	79
c.1.	Selección de herramientas para acabado .....	80
d.1.	Selección de herramientas para taladrado.....	80
e.1.	Selección de herramientas para roscado .....	81
C.	Selección de herramientas de sujeción para cortadores.....	82
D.	Cálculo de parámetros de velocidad .....	82
3.14.	Implementación virtual de la alternativa .....	88

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1.	Análisis técnico .....	89
4.1.1.	Análisis de volumen en el llenado del casco .....	89
4.2.	Análisis económico.....	90
4.2.1.	Materiales empleados en el casco .....	90
4.2.2.	Mecanizado del casco.....	91
4.2.3.	Costos de ingeniería .....	92
4.2.4.	Análisis de producción .....	92
A.	Cálculo de consumo de celulosa o pulpa en un mes .....	92

B.	Ingresos mensuales de toallas sanitarias.....	93
C.	Cálculo del TIR y VAN.....	94
4.3.	Validación de la hipótesis.....	95

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	99
5.2.	Recomendaciones.....	100
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>101</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>105</b>

**Anexo 1.** Dimensiones toallas sanitarias..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 2.** Plancha de espesores del material 304¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 3.** Casco formador ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 4.** Soporte malla ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 5.** Inserto medio ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 6.** Inserto lateral ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 7.** Características cortadoras por agua¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 8.** Características cortadoras por hilo . ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 9.** Características centro de mecanizado¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 10.** Características machuelos M4..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 11.** Juego de pinzas..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 12.** Mandril drill chuck ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 13.** CoroMill 390..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 14.** Facemilling..... ¡Error! Marcador no definido.

**Anexo 15.** Fuerzas específicas de corte ..... ¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Capas de una toalla sanitaria.....	4
<b>Figura 2.</b> Pulpa virgen o celulosa.....	5
<b>Figura 3.</b> Absorbente o SAP .....	5
<b>Figura 4.</b> Proceso de fabricación de toallas higiénicas .....	6
<b>Figura 5.</b> Formación del núcleo.....	6
<b>Figura 6.</b> Siliconado central.....	7
<b>Figura 7.</b> Corte y forma de la toalla sanitaria .....	7
<b>Figura 8.</b> Proceso de doblado .....	8
<b>Figura 9.</b> Empaquetado.....	8
<b>Figura 10.</b> Proceso de formación del núcleo de una toalla sanitaria.....	9
<b>Figura 11.</b> Molino .....	10
<b>Figura 12.</b> Transporte a la campana de matformer .....	10
<b>Figura 13.</b> Llenado de cascos .....	11
<b>Figura 14.</b> Control del SAP .....	11
<b>Figura 15.</b> Tambor SLIMITY.....	12
<b>Figura 16.</b> Máquina fabricadora de toallas sanitarias.....	13
<b>Figura 17.</b> Consumo de pulpa química .....	14
<b>Figura 18.</b> Chips.....	15
<b>Figura 19.</b> Nudos.....	16
<b>Figura 20.</b> Crispetas.....	16
<b>Figura 21.</b> Finos .....	17
<b>Figura 22.</b> Ausencia total o parcial de pulpa .....	17
<b>Figura 23.</b> Núcleo desvanecido.....	18
<b>Figura 24.</b> Núcleo doblado .....	18
<b>Figura 25.</b> Núcleo partido.....	19
<b>Figura 26.</b> Partes de un molino: 1) Soporte de rodillos haladores, 2) Carcaza – soporte del rotor, 3) Motoreductor de rodillos haladores de pulpa, 4) Ducto de recirculación de	

pulpa, 5) Barra freno, 6) Motor principal, 7) Rotor de disco,	
8) Placa refinadora, 9) Soporte de rodamientos,	
10) Transmisión de potencia.....	19
<b>Figura 27.</b> Insertos despostillados.....	20
<b>Figura 28.</b> Cuchillas en buen estado.....	21
<b>Figura 29.</b> Ángulo de la barra freno y calibración con respecto a las puntas del rotor.....	22
<b>Figura 30.</b> Desgaste de barra freno .....	22
<b>Figura 31.</b> Entrada de pulpa al casco.....	25
<b>Figura 32.</b> Entrada de pulpa al casco con ángulo no perpendicular.....	25
<b>Figura 33.</b> Ángulo perpendicular a los cascos .....	26
<b>Figura 34.</b> Cambio de campana .....	26
<b>Figura 35.</b> Cascos formadores .....	27
<b>Figura 36.</b> Casco desgastado .....	27
<b>Figura 37.</b> Forma del núcleo "Básica" .....	39
<b>Figura 38.</b> Dimensiones núcleo existente .....	41
<b>Figura 39.</b> Medida del espesor de casco existente .....	42
<b>Figura 40.</b> Dimensiones del casco .....	43
<b>Figura 41.</b> Volumen del núcleo.....	44
<b>Figura 42.</b> Volúmenes de toallas sanitarias de México .....	45
<b>Figura 43.</b> Volúmenes de toallas sanitarias de Perú .....	46
<b>Figura 44.</b> Mesh 20 .....	49
<b>Figura 45.</b> Insertos y malla.....	51
<b>Figura 46.</b> Casco existente .....	52
<b>Figura 47.</b> Partes modificas del casco .....	53
<b>Figura 48.</b> Modificación del ángulo de desmontaje a 15 grados .....	53
<b>Figura 49.</b> Rediseño del núcleo del casco .....	54
<b>Figura 50.</b> Casco modificado con insertos laterales.....	55
<b>Figura 51.</b> Casco con inserto medio.....	55
<b>Figura 52.</b> Soporte para malla modificada .....	56
<b>Figura 53.</b> Casco ensamblado .....	57

<b>Figura 54.</b> Dimensiones del núcleo del segundo diseño .....	57
<b>Figura 55.</b> Secciones de áreas.....	58
<b>Figura 56.</b> Cálculo de volumen parte 1 .....	59
<b>Figura 57.</b> Cálculo de volumen parte 2 .....	60
<b>Figura 58.</b> Cálculo de volumen parte 3 .....	62
<b>Figura 59.</b> Cálculo de volumen parte 4 .....	63
<b>Figura 60.</b> Cálculo de volumen parte 5 .....	65
<b>Figura 61.</b> Detalles del D y E.....	66
<b>Figura 62.</b> Forma segundo diseño del casco .....	68
<b>Figura 63.</b> Segunda propuesta soporte para malla .....	68
<b>Figura 64.</b> Casco ensamblado .....	69
<b>Figura 65.</b> Volumen calculado en SolidWorks.....	71
<b>Figura 66.</b> Dimensiones soporte para malla.....	74
<b>Figura 67.</b> Medidas inserto medio .....	75
<b>Figura 68.</b> Herramienta para planear .....	79
<b>Figura 69.</b> Herramienta para contornear y ranurar .....	79
<b>Figura 70.</b> Herramientas para acabado.....	80
<b>Figura 71.</b> Broca para centros.....	80
<b>Figura 72.</b> Código parte inicial.....	87
<b>Figura 73.</b> Código parte final.....	87
<b>Figura 74.</b> Casco ensamblado en la rueda .....	88
<b>Figura 75.</b> Simulación llenado de casco.....	89
<b>Figura 76.</b> Volumen en el llenado del casco .....	90
<b>Figura 77.</b> Valores hipótesis nula.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Materia prima para la fabricación de toallas sanitarias .....	13
<b>Tabla 2</b> Uso de pulpa por año .....	14
<b>Tabla 3</b> Calibración de barra freno .....	23
<b>Tabla 4</b> Cambios de barra freno .....	24
<b>Tabla 5</b> Pérdida de materia prima en los cascos .....	28
<b>Tabla 6</b> Suma de rechazo de toallas sanitarias .....	28
<b>Tabla 7</b> Propiedades del acero inoxidable .....	31
<b>Tabla 8</b> Composición química del duraluminio (% en peso) .....	32
<b>Tabla 9</b> Propiedades físicas del duraluminio .....	32
<b>Tabla 10</b> Software CAD .....	35
<b>Tabla 11</b> Selección de materiales .....	37
<b>Tabla 12</b> Formas de núcleos de toallas sanitarias .....	38
<b>Tabla 13</b> Ponderaciones de formas de toallas sanitarias .....	39
<b>Tabla 14</b> Dimensiones de toallas sanitarias .....	40
<b>Tabla 15</b> Requisitos dimensionales de las toallas sanitarias .....	43
<b>Tabla 16</b> Requisitos de absorción, pH y microbiológicos de las toallas sanitarias. ....	47
<b>Tabla 17</b> Comparación de toallas sanitarias volumen vs tiempo .....	48
<b>Tabla 18</b> Dimensiones de mesh. ....	50
<b>Tabla 19</b> Volúmenes de Núcleos de Cascos .....	69
<b>Tabla 20</b> Software CAE matemáticos .....	70
<b>Tabla 21</b> Cortadoras CNC .....	73
<b>Tabla 22</b> Hoja de procesos para corte por agua .....	75
<b>Tabla 23</b> Hoja de procesos de manufactura .....	76
<b>Tabla 24</b> Software CAM .....	77
<b>Tabla 25</b> Roscas métricas .....	81
<b>Tabla 26</b> Hoja de procesos .....	86
<b>Tabla 27</b> Costo de materiales .....	91
<b>Tabla 28</b> Costo de máquinas empleadas en el mecanizado .....	91
<b>Tabla 29</b> Costos de ingeniería .....	92



<b>Tabla 30</b> Costos en porcentajes de factores para la fabricación de toallas sanitarias .....	93
<b>Tabla 31</b> Uso de tabla ji-cuadrado.....	97

## RESUMEN

El proyecto consistió en el rediseño de un molde formador del núcleo absorbente circular para mejorar la producción de toallas higiénicas mediante la utilización de software CAD/CAM/CAE, para lo cual mediante la investigación bibliográfica se describió el proceso para la fabricación de toallas sanitarias, además se enfocó en el diseño de nuevos cascos para la optimización del proceso de las mismas, por lo que se utilizó la filosofía CAD/CAM/CAE para su respectiva evaluación. Dicho proceso se lo efectuó primeramente con el modelado en un software CAD hasta que sea adecuado, después se eligió un material similar a los cascos existentes en cuanto a sus características mecánicas; mediante la ayuda de un software CAE se procedió hacer un análisis para verificar si las propiedades físicas y mecánicas son las adecuadas al momento de que los cascos lleguen hacer manufacturados. También se comprobó la factibilidad del rediseño, por lo que se realizó una manufactura virtual en un software CAM. Finalmente se utilizó un software CAE para la demostración de la mejora de los nuevos cascos con los ya existentes, también se hizo pruebas virtuales en el software CAE SolidWorks en su versión estudiantil y se obtuvo como resultados la reducción de materia prima en un 37% y el aumento de producción en un 27%.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **HELMET REDESIGN**
- **CAD / CAM / CAE**
- **VIRTUAL MANUFACTURING**
- **TRAINING HELMETS**

## SUMMARY

The project consisted in the redesign of a forming mold of the circular absorbent core to improve the production of sanitary towels through the use of CAD / CAM / CAE software, for which the bibliographic research described the process for the manufacture of sanitary napkins, also focused on the design of new helmets for the optimization of the same process, so the CAD / CAM / CAE philosophy was used for its respective evaluation. This process was first performed with the modeling in a CAD software until it was adequate, then a material equal or similar to the existing helmets was chosen in terms of its mechanical characteristics; With the help of CAE software, an analysis was carried out to verify if the physical and mechanical properties are the most adequate at the time that the helmets arrive to make manufactured. The feasibility of the redesign was also checked, so a virtual manufacturing was carried out in CAM software. Finally CAE software was used to demonstrate the improvement of new helmets with existing ones, virtual tests were also carried out on CAE SolidWorks software in its student version and the raw material reduction was obtained by 37% and the production increase by 27%.

### KEYWORDS:

- Redesign
- CAD / CAM / CAE
- Manufacturing
- Virtual manufacturing
- Helmets

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

La empresa CEMAIN es una empresa ubicada en la provincia de Pichincha cantón Mejía, parroquia Tambillo, barrio El Rosal, la cual se dedica a dar servicios de mantenimiento, reingeniería y es proveedora estratégica. El proyecto del rediseño de los cascos para la fabricación de toallas higiénicas empezó, mediante la petición de la empresa FAMILIA SANCELA ubicada en la provincia de Cotopaxi ciudad Lasso, la misma que es una de las fabricantes de papel en el país, en ese caso requiere del mejoramiento de los cascos para optimizar la producción, el motivo se da debido a que por el uso excesivo los cascos existentes, se encuentran en mal estado, por lo que requieren una mejor propuesta de diseño para satisfacer al mercado.

### 1.2. Planteamiento del problema

La fabricación de toallas higiénicas es una forma de manufactura industrial existente en el país, pero al momento de producirlas se las está realizando sin monitoreo de la materia prima conforme a la norma, dicha materia prima está formada por un 80% de celulosa (pulpa) y un 20% de absorbente, teniendo en cuenta que el material es demasiado caro para la fabricación de la misma, lo que produce pérdidas a futuro en la empresa y la no permanencia del proceso.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

Rediseñar un molde formador del núcleo absorbente circular para mejorar la producción de toallas higiénicas mediante la utilización de software CAD/CAM/CAE.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Rediseñar el molde formador del núcleo absorbente circular.
- Mejorar la producción reduciendo el volumen del nuevo molde.
- Utilizar software CAD/CAM/CAE en el diseño, selección, manufactura y análisis del molde circular.

### **1.4. Justificación**

Mediante el rediseño del molde circular fabricante de toallas higiénicas se reducirá el volumen en los nuevos cascos, lo que conllevaría a la disminución de materia prima de aportación, para la elaboración de las mencionadas, tomando en cuenta que la empresa portadora del producto llegaría a obtener mayor ahorro de materia prima y la permanencia del proceso para la misma, lo que significaría que la empresa llegará a producir mucho más.

### **1.5. Hipótesis**

Mediante el rediseño de un molde formador del núcleo absorbente se podrá mejorar la producción de toallas sanitarias, con la utilización de software CAD/CAM/CAE.

## **CAPÍTULO II**

### **ESTADO DEL ARTE**

#### **2.1. Introducción**

En el presente capítulo se presentará la teoría necesaria para entender los conceptos basados en el proceso de fabricación de toallas sanitarias, los cuales serán de utilidad para el desarrollo del proyecto, y así orientar todos los capítulos siguientes de una manera clara en cuanto al tema propuesto.

#### **2.2. Evolución de la fabricación de toallas higiénicas**

Hace mucho tiempo atrás las mujeres tenían que buscar la manera de detener el flujo menstrual de diferentes maneras, la mayoría de ellas les causaba incomodidad, inseguridad y manchas inesperadas, es por eso que en 1920 Kimberly Clark produce la primera toalla sanitaria, a partir de esa fecha las empresas productoras de toallas higiénicas han acelerado la adopción de nuevas tecnologías e información, así como también, la introducción de productos tecnológicamente sofisticados que sean consistentes y estén adecuadamente integradas en las estrategias generales de negocio. (Fabiola Arellano, 2013)

Kimberly Clark da paso a una nueva propuesta e innovación en toallas femeninas, que surge del profundo conocimiento de las necesidades de las consumidoras que antes debían sacrificar un beneficio por el otro, es decir las mujeres tenían que elegir entre la tela o la malla. La toalla actual cuenta con mejoras de absorción, gracias a sus círculos azules y gel en su interior, con una variedad de cubiertas de tela y malla suaves y absorbentes, con su innovadora cubierta dual con micro-poros. Esta propuesta abre las puertas a una nueva generación de protección femenina que proporciona mayor comodidad (Fabiola Arellano, 2013).

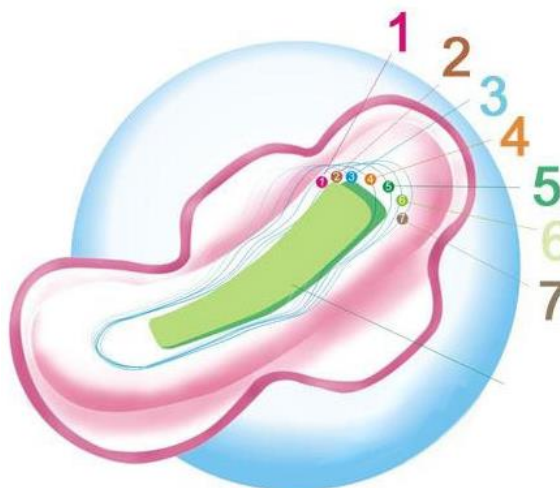
## 2.3. Conceptos básicos para la fabricación de toallas sanitarias

### 2.3.1. Toalla sanitaria

Una toalla sanitaria es un absorbente usado por mujeres durante el periodo menstrual, en casos de sangrado post parto o en cualquier situación durante la cual sea necesario absorber el fluido de sangre vaginal. Además, las toallas sanitarias cuentan con varias capas para realizar su funcionamiento de manera correcta (Anion, 2018).

#### A. Capas de protección de una toalla sanitaria

La toalla sanitaria está compuesta por siete capas, tal como se las puede indicar en la figura 1 (Anion, 2018).



**Figura 1.** Capas de una toalla sanitaria

Fuente: (Anion, 2018)

- 1ra Capa: Superficie suave superior de algodón - dándole ultra comodidad
- 2da Capa: Acolchado único de anión - para aliviar malestares menstruales.
- 3ra Capa: Ultra suave de algodón - realza la suavidad y la frescura.
- 4ta Capa: Super absorbente - mantiene la superficie seca.
- 5ta Capa: Ultra suave del algodón - realza la suavidad y la frescura.
- 6ta Capa: Inferior transpirable - elimina la humedad y el calor rápido.
- 7mo Capa: Adhesiva diseñada - con forma ergonómica humana (Winalite, 2011).

### 2.3.2. Pulpa virgen o celulosa

Es el material más común utilizado para la fabricación de material absorbente para productos de protección higiénica; las maderas utilizadas para este fin son conocidas como maderas blandas como el pino.

La pulpa es el producto que resulta de la separación de los elementos que componen los tejidos vegetales los cuales poseen gran proporción de fibras, sin agregar ningún otro componente. La separación, es conocida como desfibrado, esta se realiza por medios químicos, mecánicos o por una mezcla de ambos, la pulpa virgen o celulosa como se observa en la figura 2 (Núñez, 2005).



**Figura 2.** Pulpa virgen o celulosa

Fuente: (J&J TechControl, 2010)

### 2.3.3. Absorbente o SAP

En la figura 3, se observa el SAP, el cual se encuentra al interior de la toalla y absorbe los líquidos. Además, su función es de recoger y almacenar los fluidos corporales desechados por el organismo (CEIPA, 2014).



**Figura 3.** Absorbente o SAP



## 2.4. Proceso de producción de toallas sanitarias en FAMILIA SANCELA

El proceso de producción consta de etapas secuenciales las mismas que se observan en la figura 4.



**Figura 4.** Proceso de fabricación de toallas higiénicas

Fuente: (FLUFF, 2018)

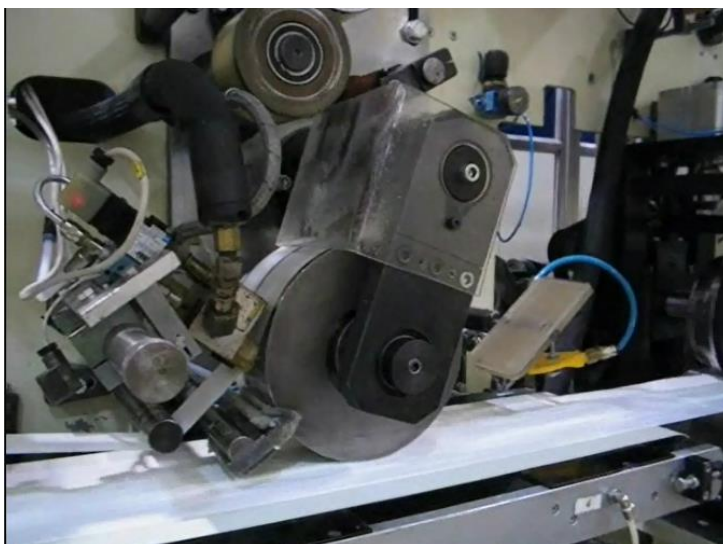
La figura 5 indica el inicio con la aplicación de un núcleo, conformado por pulpa virgen o celulosa desfibrada que es mezclada con el absorbente o SAP; este núcleo es depositado en una capa inferior de polietileno. Posteriormente se aplica una capa superior de tela no tejida. Ambas capas son adheridas al núcleo con adhesivos de fijación (Borrero Juan, 2017).



**Figura 5.** Formación del núcleo

Fuente: (FLUFF, 2018)

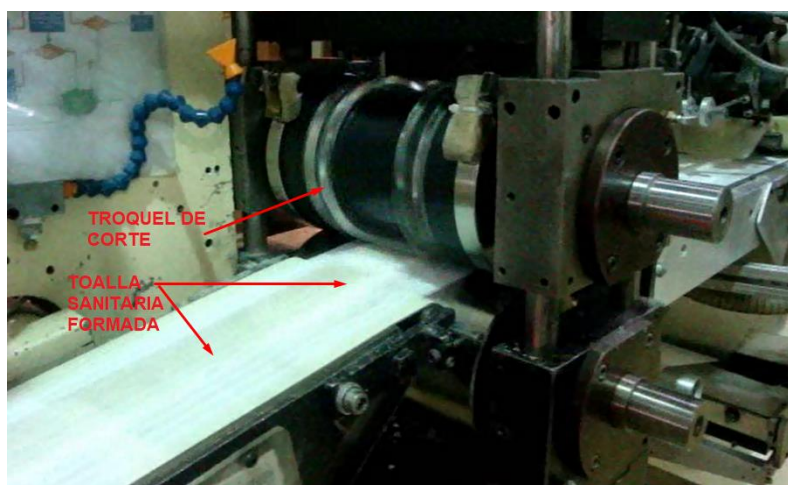
La figura 6 indica como la toalla ya formada pasa por una fase en la que la malla se la compacta con la tela; luego se le incorpora un canal central anti-derrames y se le adhiere una cinta central siliconada, que tiene la propiedad de desprenderse fácilmente de la toalla para la fijación a la prenda íntima (Borrero Juan, 2017).



**Figura 6.** Siliconado central

Fuente: (FLUFF, 2018)

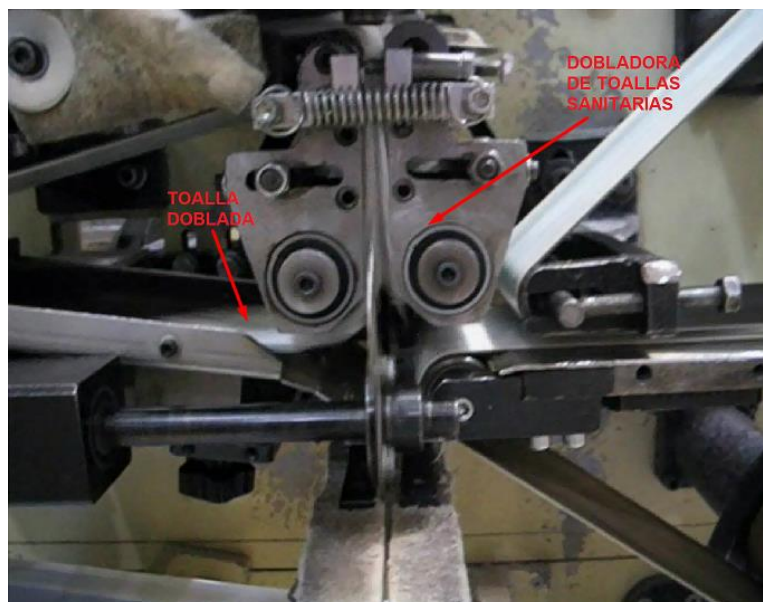
En la figura 7 se observa cómo se realiza el corte de la toalla, dándole forma a las alas; éstas son plegadas hacia el centro de la toalla, donde se adhieren con cinta siliconada para que, al momento de su uso, sean retiradas y las alas queden adheridas a la ropa (Borrero Juan, 2017).



**Figura 7.** Corte y forma de la toalla sanitaria

Fuente: (FLUFF, 2018)

La figura 8 muestra que la toalla sanitaria pasa por el proceso de doblado para su presentación final.



**Figura 8.** Proceso de doblado

Fuente: (FLUFF, 2018)

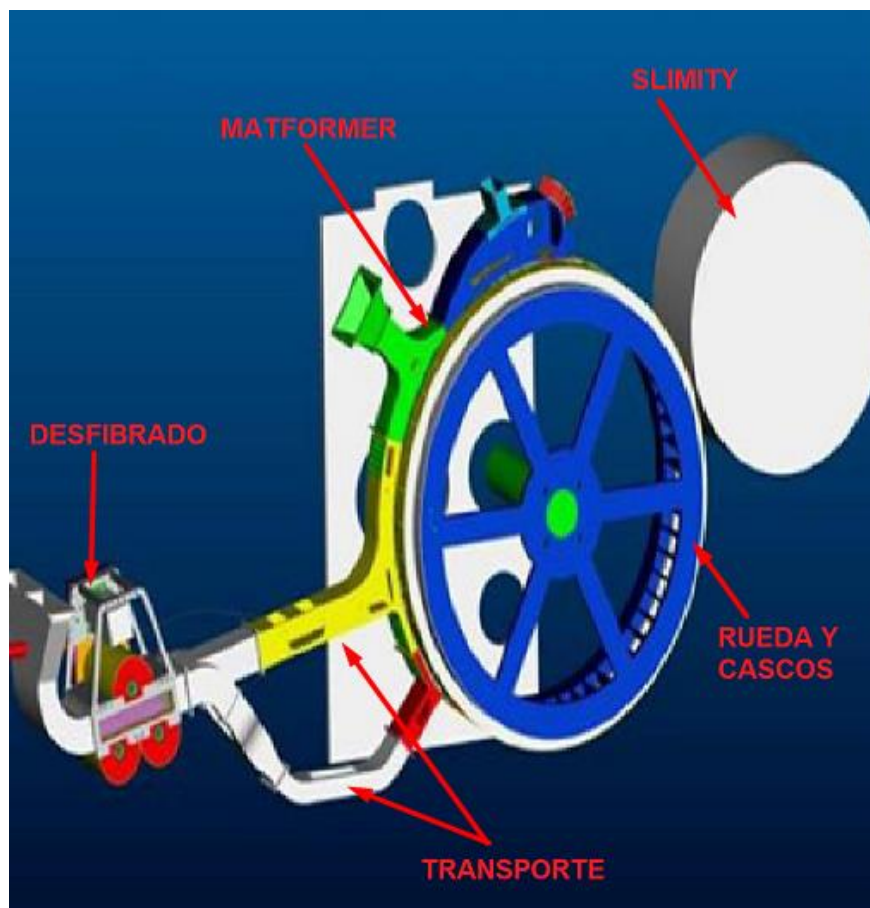
La figura 9 muestra la fase final del proceso, la cual es cuando, la toalla se envuelve en un empaque de polietileno, para evitar que su higiene sea alterada por efectos de la manipulación a que es sometida en su distribución al mercado (Borrero Juan, 2017).



**Figura 9.** Empaquetado

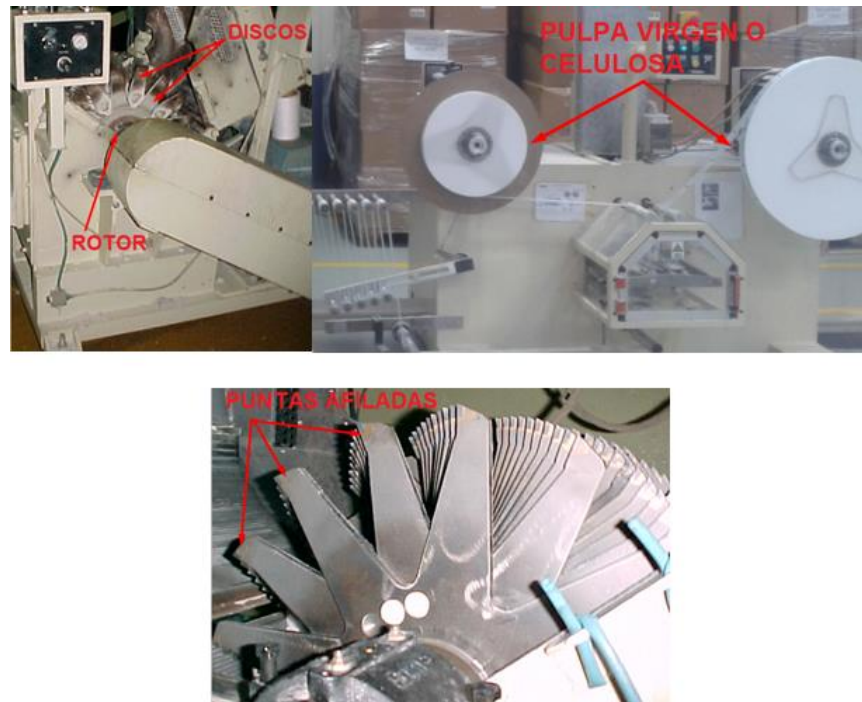
### 2.4.1. Proceso de formación del núcleo de una toalla sanitaria.

A continuación, como se muestra en la figura 10, podemos visualizar el proceso de formación del núcleo de toallas higiénicas. Además, el mismo será descrito para su mejor entendimiento.



**Figura 10.** Proceso de formación del núcleo de una toalla sanitaria

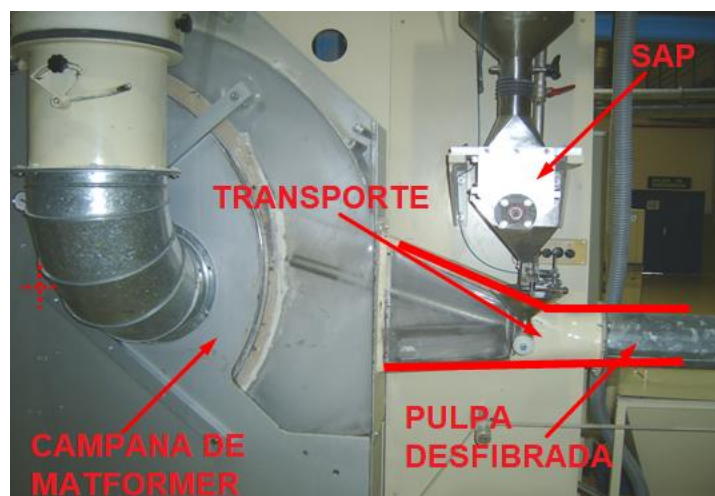
La figura 11 muestra como la pulpa virgen o celulosa ingresa al molino, aquí es desfibrada debido que el molino está compuesto por rodillos haladores que son partes no visibles, las mismas que impactan la pulpa y la introducen al rotor, también posee discos con una serie de puntas afiladas, las cuales golpean la pulpa desfibrándola (Borrero Juan, 2017).



**Figura 11.** Molino

Fuente: (FLUFF, 2018)

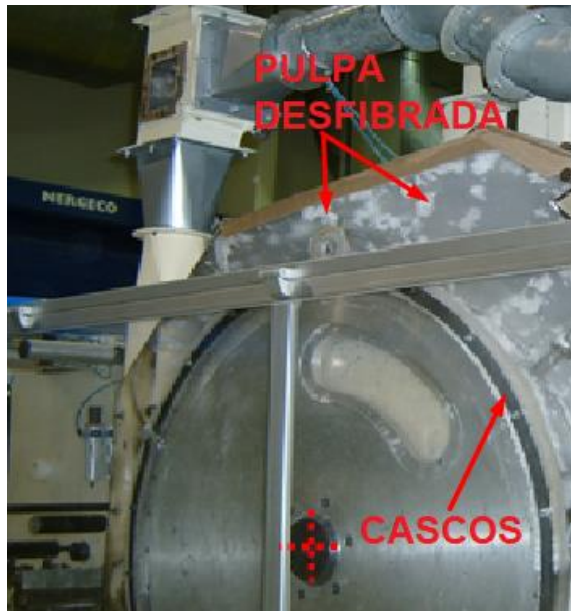
La figura 12 muestra como mediante un ventilador el cual se encuentra a continuación del molino, es el encargado de que la pulpa desfibrada sea transportada, tomando en cuenta que el sistema de transporte debe ser balanceado lo que significa que debe tener un caudal adecuado para que pueda entrar a la campana de matformer, además es la que se encarga de contener los cascos formadores (Borrero Juan, 2017).



**Figura 12.** Transporte a la campana de matformer

Fuente: (FLUFF, 2018)

En la figura 13 se puede observar en como la campana de matformer la que es poseedora de los cascos, son llenados con una cantidad específica de pulpa y absorbente o SAP, para formar el núcleo del producto. Además, para el control de volumen del SAP se realiza por medio de sensores, tal como se muestra en la figura 14 (Borrero Juan, 2017).



**Figura 13.** Llenado de cascos

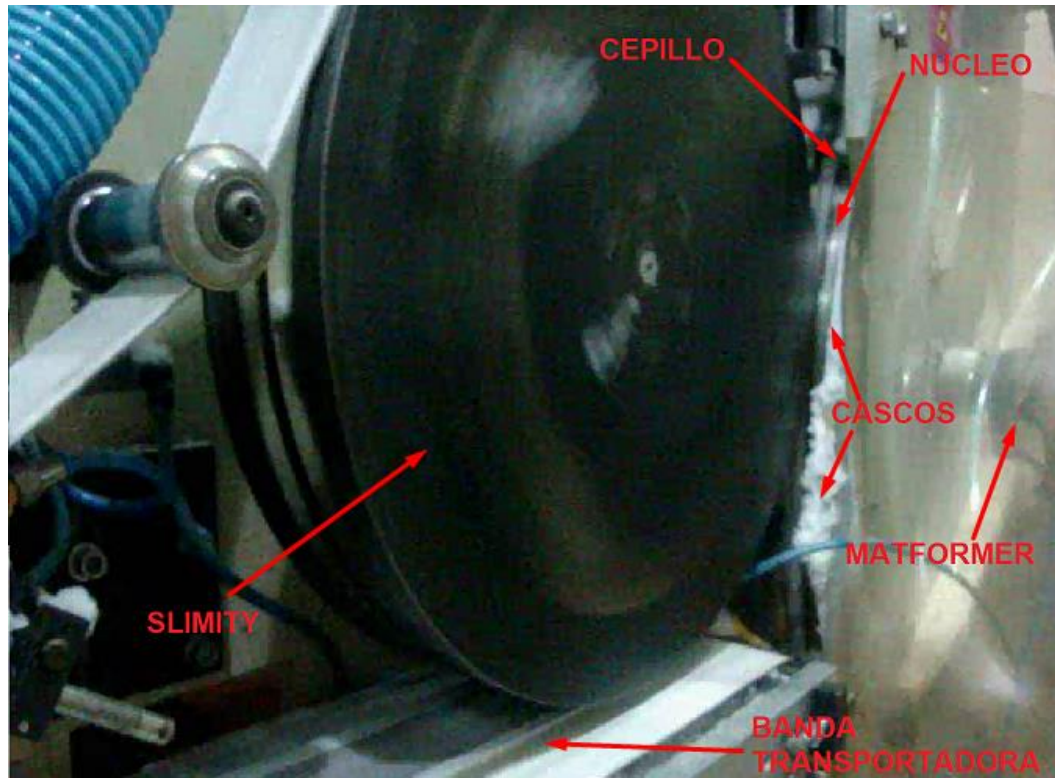
Fuente: (FLUFF, 2018)



**Figura 14.** Control del SAP

Fuente: (FLUFF, 2018)

La figura 15 muestra que cuando está formado el núcleo pasa por dos filtros o cepillos, estos son los encargados de limpiar el exceso pulpa que se encuentren en los cascos. También interfiere el slimity que es un tambor, el cual extrae el núcleo del matformer llevándolo por una banda transportadora (Borrero Juan, 2017).



**Figura 15.** Tambor SLIMITY

Fuente: (FLUFF, 2018)

## 2.5. Proceso de fabricación de toallas sanitarias a nivel mundial

El proceso de toallas sanitarias siempre será igual en toda empresa fabricante de las mismas, tal como se muestra en la figura 16, debido a que se requieren de igual manufactura, pero sí se debe tomar en cuenta que cada compañía tienen sus modelos diferentes, por lo que los cascos poseerán la forma de cada marca de toalla sanitaria que la empresa productora realice (Mullo Byron, 2018).



**Figura 16.** Máquina fabricadora de toallas sanitarias

Fuente: (Shanghai Zhilian Precision Machinery Co, 2018)

## 2.6. Materia prima para la fabricación de toallas sanitarias

Para decir que una toalla sanitaria es un producto de buena calidad, se tendrá muy en cuenta la materia prima, que es importante al momento de su fabricación, como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1**

Materia prima para la fabricación de toallas sanitarias

<b>Materia Prima para Toallas Sanitarias</b>		
<b>Materia prima</b>	<b>Descripción (mm)</b>	<b>Peso (gramos)</b>
Telas no tejidas	175 x 220	1
Papel fino	65 x 180	0.5
Pulpa	62 x 180	7.5
Cinta de polietileno	7.5 x 220	0.2
Adhesivo de alta temperatura	10 x 140	0.5
Papel suelto	20 x 220	0.3
<b>Total de peso</b>		<b>10</b>

Fuente: (Zamora Angela, 2013)

## 2.7. Análisis de fallas y posibles soluciones

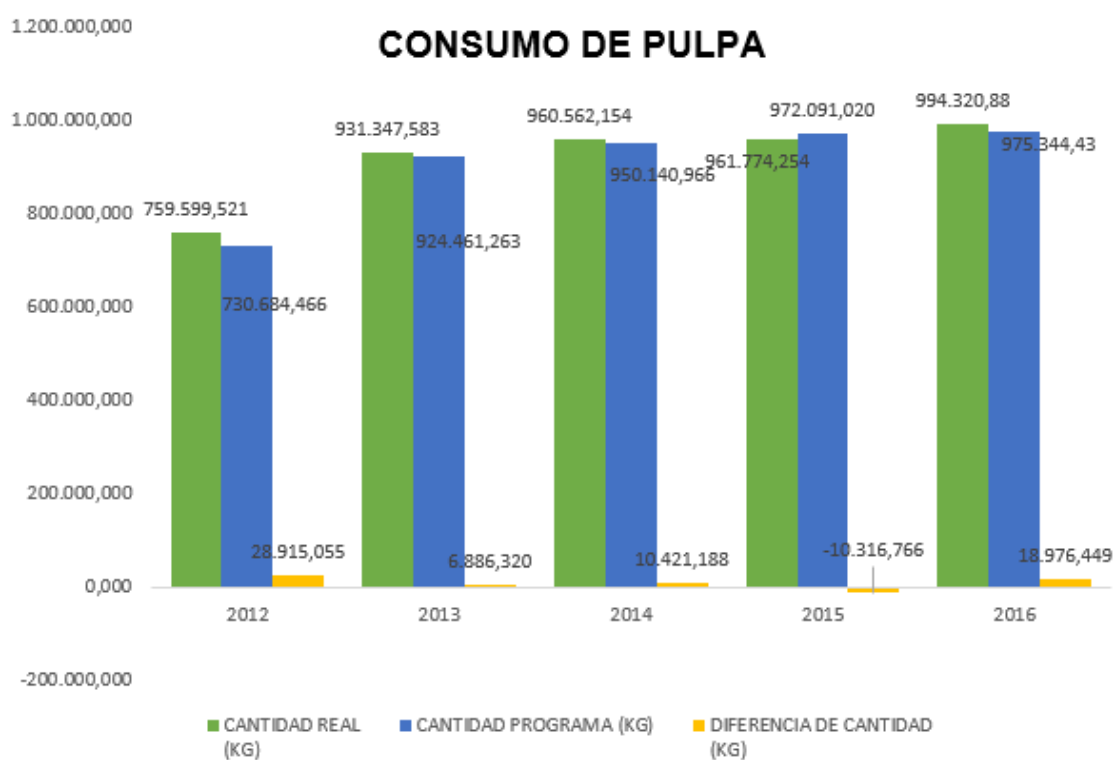
### 2.7.1. Análisis de fallas

En la tabla 2, se aprecia cuanto es la diferencia de cantidad de pulpa en kilogramos por año al instante de fabricar toallas sanitarias. Además, en la figura 17 se notará mediante un diagrama de barras las pérdidas por año que se obtienen en la elaboración de las mismas.



**Tabla 2**  
Uso de pulpa por año

<b>Uso de Pulpa para Formar el Núcleo</b>			
Año	Cantidad real (kg)	Cantidad programa (kg)	Diferencia de cantidad (kg)
<b>2012</b>	759.599,521	730.684,466	28.915,055
<b>2013</b>	931.347,583	924.461,263	6.886,320
<b>2014</b>	960.562,154	950.140,966	10.421,188
<b>2015</b>	961.774,254	972.091,020	-10.316,766
<b>2016</b>	994.320,88	975.344,43	18.976,449



**Figura 17.** Consumo de pulpa química

## 2.7.2. Causas de pérdidas de materia prima en la fabricación de toallas sanitarias.

La mayoría de pérdidas de materia prima (celulosa y SAP), que se da al instante de la fabricación de toallas sanitarias, suelen ser por: el desfibrado, o defectos en los cascos formadores del núcleo (Solutions, 2014).

### A. Desfibrado

Cuando la pulpa virgen entra al molino aquí se realiza el desfibrado, pero en ocasiones el proceso no sale como se requiere, debido a que en ocasiones la celulosa suele tener defectos como, por ejemplo: pedazos o chips, nudos, crispetas y finos (Solutions, 2014).

#### a.1. Pedazos o Chips

Son fragmentos de lámina de pulpa que no fueron adecuadamente desfibradas en el molino, su forma es tal como se muestra en la figura 18.



**Figura 18.** Chips

Fuente: (Solutions, 2014)

#### b.1. Nudos

Es la pulpa mejor desfibrada que los pedazos, pero que, por diferentes condiciones, las fibras se enredan y generan un “nudo” de pulpa de forma esférica, se los puede apreciar en la figura 19 (Solutions, 2014).

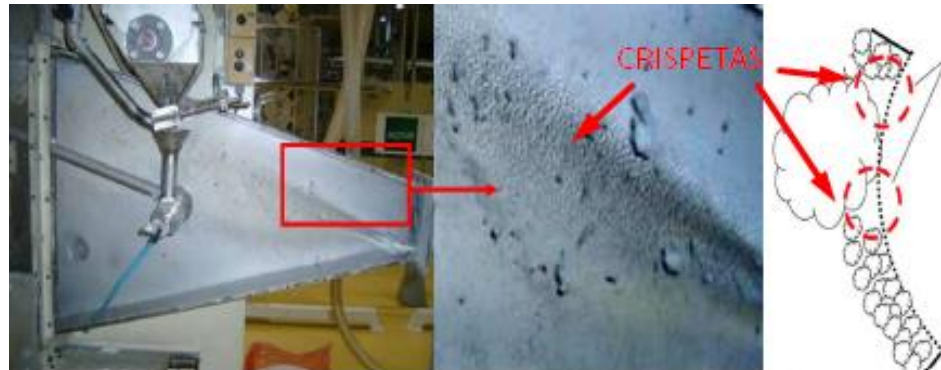


**Figura 19.** Nudos

Fuente: (Solutions, 2014)

### c.1. Crispetas

Son grandes cúmulos de pulpa que, aunque se hayan desfibrado, sus fibras permanecen levemente agrupadas. Aunque pueden no reflejarse en una medición del residuo al desfibrado, son visibles en un cambio de pulpa en la campana del matformer, las crispetas se las puede mostrar en la figura 20 (Solutions, 2014).

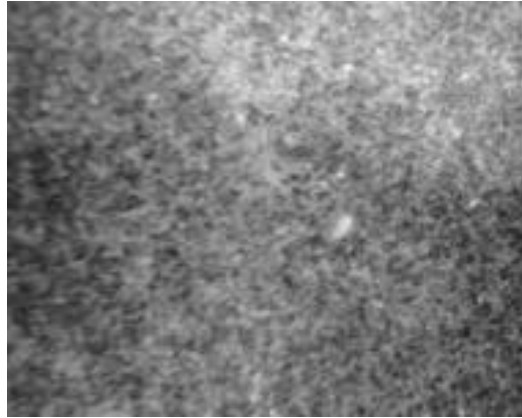


**Figura 20.** Crispetas

Fuente: (Solutions, 2014)

### d.1. Finos

Son fibras de longitud tan cortas que no contribuyen a la conformación del núcleo de los cascos, lo que conllevaría a conseguir un producto de mala calidad. Aunque pueden ser causadas por exceso de desfibrado en el molino, así que llegarán a quedar, tal como se observa en la figura 21 (Solutions, 2014).



**Figura 21.** Finos

Fuente: (Solutions, 2014)

## **B. Cascos formadores del núcleo**

Son los encargados de dar forma a la toalla sanitaria, ya que aquí es donde se introduce la materia prima (pulpa y SAP), la misma que en ocasiones es excesiva o a su vez reducida, lo que produciría ineficiencias en la formación del núcleo, como por ejemplo ausencia total o parcial de pulpa, núcleo desvanecido, doblado y partido.

### **a.1. Ausencia total o parcial**

Es cuando la cantidad de pulpa no es introducida en el casco en una cantidad adecuada, como se observa en la figura 22.



**Figura 22.** Ausencia total o parcial de pulpa

Fuente: (Solutions, 2014)

### **b.1. Núcleo desvanecido**

Se refiere cuando el núcleo del casco no tiene la suficiente materia prima, por lo que su contenido empieza a desvanecerse, lo que da un producto de mala calidad, tal como se indica en la figura 23.



**Figura 23.** Núcleo desvanecido

Fuente: (Solutions, 2014)

### **c.1. Núcleo doblado**

Se refiere cuando en los extremos de la toalla sanitaria existen vacíos, los cuales se pueden mostrar en la figura 24.



**Figura 24.** Núcleo doblado

Fuente: (Solutions, 2014)

### **d.1. Núcleo partido**

Es cuando existe ausencia de materia prima aproximadamente por la mitad de la toalla sanitaria, lo que da a pensar que se tiene un producto defectuoso, como se observa en la figura 25.



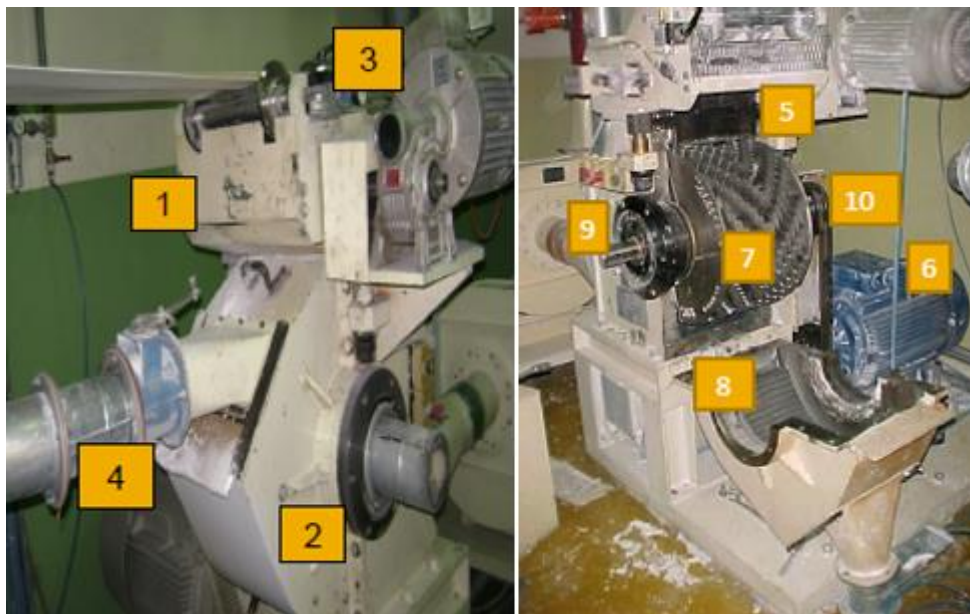
**Figura 25.** Núcleo partido

Fuente: (Solutions, 2014)

### 2.7.3. Posibles soluciones

#### A. En el Molino

A continuación, en la figura 26 se muestran las partes de un molino, el cual se encarga de hacer el desfibrado de la pulpa.



**Figura 26.** Partes de un molino: 1) Soporte de rodillos haladores, 2) Carcaza – soporte del rotor, 3) Motoreductor de rodillos haladores de pulpa, 4) Ducto de recirculación de pulpa, 5) Barra freno, 6) Motor principal, 7) Rotor de disco, 8) Placa refinadora, 9) Soporte de rodamientos, 10) Transmisión de potencia.

Fuente: (Solutions, 2014)

En el sistema de desfibrado se suelen tener principios de daños en las puntas de insertos de cuchillas de widia, las que realizan su respectivo

desfibrado a la pulpa, y también se tiene daños en la barra freno, lo cual en el proceso se obtendrán rebabas y desvanecimiento en la formación de la toalla (Solutions, 2014).

#### **a.1. Insertos de cuchillas de widea**

La figura 27, muestra que hay fillos que están despostillados, lo que producirá que haya un mal desfibrado en la pulpa.



**Figura 27.** Insertos despostillados

Fuente: (Mullo Byron F. , 2018)

Para solucionar el desfibrado que se producirá por el desgaste y/o la ausencia de insertos, se debe ajustar la calibración de la barra freno. En caso extremo que la mayoría de insertos estuvieran en condiciones desfavorables para realizar el desfibrado, estas inmediatamente deberán ser remplazadas por nuevas, es decir todo el conjunto de cuchillas deberán ser cambiadas por nuevas, como se observa en la figura 28.



**Figura 28.** Cuchillas en buen estado

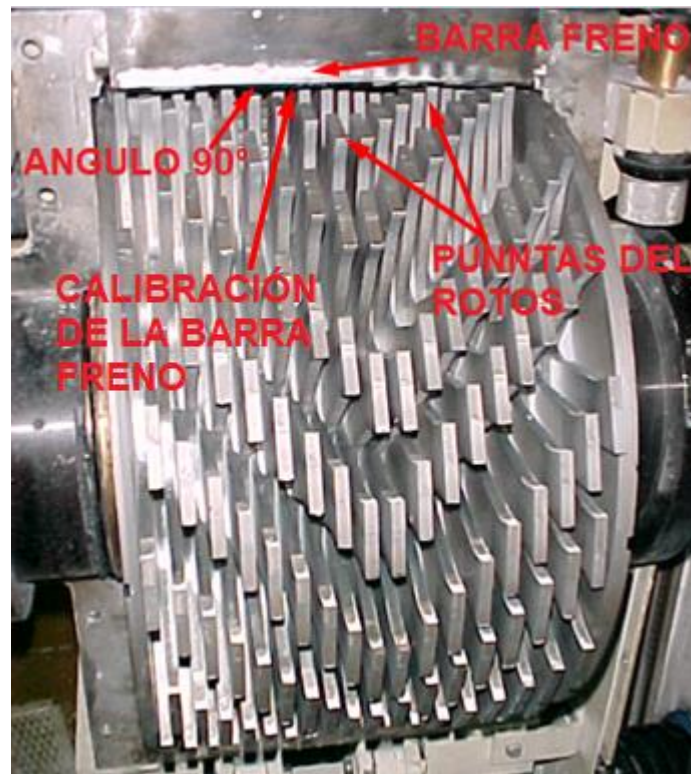
Sin embargo, otra solución, sería el de cambiar solamente los insertos que estén dañados o ya no existan en las puntas, esto se realizaría ya que el material de la estrella portadora de las widias es de un acero A36, por lo que es soldable, tomando en consideración que, para dicho proceso, se lo ejecuta con un material de aporte que es la plata. Lo anterior en términos económicos, no es rentable debido al costo que representaría al cambiar 264 insertos y el tiempo que se demoraría dicho proceso.

Actualmente, la empresa FAMILIA SANCELA, no ha realizado cambios a los insertos de widia por aproximadamente 10 años, pero si poseen de un molino como backup en caso de ser necesario (Mullo Byron, 2018).

#### **b.1. Barra freno**

Es la pieza que restringe la pulpa para que el rotor realice el desfibrado de la pulpa. Normalmente su arista de corte está a  $90^\circ$  con respecto al movimiento de las puntas del rotor, como se observa en la figura 29.





**Figura 29.** Ángulo de la barra freno y calibración con respecto a las puntas del rotor

Fuente: (Molino, 2017)

En la figura 30, se nota el desgaste de un lado de la barra freno, el mismo que producirá un mal desfibrado de pulpa, por ejemplo: presencia de nudos, desfibrados y finos.



**Figura 30.** Desgaste de barra freno

Fuente: (Mullo Byron F. , 2018)

En la figura 29, se observó que la calibración de la barra freno usualmente está entre 0.6 y 2.5mm con respecto a la punta del disco del rotor, tal como se indica en la tabla 3. Sin embargo, la recomendación puede variar, por ejemplo: mayor separación, se presentará mayor cantidad de pedazos; a menor separación, se incrementará el porcentaje de finos en la pulpa desfibrada.

**Tabla 3**  
Calibración de barra freno

<b>Parámetros y Seguimiento Desfibrados Molino.</b>					
<b>Molino ODIN 1.</b>		<b>Calibración barra freno</b>	<b>Desfibrados</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>1.5 mm</b>	<b>Max 10%</b>	<b>Min 80 %</b>	<b>Max 10 %</b>
		<b>Lado mecánico</b>	<b>%nudos</b>	<b>%desf</b>	<b>%finos</b>
05/05/2017	8:00	1.2			
07/05/2017	1:00	1,5	11,17	81,57	7,26
07/05/2017	14:05	1,3	11,25	86,63	2,12
19/05/2017	10:10	1,5	8,39	87,47	4,15
27/05/2017	12:00	1,5	3,16	94,1	2,74
29/05/2017	9:30	1,5	4,59	91,16	4,25
01/06/2017	8:00	1,4	13,17	81,7	4,51
01/06/2017	13:00	1	10,93	86,9	2,17
02/06/2017	8:00	0,9	3,86	91,58	4,56
22/06/2017	13:00	0.7	15.81	81.30	3.19
22/06/2017	14:00	0.6	13,2	83,68	3,1
22/06/2017	15:00	1	11,4	83,73	4,83
21/08/2017	10:00	1	7,25	88,54	4,21
21/08/2017	17:00	1.1	8,73	85,8	5,47
19/09/2017	12:30	1,2	10,2	86,76	3,04
19/09/2017	14:15	1,1	10	87,05	2,94
22/09/2017	14:30	1	8,91	86,4	4,69
22/09/2017	23:00	1.5	8,91	86,4	4,69
25/09/2017	12:00	1.5	7,65	87,58	4,77
13/11/2017	10:00	1.5	5,06	90,4	4,54
11/02/2018	6:00	1.5	2.6	88.7	8.71

Fuente: (FLUFF, 2018)

Como solución se tiene en cuenta que la barra freno posee cuatro caras, las cuales pueden ser utilizadas al momento de desfibrar la pulpa, sin olvidar que deben calibrárselas nuevamente. En caso extremo que ya esté en

desuso, se deberá cambiarla por una nueva, la misma que tendrá un costo de 219.26\$.

En la actualidad, la empresa ha realizado cambios de barra freno, como se indica en la tabla 4.

**Tabla 4**  
Cambios de barra freno

<b>Cambio de Barra Freno</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Cantidad</b>
05/06/2017	1
09/04/2017	1
14/03/2016	1
28/04/2016	1
20/03/2015	1
04/04/2015	1

Fuente: (FLUFF, 2018)

La tabla 4, indica que al año se utilizan dos barras frenos para el desfibrado de pulpa, esto expresa que, por año, tienen 8 filos desgastados, lo que significa que en caso de falla de la misma no existe otra posible solución, más que su cambio.

## **B. En el matformer y campana para la formación del núcleo**

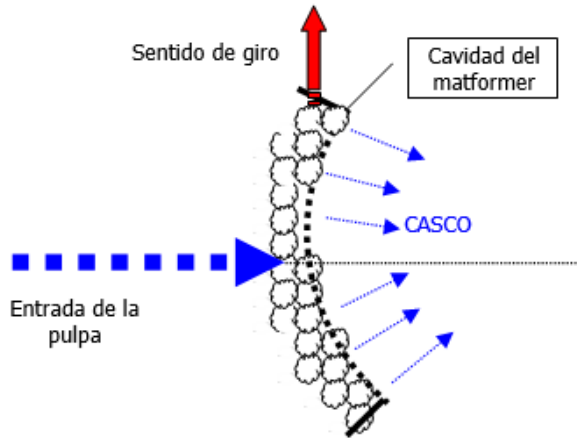
En el matformer existen diferentes parámetros, los cuales son muy importantes al momento de formar el núcleo, entre principales son:

- Ángulo de entrada de la pulpa.
- Núcleo de los cascos formadores.
- Espesor del matformer.

### **a.1. Ángulo de entrada de la pulpa**

Se puede decir que la entrada de la pulpa casi siempre se dirige hacia el centro del matformer, tal como se puede apreciar en la figura 31. Además,

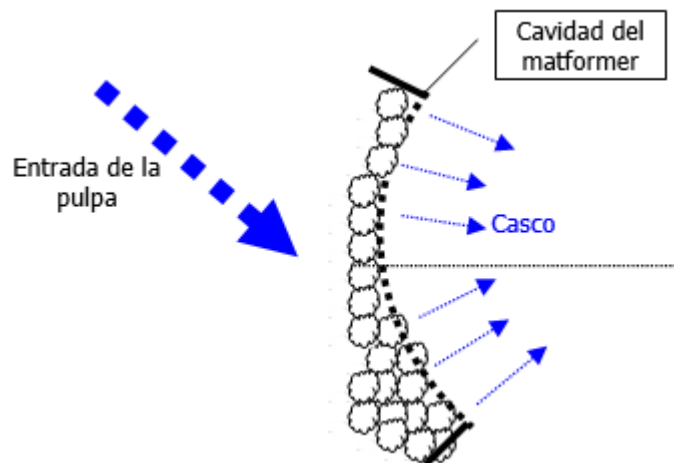
la orientación de la pulpa, hace que la llegada de ésta al casco sea perpendicular, por lo que la distribución de celulosa será homogénea. (Juan CHN, 2014)



**Figura 31.** Entrada de pulpa al casco

Fuente: (Juan CHN, 2014)

Pero también se debe tener en cuenta que el ángulo de entrada puede ser diferente, lo que ocasionaría que la pulpa no se distribuya homogéneamente en la cavidad, provocando que en uno de los extremos del casco haya más materia prima, como se muestra en la figura 32.

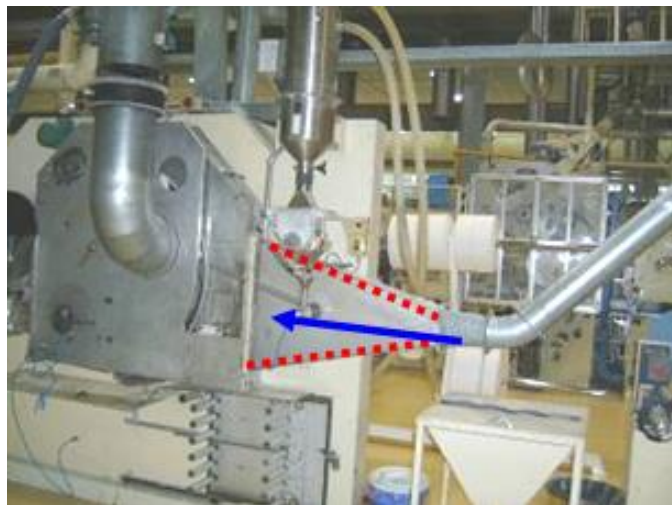


**Figura 32.** Entrada de pulpa al casco con ángulo no perpendicular

Fuente: (Solutions, 2014)

Además, mediante el cambio de ángulo de la entrada de pulpa, se obtendrán núcleos con problemas de desvanecimiento, como se los mostró en la figura 23.

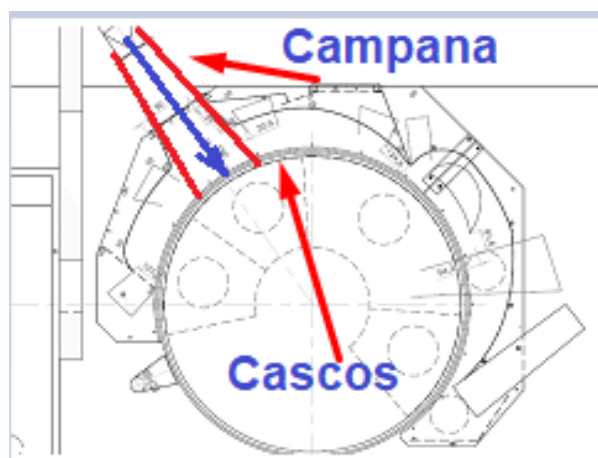
Sin embargo, una solución a este problema, es colocar guías a la entrada del matformer, para ajustar el ángulo, que sea perpendicular, y así tener una entrada de pulpa correcta a los cascos, como se ilustra en la figura 33.



**Figura 33.** Ángulo perpendicular a los cascos

Fuente: (Solutions, 2014)

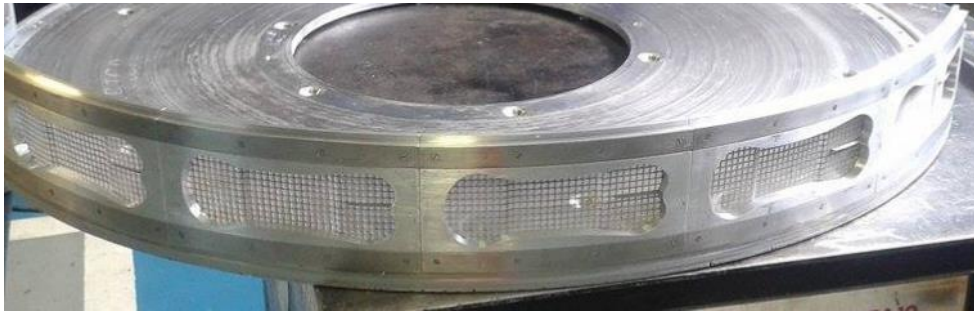
Cabe recalcar que otra posible solución fuera la de cambiar toda la campana del matformer, para tener una entrada perpendicular en los cascos, como se muestra en la figura 34.



**Figura 34.** Cambio de campana

### b.1. Núcleo de los cascos formadores

La figura 35 muestra los cascos formadores, los cuales son muy importantes en la parte de fabricación de toallas sanitarias, por lo que respecta que deben estar bien diseñados y contruidos, debido a que son los encargados de moldear la materia prima (pulpa y SAP).



**Figura 35.** Cascos formadores

Fuente: (CEMAIN, 2018)

Sin embargo, se considera que en los cascos existen pérdidas excesivas de materia prima, cuando estos están mal dimensionados, diseñados o por el uso excesivo tienden a desgastarse en la parte del núcleo, tal como se observa en la figura 36.



**Figura 36.** Casco desgastado

Fuente: (CEMAIN, 2018)

A continuación, en la tabla 5, se puede apreciar los diferentes problemas en relación de porcentaje, cuando existen problemas en los cascos.

**Tabla 5**  
Pérdida de materia prima en los cascos

	Rebabas	Desvanecimiento	Contornos
Promedio	24.3	1.5	7.8
Máximo	80.0	11.3	36.7
Mínimo	0.0	0.0	0.0
%sobre estándar	98.0	5	40.0

Fuente: (Mullo Byron, 2018)

La tabla 6, muestra la suma de rechazo de toallas sanitarias, las cuales son provocadas por problemas en el núcleo, lo que significaría que los cascos, están en mal estado.

**Tabla 6**  
Suma de rechazo de toallas sanitarias

SUMA DE RECHAZO DE TOALLAS SANITARIAS 2016									
DEFECTO	MESES								Total general
	ENERO	ABRIL	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	DICIEMBRE	
Ausencia parcial de núcleo		3120		17520			3600	7200	31440
Mala formación de núcleo			67200		1680				68880
Núcleo desvanecido	7200	1440		1440		10550		7440	28070
Rababas		11520	2100	17040					30660
<b>Total general</b>	7200	16080	69300	36000	1680	10550	3600	14640	<b>159050</b>

Fuente: (Mullo Byron, 2018)

La solución para la problemática de los cascos es de hacer un rediseño, para así mejorar el núcleo, en donde es depositada la materia prima, su diseño consistiría en mejorar el volumen de los mismos, y reducir el desperdicio de pulpa.

### **c.1. Espesor del matformer**

El modelo de cálculo de los matformers para nuevos productos, se basa en tomar como referencia un producto ya existente en una máquina fabricadora de toallas sanitarias, y con base en la relación entre ancho y largo de la cavidad, con el ancho y el largo del núcleo, se obtienen las dimensiones. El espesor se determina a partir del peso del producto. (Solutions, 2014)

Se diría que el espesor del matformer tiene relación con los cascos, por lo que una solución es el rediseño de los mismos, para que se puede reducir el volumen en el núcleo portador de pulpa y SAP, por lo que se lograría obtener ahorro de materia prima. (Solutions, 2014)

### **2.8. Análisis entre fallas de desfibrado y de formación del núcleo**

Como se observa en la tabla 3, las fallas por desfibrado suman un valor del 100%, en cuanto a la pulpa, mientras que en la tabla 5, se aprecia que el valor de pérdidas de materia prima es del 143%, lo que significaría que hay mayor porcentaje de fallas en la formación del núcleo.

Por lo tanto, se debería realizar un rediseño en la parte del núcleo formador de los cascos, para obtener mayor ahorro de materia prima.

### **2.9. Análisis de producción**

Actualmente la máquina fabricadora de toallas sanitarias, tiene una producción de 750 unidades por minuto lo que significaría que es muy eficiente al momento de fabricarlas.

Se puede notar que los cascos son los formadores del núcleo principal para la fabricación de toallas sanitarias, los mismos que a su vez tienen una aportación de 4 gramos de celulosa y 0.100 gramos de SAP por producto. Lo que significaría, si hubiera una pérdida de 1 gramo en el núcleo por mal estado, conllevaría a tener pérdidas la empresa portadora del proceso (Familia Sancela, 2018).



## **2.10. Aceros para moldes**

La elección del material es muy importante debido a que este se lo debe seleccionar de acuerdo a la aplicación y funcionalidad que va a tener el molde (Axxecol, 2006).

Los distintos tipos de acero para moldes más utilizados normalmente son:

- Acero pretemplado para moldes y portamoldes.
- Acero de temple para moldes.
- Acero para moldes resistente a la corrosión.

Pero además se tomará en cuenta el aluminio, ya que debido a sus propiedades es también utilizado en diversos moldes (Axxecol, 2006).

### **2.10.1. Acero pretemplado para moldes y portamoldes**

Este tipo de acero se utiliza principalmente para: moldes grandes, con poca exigencia en resistencia al desgaste. Además, este material es suministrado en la condición de templado y revenido, normalmente a una dureza entre 270– 350 Brinell (Axxecol, 2006).

### **2.10.2. Acero de temple para moldes**

Este tipo de acero se utiliza normalmente para: largas series de producción, resistir la abrasión de algunos materiales de moldeado, contrarrestar las grandes presiones de cierre o inyección. (Axxecol, 2006)

Además, se suministra en estado de recocido blando. Normalmente se realizan operaciones de desbaste, liberación de tensiones, mecanizado de acabado, templado y revenido a la dureza requerida y finalmente se rectifica, frecuentemente son pulidos (Axxecol, 2006).

### **2.10.3. Acero para moldes resistente a la corrosión**

Son empleados cuando el molde debe ser expuesto a riesgos de corrosión, por lo que se recomienda utilizar un acero inoxidable, para mayor desempeño en la aplicación (Axxecol, 2006).

Tomando en cuenta que el incremento en el costo inicial de éste tipo de acero, es normalmente inferior al costo de realizar un simple repulido o una operación de recubrimiento de un molde realizado con acero convencional (Axxecol, 2006).

En la tabla 7, se observan las propiedades del acero inoxidable 304.

**Tabla 7**  
Propiedades del acero inoxidable

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Módulo elástico</b>	200000	N/mm <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0.28	N/D
<b>Módulo cortante</b>	77000	N/mm <sup>2</sup>
<b>Densidad de masa</b>	7800	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Límite de tracción</b>	513,613	N/mm <sup>2</sup>
<b>Límite elástico</b>	172,339	N/mm <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de expansión térmica</b>	1,10E-05	/K

Fuente: (SolidWorks, 2017)

#### 2.10.4. Aluminio

Se emplea en varios moldes, gracias a la excelente conducción de calor que aporta al metal, teniendo en cuenta que este se calienta rápido y homogéneamente, lo que le hace ideal para dar diversas formas.

Sin embargo, en la actualidad se ha dado a utilizar una aleación de aluminio, la cual es el duraluminio, debido a sus propiedades, este material es muy empleado en varias industrias, como por ejemplo la aeronáutica, etc.

## A. Duraluminio

Es el representante más difundido del grupo de aleaciones de aluminio, el cual alcanza altas propiedades mecánicas mediante el tratamiento térmico y el envejecimiento natural (EcuRed, 2018).

### a. Composición química

El duraluminio está compuesto por diversos componentes químicos en un porcentaje adecuado como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8**  
Composición química del duraluminio (% en peso)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	THZr
max	max	0.5	0.1	2.6	0.1	4.3	max
0.5	0.5	0.1	0.4	3.7	0.3	5.2	0.2

Fuente: (Alsimet, 2017)

### b. Propiedades físicas

El duraluminio es una de las aleaciones más conocidas en lo que respecta a las aleaciones de aluminio por lo que es llamado también aluminio duro, el mismo que por sus propiedades físicas es muy útil para varias aplicaciones. Sus propiedades físicas se las puede notar en la tabla 9.

**Tabla 9**  
Propiedades físicas del duraluminio

Propiedades físicas	
Propiedad	Valor y Unidad
Densidad	2.76 g/cm
Módulo de elástico	72000 Mpa
Coefficiente dilatación lineal	23.6*10 °K
Conductividad térmica	120-150 W/m°K
Conductividad eléctrica	18-22 m/ mm

Fuente: (Alsimet, 2017)

### **c. Aplicaciones del duraluminio**

Se utiliza en la estructura de aviones, trenes de alta velocidad, tranvías, automóviles y autobuses (Alsimet, 2017).

Su papel en la industria eléctrica es muy relevante: con la misma longitud y peso que el cobre, tiene mayor conductividad, además de mejor precio. Y, al ser más ligero, permite una mayor separación entre torres de alta tensión, disminuyendo así los costes. Está sustituyendo paulatinamente al cobre al ser más eficiente (Alsimet, 2017).

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO Y SELECCIÓN**

#### **3.1. Introducción**

Considerando el análisis de fallas del numeral 2.7.1, se pudo concluir que es necesario realizar un rediseño a los cascos formadores de toallas sanitarias.

En el presente capítulo se rediseñarán los cascos formadores de toallas sanitarias, para los cuales se hará uso de un software CAD. Además, se seleccionará un material apropiado para su diseño, este será elegido de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas para su mejor rendimiento.

#### **3.2. Sistemas CAD**

Para el diseño de sistemas mecánicos en la actualidad, se pueden utilizar múltiples software que brindan ventajas como: diseño de piezas mecánicas, ensamblajes de las mismas y de máquinas complejas, realización de planos, etc. En función de lo anterior a continuación se seleccionará el software más apropiado para el diseño.

En la tabla 10, se indican software CAD, considerando en una escala del 1 al 5, para la selección del mismo, en la cual 1 es el valor mínimo y 5 el máximo.

**Tabla 10**  
Software CAD

<b>Parámetros de Selección</b>					
<b>Software</b>	<b>Diseño en 3D competente y eficiente</b>	<b>Librerías</b>	<b>Herramientas de dibujo</b>	<b>Herramientas de Ensamblaje</b>	<b>Fiabilidad y estabilidad</b>
<b>Inventor</b>	5	3	5	4	4
<b>SolidWorks</b>	5	4	5	5	4
<b>NX</b>	5	5	5	5	5
<b>Catia</b>	5	5	5	5	5
		<b>Aplicaciones integradas</b>	<b>Interfaz de aprendizaje</b>	<b>Simulación de procesos</b>	<b>Paquetes</b>
		5	5	3	3
		5	5	4	4
		5	4	5	5
		5	4	5	5
		<b>Interfaz con software</b>	<b>Activación</b>	<b>Costos</b>	<b>TOTAL</b>
		4	5	3	49
		4	5	3	53
		5	4	5	58
		5	4	5	58

En la tabla anterior, se observan diversos tipos de software CAD, que poseen mayor aplicación en la industria, por lo que se puede notar que dos de los mismos son de gama alta (NX y Catia), y los otros dos son de gama baja (Inventor y SolidWorks).

Además, se puede notar que los mejores software son los de gama alta, debido a todas sus herramientas y otros parámetros que ellos poseen. Pero cabe recalcar que una de sus grandes desventajas son los costos y la forma de instalación de los mismos.

Por lo que, en este caso, para el nuevo rediseño de los cascos formadores de toallas sanitarias se utilizará el software CAD SolidWorks, ya que es un programa muy amigable para el usuario, y en la parte de ingeniería

es excelente, debido a todas las herramientas que proporciona el mismo, como las de dibujo, operaciones, cálculo, ensamblaje, etc. Sin olvidar que se hará uso de una versión estudiantil por motivo de que la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga no dispone de licencia comercial.

Además, tiene una gran similitud con el software Inventor, por lo que una de sus herramientas, es “detección de interferencias”, esta operación será muy utilizada al momento de rediseñar los cascos en el módulo de ensamblaje; para asegurar que todo el diseño sea correcto.

### **3.3. Requerimientos y selección de material para los cascos**

Se debe tener en cuenta que los cascos al momento de ser construidos van a poseer requerimientos como:

- Ser inocuo.
- Mecanizable al momento de realizar su cuerpo en 3D.
- Ser ligero al momento de que se realice un frenado.
- Ser intercambiable, cuando exista desgaste.
- Soportar la fricción con el cepillo limpiador de exceso de pulpa y SAP.
- Ser detectado en el producto al momento de que exista falla.

Por lo que se analizarán los requisitos anteriores en la tabla 11, poniendo como materiales al acero inoxidable, aluminio y duraluminio, los cuales fueron mencionados anteriormente en el estado del arte.

En la siguiente tabla, se indican las características de los materiales, los mismo que tendrán una ponderación del 1 al 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo.

**Tabla 11**  
Selección de materiales

<b>Características de Materiales</b>						
<b>Materiales</b>	<b>Inocuo</b>	<b>Mecanizable</b>	<b>Peso Liviano</b>	<b>Resistencia al desgaste</b>	<b>Costos</b>	<b>Total</b>
<b>Acero inoxidable</b>	5	5	4	5	4	23
<b>Aluminio</b>	5	5	5	3	5	23
<b>Duraluminio</b>	5	5	5	4	5	24

En la tabla 11, se nota que el de mayor ponderación es el duraluminio, teniendo un total de 24, siendo este el mejor material para el diseño de los cascos formadores de toallas sanitarias, seguido del acero inoxidable y del aluminio con una sumatoria de 23.

Finalmente, se llega a concluir que el mejor material para el casco es el “duraluminio”, teniendo en consideración que se utilizará el “acero inoxidable 304” en una porción más baja por su característica de resistencia al desgaste en la parte de insertos laterales, que se los mencionarán adelante en el literal 3.7.2, y en la malla, para así proporcionar mayor durabilidad y que sean eficientes.

### **3.4. Forma y tamaño**

Son parámetros importantes al momento de rediseñar, ya que de ellos dependerán del cómo se observará al final de terminarlo.

#### **3.4.1. Forma**

Los cascos formadores de toallas sanitarias, deben poseer un núcleo con la forma de acuerdo al producto que se vaya a sacar al mercado, ya que depende de esto para rediseñar el núcleo.

A continuación, en la tabla 12, se describirán algunas posibles formas y características de toallas sanitarias.



**Tabla 12**  
Formas de núcleos de toallas sanitarias

<b>Toallas Sanitarias</b>		
<b>Formas</b>	<b>Características</b>	<b>Imagen</b>
<b>Ultradelgada</b>	Muy compacta, puede absorber lo que una toalla regular, pero con menos volumen.	
<b>Regular</b>	Con un rango medio de absorbencia.	
<b>Maxi/Súper</b>	De mayor absorbencia, de uso común al comienzo de la menstruación cuando el sangrado es más profuso.	
<b>Nocturna</b>	De mayor absorbencia, con características de diseño para mayor protección durante la noche.	
<b>Básica</b>	Son más gruesitas que las demás, pero igualmente son muy cómodas. Si tienes un flujo más fuerte, con ideales porque tienen un gel que atrapa la humedad en el centro para mayor sequedad. Su cubierta tela tipo algodón además de tener los beneficios de los extractos de algodón, es muy suavecita con tu piel.	

En la tabla 13, se valorarán las formas de las toallas sanitarias, considerando parámetros como absorbencia, seguridad de sujeción, protección y conformidad, descritos en la tabla 12, en un rango del 1 a 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo, para seleccionar la forma más adecuada al momento de realizar el diseño.

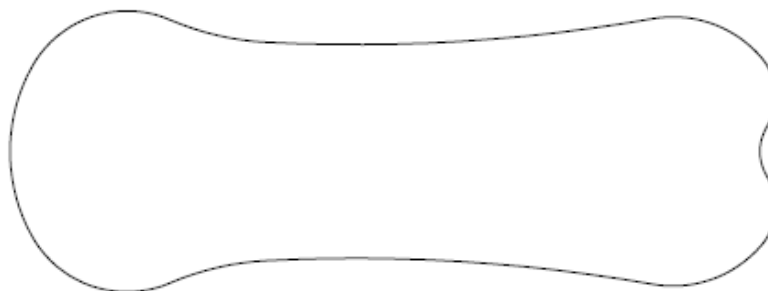
**Tabla 13**

Ponderaciones de formas de toallas sanitarias

<b>Formas del Núcleo de Toallas Sanitarias</b>					
<b>Formas</b>	<b>Absorbencia</b>	<b>Seguridad de sujeción</b>	<b>Protección</b>	<b>Conformidad</b>	<b>Total</b>
<b>Ultradelgada</b>	4	4	4	4	16
<b>Regular</b>	3	4	3	4	14
<b>Maxi/Súper</b>	5	5	5	4	19
<b>Nocturna</b>	5	5	5	4	19
<b>Básica</b>	5	5	5	5	20

En la tabla 13, se nota que, de las varias formas de toallas sanitarias, la más adecuada es la “Básica”, debido a sus características como son: absorbencia, seguridad, protección y conformidad, seguida de la “Nocturna y Maxi / Super”, siendo la inapropiada o con bajas ventajas la “Regular”.

En la figura 37, se nota el núcleo de la forma “Básica”, la mismas que será rediseñada, para su mejora.



**Figura 37.** Forma del núcleo "Básica"

### 3.4.2. Tamaño

Para dimensionar el tamaño apropiado de la toalla sanitaria, se obtuvieron valores de los cascotes antiguos, debido a que poseen un núcleo con una forma “Básica”, pero para asegurar el rediseño, se tomará en cuenta los valores del anexo 1, este fue realizado por los laboratorios “PROFECO”, los cuales se encargan de efectuar mediciones de longitud, ancho y espesor del cojín en centímetros, para verificar que exista homogeneidad en su diseño y construcción, también se observa que existen diversas medidas en cuanto a toallas sanitarias, en diferentes países como son: México, China, Perú y Canadá.

Por lo que se llegará a selección productos de: México y Perú, por motivo de que la estatura de las mujeres de dichos países, son similares a la de las mujeres ecuatorianas, lo que significaría que están en un promedio de 1.54m de altura. (MetroEcuador, 2016).

A continuación, en la tabla 14 se observan las dimensiones de toallas sanitarias.

**Tabla 14**  
Dimensiones de toallas sanitarias

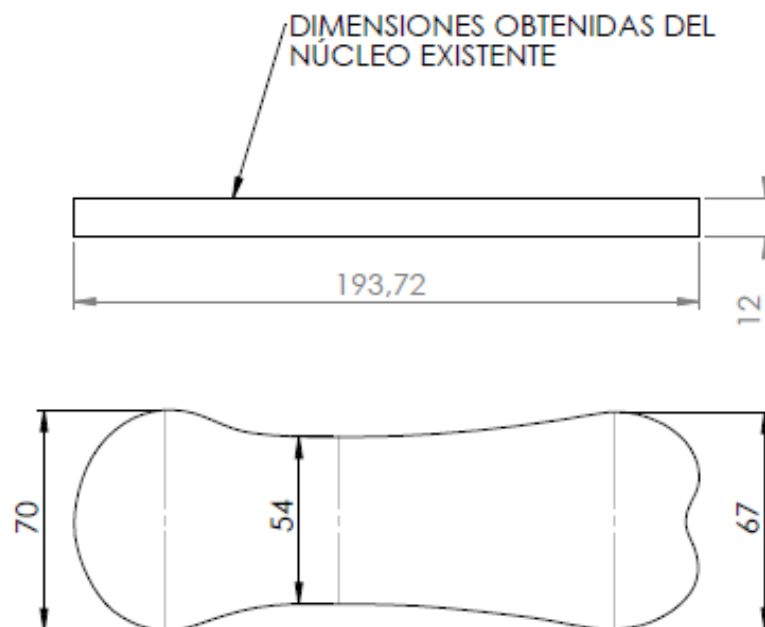
Dimensiones de Toalla Sanitaria						
País	Marca	Dimensiones (mm)				
		Delantera	Entrepierna	Trasera	Largo	Espesor
México	Kotex (anatómica con alas)	67,6	65,2	67,6	199,6	6,7
	Kotex (manzanilla anatómica con alas)	64,8	62,2	64,8	199,8	7,3
Perú	Ladysoft (tela suave con alas)	67	63,8	67	211	4,6
	Ladysoft (tela suave sin alas)	69,2	64,8	69,2	211	5,2
<b>PROMEDIO</b>		67,15	64	67,15	205,35	5,95

Fuente: (Profeco, 2012)

En la tabla 14, se observa que los productos seleccionados tanto en México como en Perú, han sido las marcas Kotex y Ladysoft, donde se puede notar que sus dimensiones son similares en cuanto a la parte delantera, entrepierna, trasera y largo, pero se nota, que el espesor de las cuatro marcas de toallas sanitarias son un tanto diferentes, siendo las “Kotex (manzanilla anatómica con alas)” la de mayor valor de 7,3mm y las “Ladysoft (tela suave sin alas)” con 5,2mm.

Sin embargo, se realizó un promedio de las cuatro marcas de toallas sanitarias seleccionadas, teniendo valores de 67,15mm en la parte delantera; 64mm en la entrepierna; 67,15mm en la trasera; 205,35mm de largo y un espesor de 5,95mm, esto quiere decir que existe similitud en las dimensiones de las toallas sanitarias, a excepción del espesor.

A continuación, en la figura 38, se indicarán ciertas dimensiones del núcleo, las cuales serán las apropiadas para el rediseño del mismo. Las medidas fueron tomadas en función del casco existente, para la forma “Básica” de la toalla sanitaria.



**Figura 38.** Dimensiones núcleo existente

La figura 39, muestra la medida real del espesor del casco existe, la cual fue tomada con un calibrador pie de rey.



**Figura 39.** Medida del espesor de casco existente

En la figura 40, se observa las dimensiones del casco actual, las mismas que serán básicas al momento de rediseñarlo, debido a que en una rueda de 1200mm de diámetro externo caben 16 unidades.

Pero para asegurar el diseño de los cascos se hará un cálculo sobre su longitud. Dónde:

$L$  = es el perímetro de una circunferencia en mm.

$\emptyset$  = diámetro.

$L_{casco}$  = longitud del casco.

$N_{cascos}$  = número de cascos, total 16 unidades.

$$L = \emptyset * \pi$$

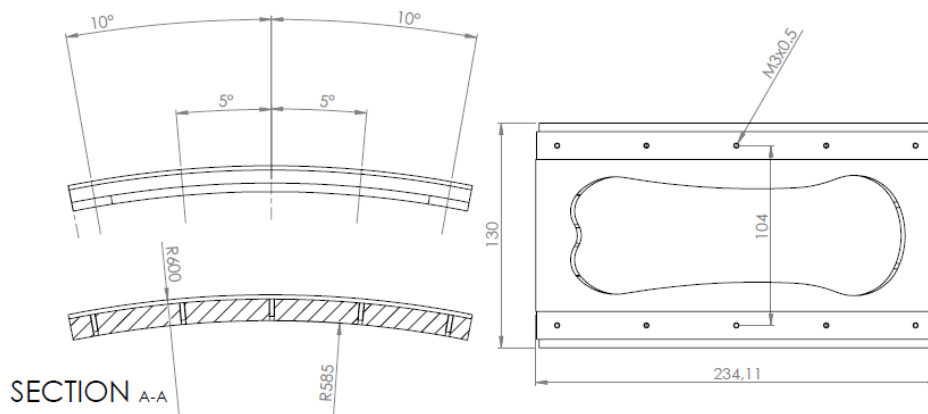
$$L = 1200mm * 3.1415$$

$$L = 3769.92mm$$

$$L_{casco} = \frac{L}{N_{cascos}} - (0.2mm * 8)$$

$$L_{casco} = \frac{3769.92mm}{16} - 1.6$$

$$L_{casco} = 234.02mm$$



**Figura 40.** Dimensiones del casco

En la figura 40, también se puede notar que el casco tiene un ángulo de desmontaje de 10°, el cual es, aquel que se coloca en las caras del patrón para permitir la extracción del mismo sin dañar la superficie del molde.

Sin embargo, en la tabla 15 se observa los requisitos de dimensiones de toallas sanitarias que deben poseer en Ecuador, para su elaboración en el mismo, teniendo en cuenta que los datos son proporcionados por la norma INEN 2036 de nuestro país.

**Tabla 15**

Requisitos dimensionales de las toallas sanitarias.

Clase de toalla sanitaria	Longitud sin tomar en cuenta la longitud de las extensiones de los extremos (mm)		Ancho (mm)		Espesor (mm)		Longitud de cada una de las dos extensiones de los extremos (mm)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Normal autoadherible	160	200	60	70	5	15	20	30
Maxi autoadherible	201	300	60	100	5	20	20	30
Normal sin adhesivo	160	200	60	70	5	15	100	120
Mini autoadherible	140	160	50	70	5	15	20	30

Fuente: (INEN 2036, 1996)

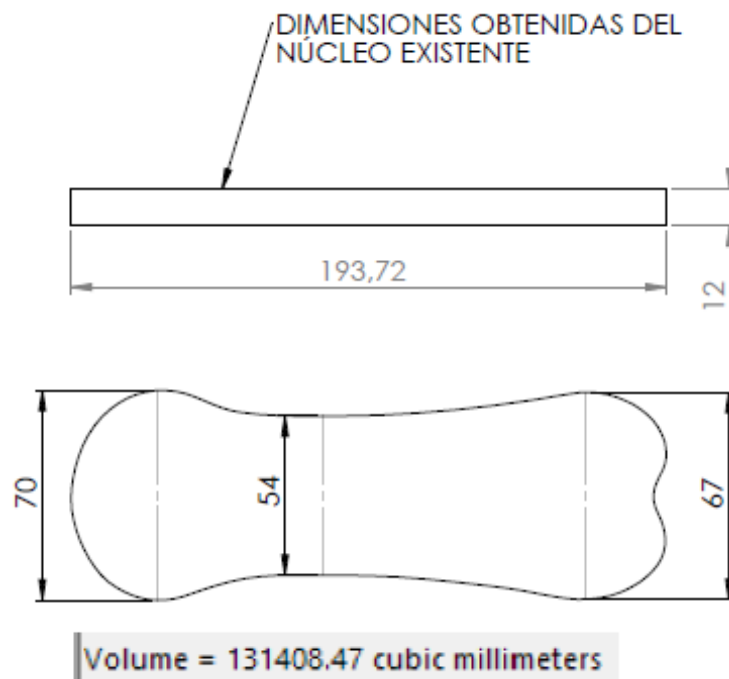
Mediante la ayuda de la tabla anterior, se comprueba que las dimensiones para el rediseño del nuevo casco formador de toallas sanitarias, estaría en los rangos de dimensiones apropiado.

### 3.5. Volumen

Un parámetro importante para el rediseño del nuevo casco es el volumen, ya que por medio de él se va hacer la mejora del núcleo portador de la materia prima “celulosa y SAP”.

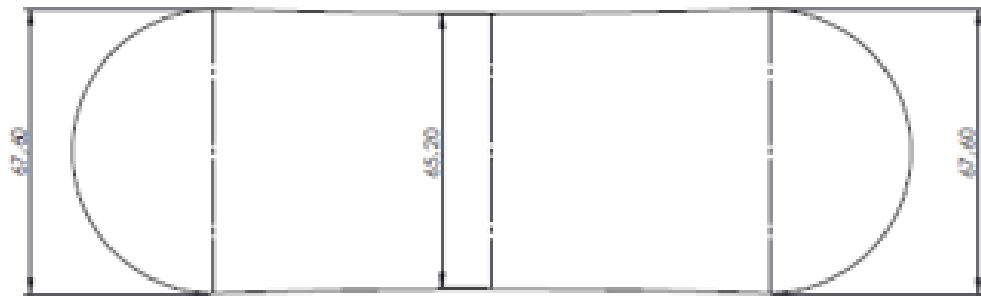
La idea radica en mejorar el núcleo, para que el consumo de materia prima reduzca y no exista mucho desperdicio de la misma durante el proceso de la fabricación de toallas sanitarias.

En la figura 41, se observa el valor del volumen que posee el núcleo del casco existente, para empezar de dicho valor y así mejorarlo.

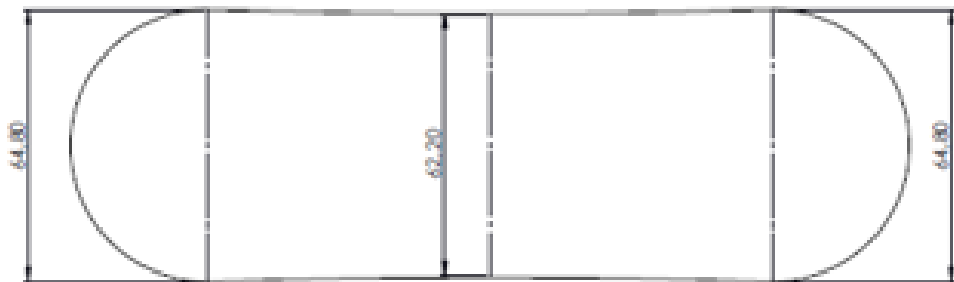


**Figura 41.** Volumen del núcleo

A continuación, en las figuras 42 y 43, se observan los volúmenes de las toallas sanitarias elaboradas en México y Perú, dichos valores del núcleo fueron tomados de la tabla 14.



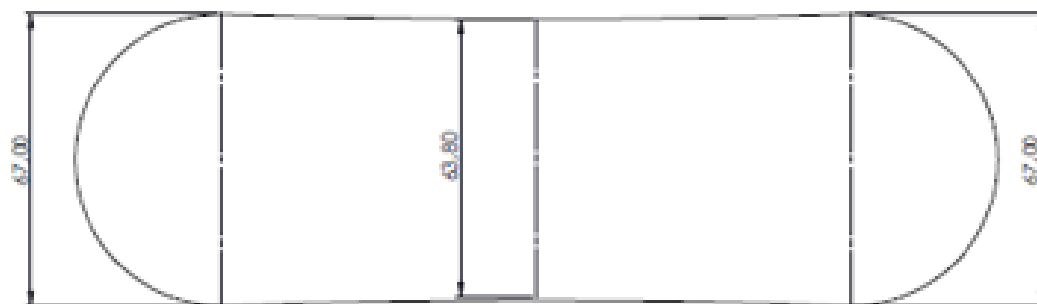
Volumen = 82611.30 milímetros cúbicos



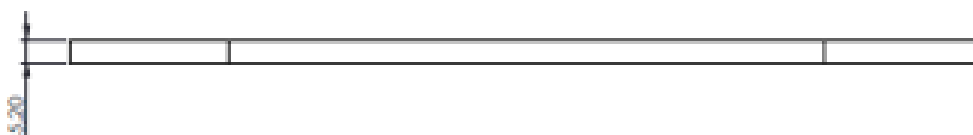
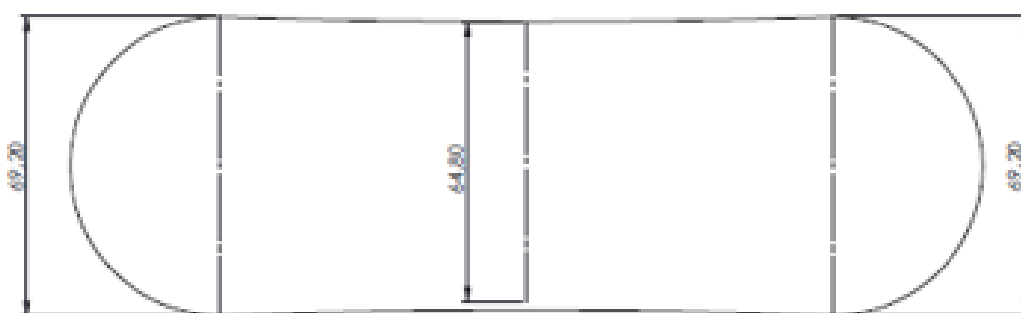
Volumen = 86514.53 milímetros cúbicos

**Figura 42.** Volúmenes de toallas sanitarias de México





Volumen = 59518.01 milímetros cúbicos



Volumen = 69414.76 milímetros cúbicos

**Figura 43.** Volúmenes de toallas sanitarias de Perú

Analizando los cuatro núcleos de las toallas sanitarias seleccionadas, se logró verificar que la de menor volumen es la “Ladysoft de tela suave con alas”, con un valor de 59518.01 milímetros cúbicos.

Lo que significaría que, para un mejor rediseño de los cascos actuales, se harán uso de las dimensiones de los núcleos propuestos.

### 3.6. Material absorbente

Es el material que se encuentra al interior de la toalla sanitaria, la misma que se encarga de recoger y almacenar los fluidos corporales desechados por el organismo de la mujer.

El absorbente que utiliza la empresa "FAMILIA SANCELA" en sus productos, es proporcionado por la compañía "LG CHEM AMERICA INC", el mismo que al momento de la fabricación de toallas sanitarias, es colocado 0.001 gramos y 4 gramos de pulpa o celulosa.

A continuación, en la tabla 16, se observa los parámetros que deben poseer las toallas sanitarias.

**Tabla 16**

Requisitos de absorción, pH y microbiológicos de las toallas sanitarias.

REQUISITOS	Unidad	Mín	Máx	Método de ensayo
<b>Absorción</b>				NTE INEN 2 037
- Capacidad de absorción para la toalla sanitaria normal.	cm <sup>3</sup>	35		
- Capacidad de absorción para la toalla sanitaria "mini"	cm <sup>3</sup>	14		
- Capacidad de absorción para la toalla sanitaria de uso nocturno.	cm <sup>3</sup>	40		
- Velocidad de absorción	s	-	10	
- Factor de capacidad de absorción.	g/g	12	-	
<b>pH</b>		5	7	NTE INEN 2 038
<b>Microbiológicos</b>				NTE INEN 2 039
- Bacterias (1)	UFC/g	-	100	
- Hongos y/o levaduras	UP/g	-	10	
(1) Las toallas sanitarias deben estar libres de Staphylococcus aureus, Pseudomona aeruginosa y enterobacterias.				

Fuente: (INEN 2036, 1996)

Sin embargo, se realizó una comparación experimental entre las toallas sanitarias “Nosotros y Ladysoft”, tal como se muestra en la tabla 17, para lo cual se las colocó líquido rojo sobre ellas, y así determinar la capacidad de absorción y el tiempo que se demoran en hacerlo.

**Tabla 17**

Comparación de toallas sanitarias volumen vs tiempo

<b>COMPARACIÓN DE TOALLAS</b>					
<b>Ladysoft</b>			<b>Nosotros</b>		
<b>Volumen (ml)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>Fuga de Líquido</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>Fuga de Líquido</b>
40	4	No	40	6	No
65	7	No	65	9	Si
85	10	Si	85	10	Si

Fuente: (Propia, 2018)

Con ayuda del experimento entre las dos toallas sanitarias, se llegó a concluir que la de mayor absorción al colocar 40ml fue la “Ladysoft”, con un tiempo de 4 segundos, mientras que la “Nosotras” se demoró 6 segundos, además a los 65ml se notó que la toalla “Nosotras”, tuvo fugas por los lados laterales, y la “Ladysoft”, no en ese nivel de volumen, pero si cuando llego a un límite de 85ml.

Lo que significaría que los dos productos estarían en el rango establecido por la norma INEN 2036 en cuanto a tiempo y capacidad de absorción, tal como se observa en la tabla 16.

Sin embargo, el experimento demuestra que la absorción, no depende del tamaño, sino del tipo de material absorbente que se coloque en la toalla sanitaria.

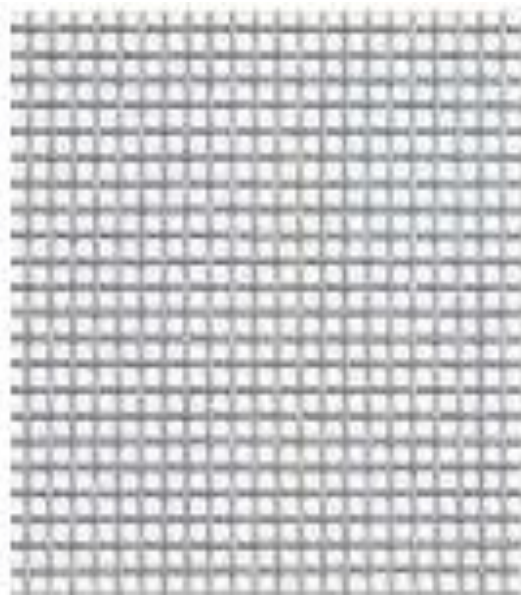
### **3.7. Sujeción**

Para la sujeción de la materia prima que entra en los cascos, se harán uso de una malla y de insertos para la misma, las cuales serán sujetas con pernos adecuados para la función que van a realizar.

### 3.7.1. Malla

El casco será poseedor de una malla en su interior la cual permitirá el alojamiento de la materia prima (pulpa y SAP), para la fabricación de toallas sanitarias.

La malla existente en el casco es una “mesh 20”, teniendo en cuenta que es metálica, tal como se observa en la figura 44.



**Figura 44.** Mesh 20

Fuente: (Retractable, 2011)

En la tabla 18, se puede notar cuales son las dimensiones de la mesh 20, la misma que utilizan los cascos existentes.

**Tabla 18**  
Dimensiones de mesh.

<b>CODIGO</b>	<b>MESH</b>	<b>HILO (mm)</b>	<b>HUECO (mm)</b>	<b>ANCHO (mts)</b>
0284	3	1,37	7,3	1,22
0231	4	1,2	5,16	1,22
0067	6	1	3,23	1
0232	8	0,8	2,36	1,22
0069	10	0,53	2,03	1
0264	10	0,53	2,03	1,22
0070	12	0,5	1,61	1
0207	14	0,5	1,3	1,22
0072	16	0,5	1,08	1
0228	16	0,5	1,08	1,22
0074	20	0,4	0,86	1
0275	20	0,4	0,86	1,22
0076	30	0,3	0,54	1
0221	30	0,3	0,54	1,22
0078	40	0,25	0,38	1
0412	40	0,25	0,38	1,22
0478	50	0,2	0,31	1

Fuente: (CONALMALLAS, s.f.)

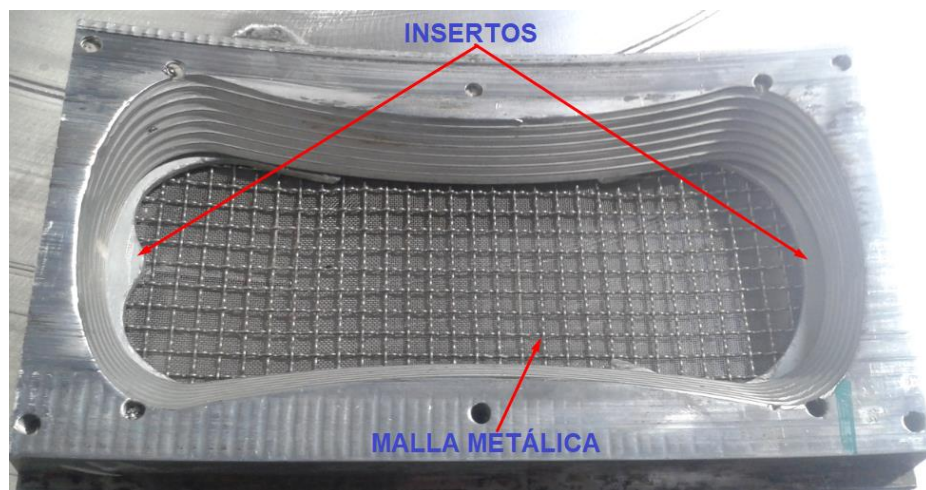
En la tabla anterior, se aprecia que hay distintos tipos de mesh, siendo la mínima de 3 y la máxima de 50, pero la utilizada en los cascos actuales es la de 20, teniendo dimensiones como: hilo 0,4mm; hueco 0,86mm y un ancho de 1mm.

Pero al momento de rediseñar los cascos, también se lo hará en la malla, este cambio se lo realizará de acuerdo a la mejora que se modifique en el molde, teniendo en cuenta que el material para la misma deberá ser de acero inoxidable 304, el mismo que se eligió en la tabla 11, recordando que una de las características del acero malla inoxidable, es que no permite la contaminación.

### 3.7.2. Insertos sujetadores de malla

La importancia de los insertos, es sujetar la malla metálica, al igual que la materia prima, que se utiliza para la fabricación de toallas sanitarias. Se debe tomar en cuenta que tiene que existir dos insertos en la parte inferior del casco, para facilitar la sujeción de la malla metálica, tal como se muestra en la figura 45.

Los insertos al momento de rediseñarlos, serán de fácil montaje y desmontaje, teniendo en cuenta que el material a usarse será el acero inoxidable, ya que no es anticorrosivo y no contaminante.



**Figura 45.** Insertos y malla

### 3.7.3. Sujetadores

Se deben emplear sujetadores al momento de ensamblar los cascos, para lo cual se deberán hacer uso de pernos, los mismos que se los seleccionarán de acuerdo a la necesidad que se llegue a obtener.

Las necesidades que se tienen en el nuevo diseño serán: que los pernos no deberán quedar salidos de los cascos, por motivo de que no se lleguen atrancarse en el proceso, también tendrán que ser de un material anticorrosivo, por las condiciones ambientales, a las cuales estarán sometidos los mismos.

### 3.8. Propuestas de diseño de cascos mediante sistemas CAD

#### 3.8.1. Primer diseño

Se procederá a realizar el diseño de los cascos con la ayuda del software SolidWorks, tal como se lo seleccionó en la tabla 10 por sus características.

Para mejorar el diseño existente del casco que se observa en la figura 46, se corregirá: su forma, núcleo, material, volumen y demás componentes que lo conformen y sean necesarios, para obtener un mejor diseño.



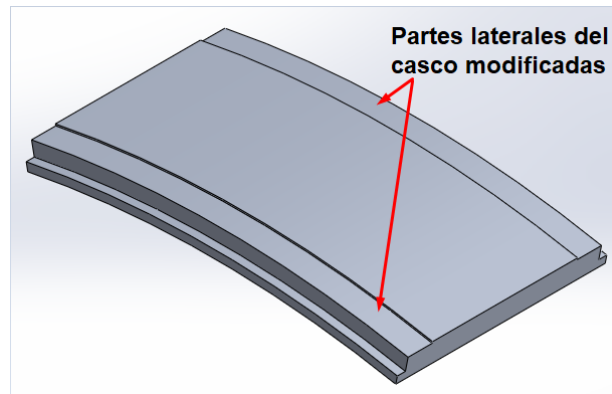
**Figura 46.** Casco existente

Fuente: (CEMAIN, 2018)

#### A. Rediseño de la forma del casco

Se harán cambios en la forma del casco existente, debido a que se lo tendrá que mejorar, esto implicará, que en las partes que estén sometidas a fricción o rozamiento deberán ser modificadas y cambiadas de material, para así obtener un diseño óptimo de los mismos.

En la figura 47, se observa que para solucionar el problema de rozamiento que se presentan en las partes laterales del casco, se realizarán dos canales, los cuales, se colocarán dos insertos de platina de acero inoxidable 304 de 1mm, el mismo que se observa en el anexo 2.



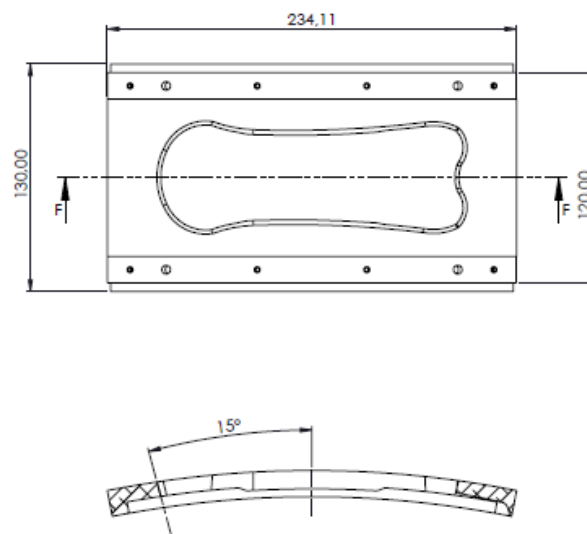
**Figura 47.** Partes modificadas del casco

Además, se tendrá en cuenta que el casco, se lo realizará con duraluminio, ya que es el material seleccionado para el diseño del mismo, como se mencionó en la tabla 11.

### B. Rediseño del núcleo del casco

Otro cambio para la mejora del diseño de los cascos formadores, se lo realizará en el núcleo, ya que es donde ingresa la materia prima (celulosa y SAP), para formar la toalla sanitaria.

El casco actual, como se lo observó en la figura 40, poseen un ángulo de desmontaje de 10 grados, mientras que para el rediseño se lo cambiará a 15°, para tener mayor facilidad de desmontaje, tal como se muestra en la figura 48.

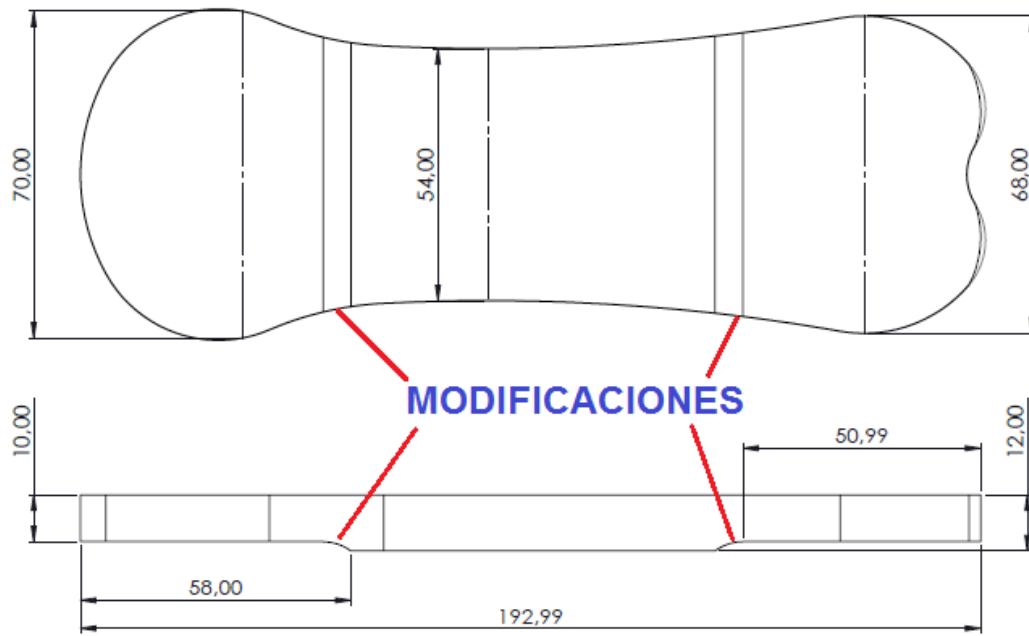


**Figura 48.** Modificación del ángulo de desmontaje a 15 grados



### C. Rediseño del volumen del casco

En la figura 49, se muestra el nuevo cambio que se realizó en el núcleo del casco, para mejorar el volumen del mismo, y así tener menor aporte de materia prima (celulosa y SAP), para la fabricación de toallas sanitarias.

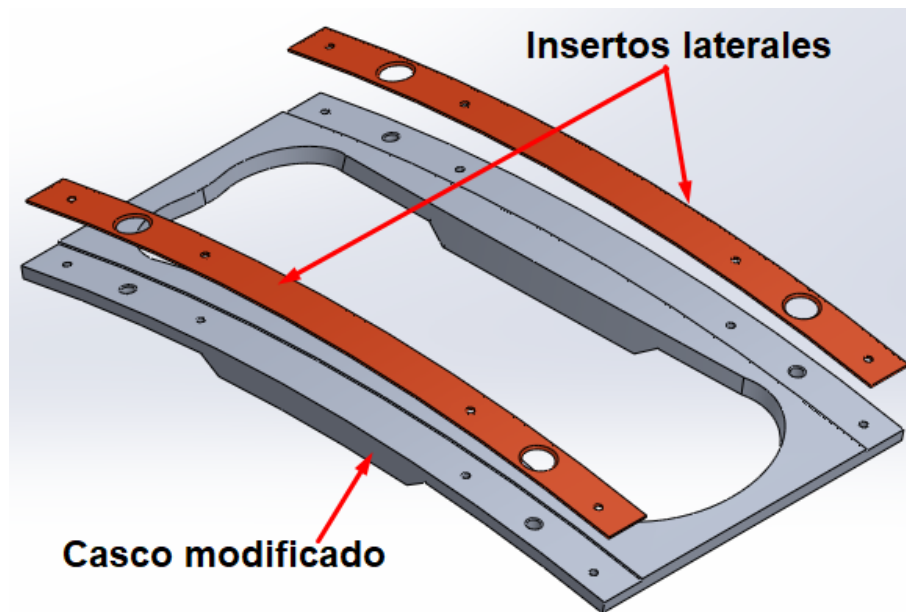


**Figura 49.** Rediseño del núcleo del casco

Teniendo en cuenta que, para el cálculo del volumen, se hará uso del software “SolidWorks”, con la ayuda de la herramienta “propiedades físicas”, la misma que nos da un valor de 122122.50 milímetros cúbicos.

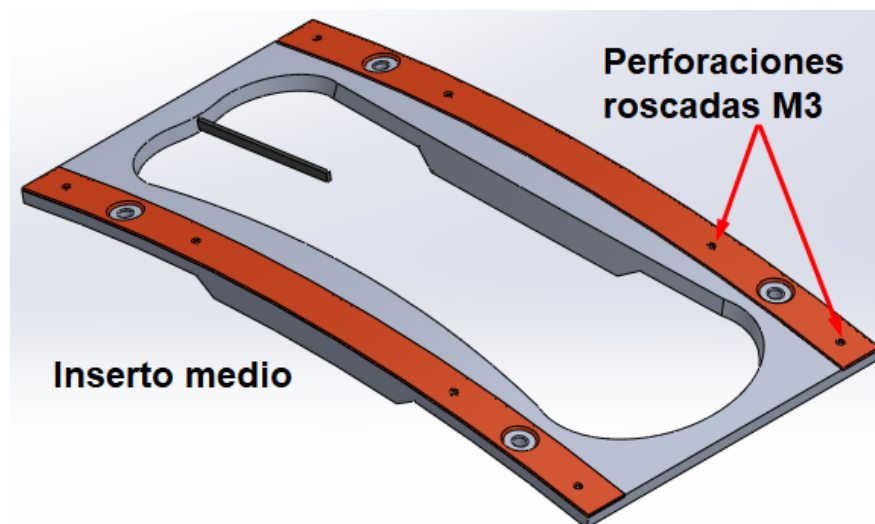
### D. Rediseño de insertos para el casco

Como se mostró en la figura 47, se realizó un rediseño en partes laterales del casco, lo que significa que se colocarán dos insertos para mejorar el diseño en cuanto al desgaste del molde, tal como se observa en la figura 50.



**Figura 50.** Casco modificado con insertos laterales

Además, se colocará un inserto en la parte inferior del casco, el mismo que tendrá la función de dar forma a la parte trasera de la toalla sanitaria, tal como se observa en la figura 51, dicho inserto será de acero inoxidable 304, como se lo seleccionó en la tabla 11.



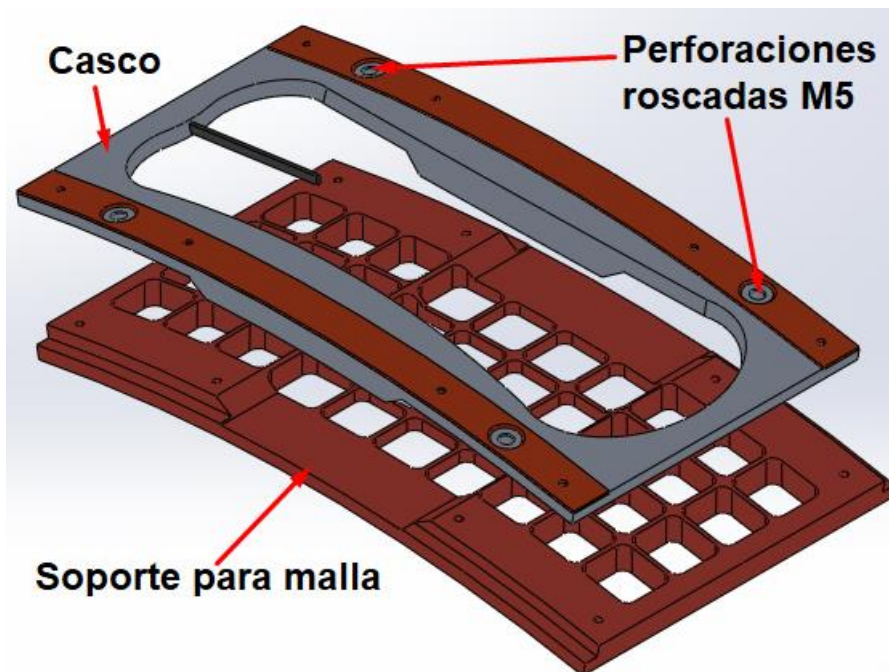
**Figura 51.** Casco con inserto medio

Sin embargo, en la figura 51, también se observa que para la sujeción de los insertos laterales se realizarán con pernos.

### E. Rediseño del soporte para la malla del casco

La malla es muy importante para la sujeción, debido a que aquí se depositará la materia prima (pulpa y SAP), para la fabricación de toallas sanitarias. Además, dicha malla es colocada con dos insertos, los que permiten que la malla esté adherida al casco, tal como se mostró en la figura 45.

Por lo que se llegará, a mejorar el diseño del soporte para la malla y de los insertos, haciéndolos un solo componente, tal como se muestra en la figura 52.

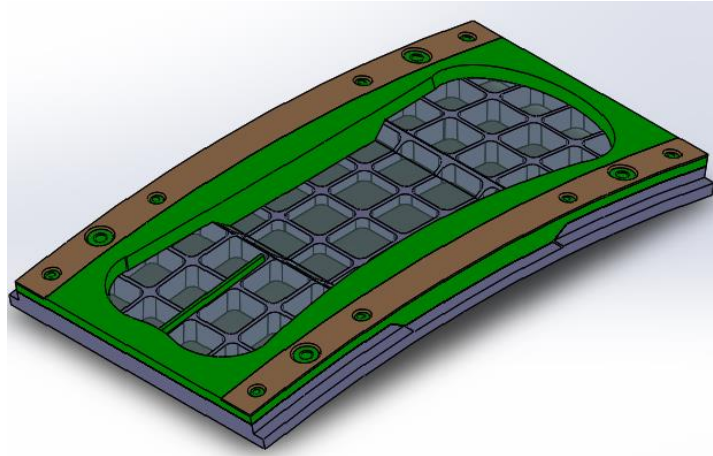


**Figura 52.** Soporte para malla modificada

Dicho soporte se lo realizará en acero inoxidable 304, por motivo de sus características, tal como se mostró en la tabla 11.

También en la figura 52, se observa que, para la sujeción del soporte modificada con respecto al casco, se realizarán con pernos.

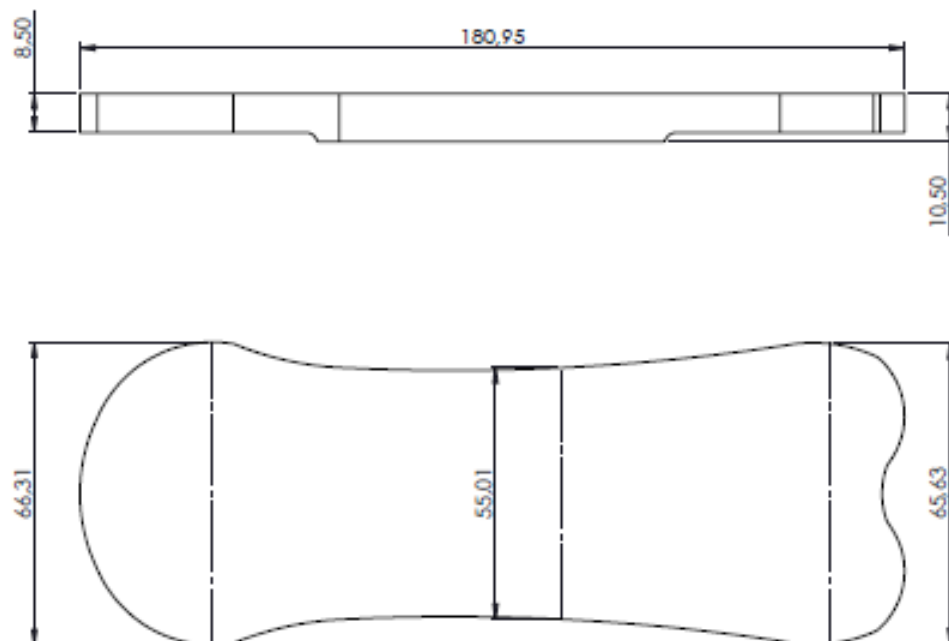
Finalmente, se observa que el diseño del casco al momento de ensamblarlo quedará como se observa en la figura 53.



**Figura 53.** Casco ensamblado

### 3.8.2. Segundo diseño

El diseño poseerá la forma “Básica” en su núcleo, pero sus dimensiones cambiarán en cuanto a su longitud, ancho y espesor, tal como se muestra en la figura 54, sin olvidar que los nuevos valores estarán dentro de los intervalos que señala la norma “INEN 2036”, la misma que se la observó anteriormente en la tabla 15, también se hará un nuevo rediseño en el soporte para la malla, siendo éste de acero inoxidable 304, como se lo describió en la tabla 11.

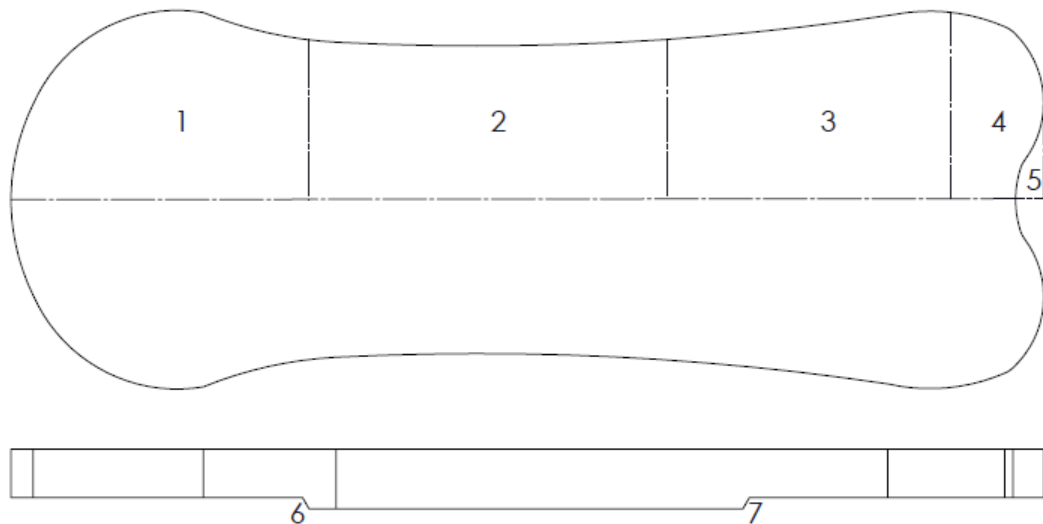


**Figura 54.** Dimensiones del núcleo del segundo diseño

Además, será cambiada la forma del casco, la que consistirá en hacerla un solo cuerpo con la parte del soporte para la malla, la forma de sujeción se la realizará con pernos.

A continuación, se calculará el volumen del nuevo núcleo del casco, para el cual se hará uso del software "Excel", en el que se introducirán los puntos de la cavidad, y así obtener la ecuación correspondiente, por lo que se aplicarán integrales dobles para el cálculo del mismo.

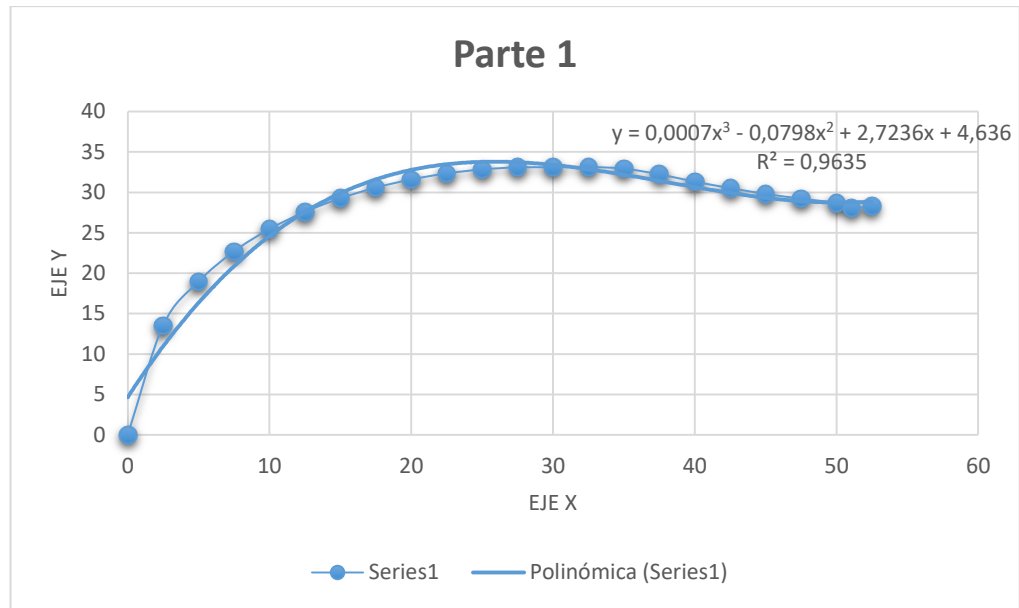
El volumen se lo calculará en siete partes, debido a que tienen medidas diferentes en cuanto a espesor como se observa en la figura 55.



**Figura 55.** Secciones de áreas

### A. Cálculo volumen 1

Se tomarán entre los intervalos de 0 a 52.5 mm, tal como se muestra en la figura 56, ya que a ese límite el espesor del casco es de 8.5mm.



**Figura 56.** Cálculo de volumen parte 1

A continuación, se procederá a realizar el cálculo con la ecuación mostrada en la figura 56.

$$f(x, y) = 8.5$$

$$f(x) = 0.0007x^3 - 0.0798x^2 + 2.7236x + 4.636$$

$$V_1 = \iiint_R f(x, y) dA$$

$$V_1 = \iint_R f(x, y) dy dx$$

$$V_1 = \int_0^{52.5} \int_0^{f(x)} 8.5 dy dx$$

$$V_1 = 8.5 \int_0^{52.5} \int_0^{0.0007x^3 - 0.0798x^2 + 2.7236x + 4.636} dy dx$$

$$V_1 = 8.5 \int_0^{52.5} y_0^{0.0007x^3 - 0.0798x^2 + 2.7236x + 4.636} dx$$

$$V_1 = 8.5 \int_0^{52.5} (0.0007x^3 - 0.0798x^2 + 2.7236x + 4.636) dx$$

$$V_1 = 8.5 \left[ 0.0007 \frac{x^4}{4} - 0.0798 \frac{x^3}{3} + 2.7236 \frac{x^2}{2} + 4.636 x \right]_0^{52.5}$$

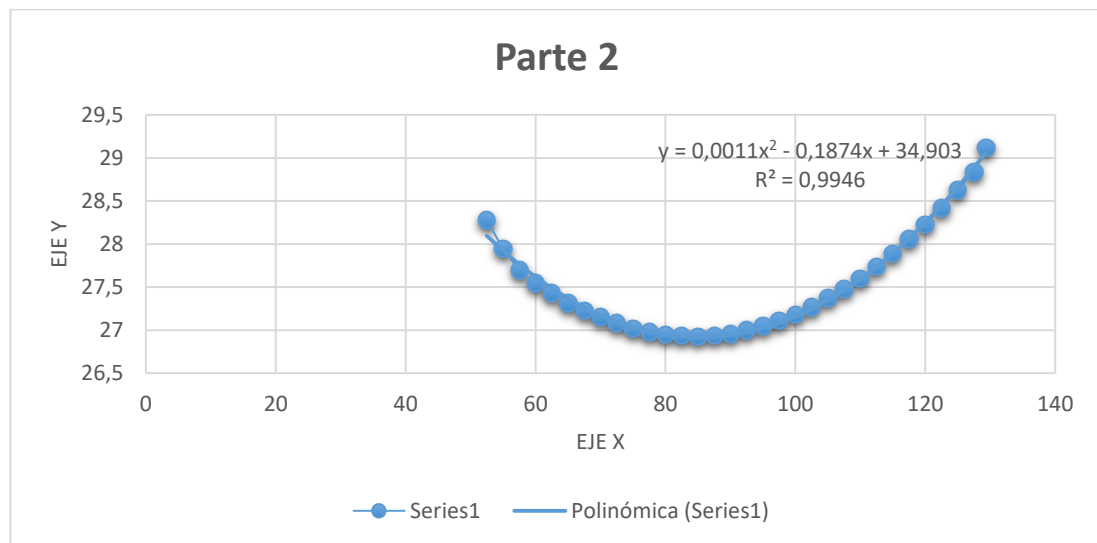
$$V_1 = 8.5 \left[ \frac{0.0007}{4} (52.5^4) - \frac{0.0798}{3} (52.5^3) + \frac{2.7236}{2} (52.5^2) + 4.636(52.5) \right]$$

$$V_1 = 8.5(1329.46 - 3849.10 + 3753.46 + 243.39)$$

$$V_1 = 12556.29 \text{ mm}^3$$

## B. Cálculo volumen 2

Se tomarán entre los intervalos de 52.5 a 129.39 mm, tal como se muestra en la figura 57, ya que a ese límite el espesor del casco es de 10.5mm.



**Figura 57.** Cálculo de volumen parte 2

$$f(x, y) = 10.5$$

$$f(x) = 0.0011x^2 - 0.1874x + 34.903$$

$$V_2 = \iint_R f(x, y) dA$$

$$V_2 = \iint_R f(x, y) dy dx$$

$$V_2 = \int_{52.5}^{129.39} \int_0^{f(x)} 10.5 dy dx$$

$$V_2 = 10.5 \int_{56.5}^{129.39} \int_0^{0.0011x^2 - 0.1874x + 34.903} dy dx$$

$$V_2 = 10.5 \int_{52.5}^{129.39} y_0^{0.0011x^2 - 0.1874x + 34.903} dx$$

$$V_2 = 10.5 \int_{52.5}^{129.39} (0.0011x^2 - 0.1874x + 34.903) dx$$

$$V_2 = 10.5 \left[ 0.0011 \frac{x^3}{3} - 0.1874 \frac{x^2}{2} + 34.903 x \right]_{52.5}^{129.39}$$

$$V_2 = 10.5 \left[ \frac{0.0011}{3} (129.39^3 - 52.5^3) - \frac{0.1874}{2} (129.39^2 - 52.5^2) + 34.903(129.39 - 52.5) \right]$$

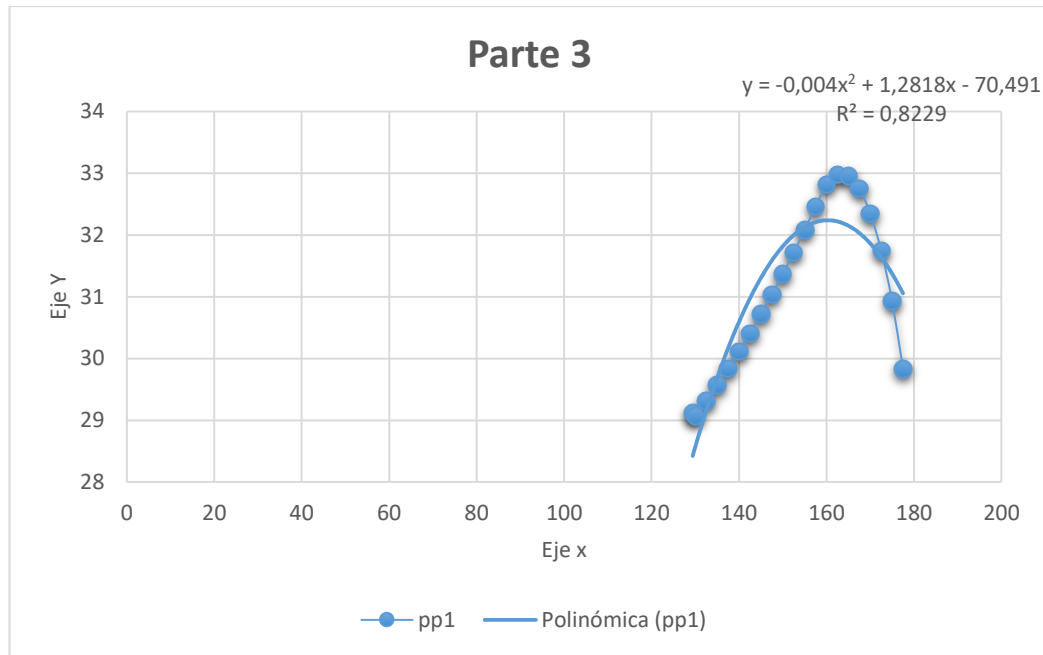
$$V_2 = 10.5 (741.22 - 1310.44 + 2683.69)$$

$$V_2 = 22201.935 \text{ mm}^3$$

### C. Cálculo volumen 3

Se tomarán entre los intervalos de 129.39 a 176.02 mm, tal como se muestra en la figura 58, ya que a ese límite el espesor del casco es de 8.5mm.





**Figura 58.** Cálculo de volumen parte 3

$$f(x, y) = 8.5$$

$$f(x) = -0.004x^2 + 1.2818x - 70.491$$

$$V_3 = \iint_R f(x, y) dA$$

$$V_3 = \iint_R f(x, y) dy dx$$

$$V_3 = \int_{129.39}^{176.02} \int_0^{f(x)} 8.5 dy dx$$

$$V_3 = 8.5 \int_{129.39}^{176.02} \int_0^{-0.004x^2 + 1.2818x - 70.491} dy dx$$

$$V_3 = 8.5 \int_{129.39}^{176.02} y_0^{-0.004x^2 + 1.2818x - 70.491} dx$$

$$V_3 = 8.5 \int_{129.39}^{176.02} (-0.004x^2 + 1.2818x - 70.491) dx$$

$$V_3 = 8.5 \left[ -0.004 \frac{x^3}{3} + 1.2818 \frac{x^2}{2} - 70.491 x \right]_{129.39}^{176.02}$$

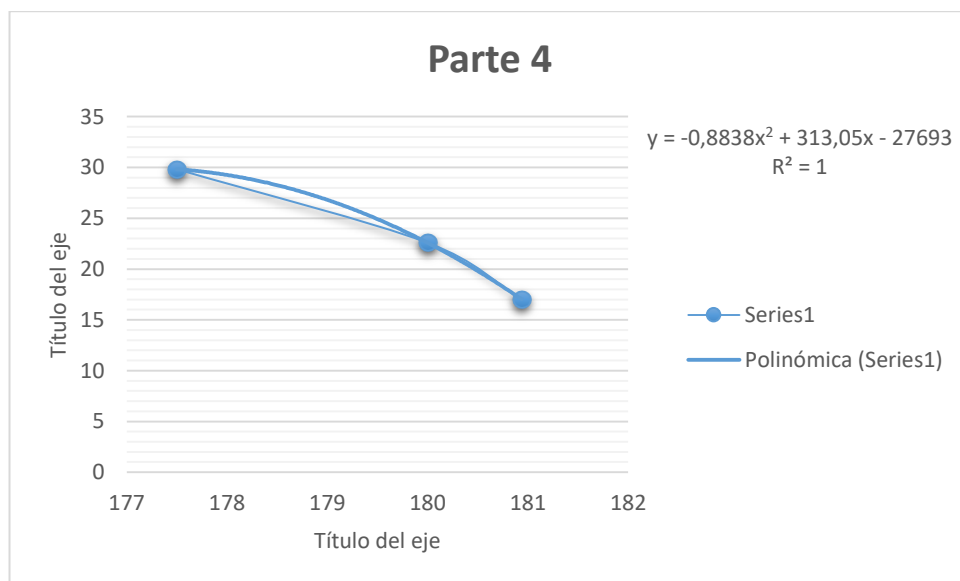
$$V_3 = 8.5 \left[ -\frac{0.004}{3} (176.02^3 - 129.39^3) + \frac{1.2818}{2} (176.02^2 - 129.39^2) - 70.491(176.02 - 129.39) \right]$$

$$V_3 = 8.5(-4383.22 + 9127.22 - 32.86.99)$$

$$V_3 = 12384.59 \text{ mm}^3$$

#### D. Cálculo volumen 4

Se tomarán entre los intervalos de 176.02 a 180 mm, tal como se muestra en la figura 59, ya que a ese límite el espesor del casco es de 8.5mm.



**Figura 59.** Cálculo de volumen parte 4

$$f(x, y) = 8.5$$

$$f(x) = -0.8838x^2 + 313.05x - 27693$$

$$V_4 = \iint_R f(x, y) dA$$

$$V_4 = \iint_R f(x, y) dy dx$$

$$V_4 = \int_{176.02}^{180} \int_0^{f(x)} 8.5 \, dy \, dx$$

$$V_4 = 8.5 \int_{176.02}^{180} \int_0^{-0.8838x^2+313.05x-27693} dy \, dx$$

$$V_4 = 8.5 \int_{176.02}^{180} y_0^{-0.8838x^2+313.05x-27693} dx$$

$$V_4 = 8.5 \int_{176.02}^{180} (-0.8838x^2 + 313.05x - 27693) dx$$

$$V_4 = 8.5 \left[ -0.8838 \frac{x^3}{3} + 313.05 \frac{x^2}{2} - 27693 x \right]_{176.02}^{180}$$

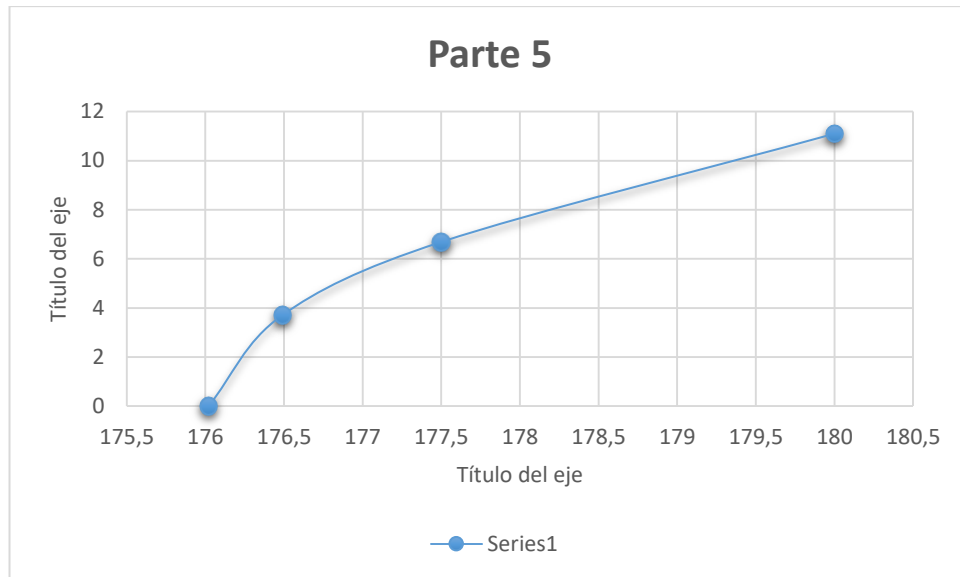
$$V_4 = 8.5 \left[ -\frac{0.8838}{3} (180^3 - 176.02^3) + \frac{313.05}{2} (180^2 - 176.02^2) - 27693(180 - 176.02) \right]$$

$$V_4 = 8.5(-111466.40 + 221789.60 - 110218.14)$$

$$V_4 = 893.01 \, mm^3$$

### E. Cálculo volumen 5

Se tomarán entre los intervalos de 180 a 176.02 mm, tal como se muestra en la figura 60, ya que a ese límite el espesor del casco es de 8.5mm.



**Figura 60.** Cálculo de volumen parte 5

$$f(x, y) = 8.5$$

$$f(x) = -0.7111x^2 + 255.83x - 22998$$

$$V_5 = \iint_R f(x, y) dA$$

$$V_5 = \iint_R f(x, y) dy dx$$

$$V_5 = \int_{180}^{176.02} \int_0^{f(x)} 8.5 dy dx$$

$$V_5 = 8.5 \int_{180}^{176.02} \int_0^{-0.7111x^2 + 255.83x - 22998} dy dx$$

$$V_5 = 8.5 \int_{180}^{176.02} y_0^{-0.7111x^2 + 255.83x - 22998} dx$$

$$V_5 = 8.5 \int_{180}^{176.02} (-0.7111x^2 + 255.83x - 22998) dx$$

$$V_5 = 8.5 \left[ -0.7111 \frac{x^3}{3} + 255.83 \frac{x^2}{2} - 22998 x \right]_{180}^{176.02}$$

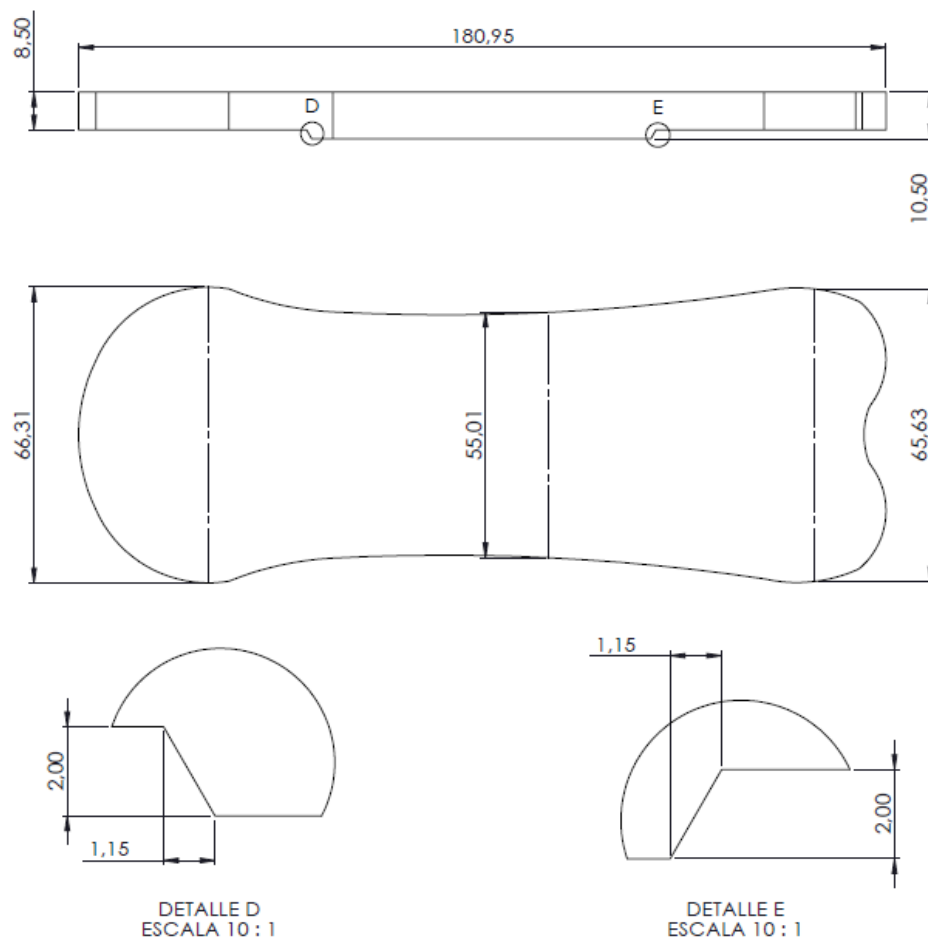
$$V_5 = 8.5 \left[ -\frac{0.7111}{3} (176.02^3 - 180^3) + \frac{255.83}{2} (176.02^2 - 180^2) - 22998(176.02 - 180) \right]$$

$$V_5 = 8.5(89685.17 - 181250.34 + 91532.04)$$

$$V_5 = -281.61 \text{ mm}^3$$

### F. Cálculo volúmenes 6 y 7

El cálculo de lo realizará con las dimensiones del detalle "D y E", como se observa en la figura 61, teniendo una altura de 55.9 mm y 58.29 mm, respectivamente.



**Figura 61.** Detalles del D y E

$$A_1 = \frac{b * h}{2}$$

$$A_1 = \frac{1.15 * 2}{2}$$

$$A_1 = 1.15 \text{ mm}^2$$

$$V_6 = A_1 * H$$

$$V_6 = 1.15 * 55.96$$

$$V_6 = 64.35 \text{ mm}^3$$

$$A_2 = \frac{b * h}{2}$$

$$A_2 = \frac{1.15 * 2}{2}$$

$$A_2 = 1.15 \text{ mm}^2$$

$$V_7 = A_2 * H$$

$$V_7 = 1.15 * 58.29$$

$$V_7 = 67.03 \text{ mm}^3$$

### G. Cálculo total

Para obtener la respuesta final se tendrá que sumar los cinco primeros volúmenes y multiplicarlos por dos, ya que los lados del núcleo son simétricos, además se los debe adherir el sexto y séptimo.

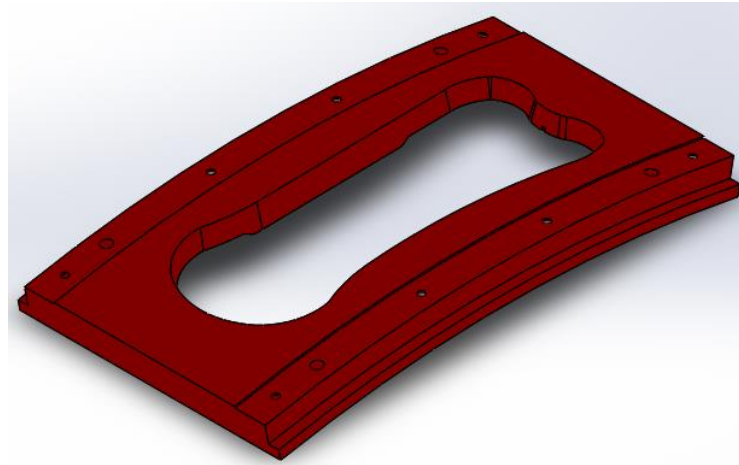
$$V_{total} = 2(V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - V_5) + V_6 + V_7$$

$$V_{total} = (2 * (12556.29 + 22201.935 + 12384.59 + 893.01 - 281.61) + 64.35 + 67.03) \text{ mm}^3$$

$$V_{total} = 95639.81 \text{ mm}^3$$

## H. Forma nueva del casco

En la figura 62, se observa el casco con las nuevas modificaciones en cuanto a su forma mencionada en el literal 3.8.2.

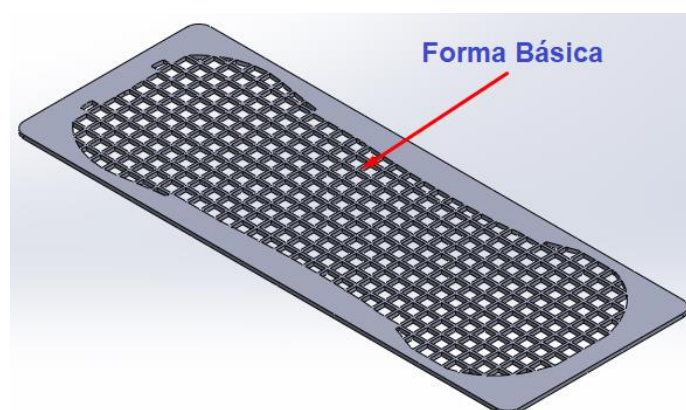


**Figura 62.** Forma segundo diseño del casco

## I. Soporte para malla metálica

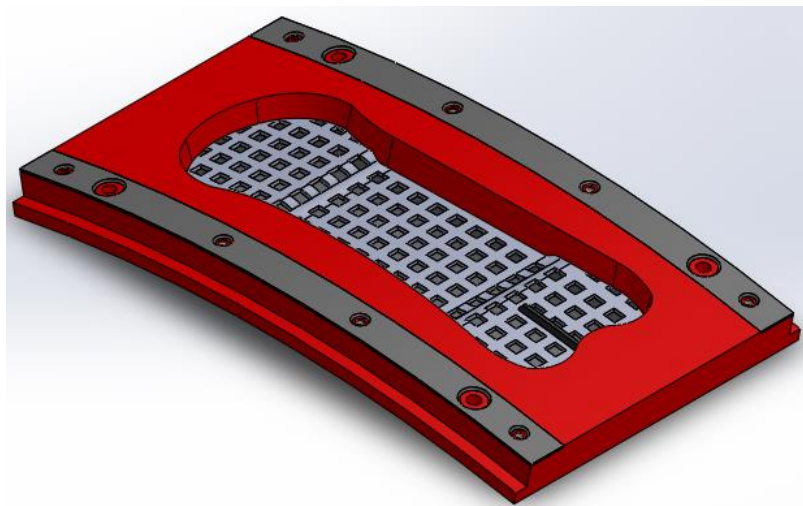
Se la realizará en acero inoxidable, tal como se lo seleccionó en el literal 3.3, por sus características mecánicas.

En la figura 63, se muestra que el nuevo diseño del soporte posee en su interior la forma “Básica” de la toalla sanitaria, la misma que fue seleccionada en la tabla 13.



**Figura 63.** Segunda propuesta soporte para malla

Finalmente, en la figura 64, se observa el ensamblaje del casco en su totalidad, teniendo en cuenta que los planos respectivos del diseño se los mostrará en los anexos 3, 4, 5, 6.



**Figura 64.** Casco ensamblado

### 3.9. Selección del diseño óptimo

En la tabla 19, se mostrarán los valores de volumen de los tres cascos que fueron analizados anteriormente.

**Tabla 19**  
Volúmenes de Núcleos de Cascos

<b>Volúmenes de Núcleos de Cascos</b>	
<b>Casco</b>	<b>Volumen (mm<sup>3</sup>)</b>
<b>Existente</b>	131408,47
<b>Primer Diseño</b>	122122,5
<b>Segundo Diseño</b>	95877,37

Fuente: (Propia, 2018)

La tabla anterior, muestra que los dos diseños propuestos son mejores que el existente, debido a que tienen menor volumen, lo que significaría que se depositaría menor cantidad de materia prima (celulosa y SAP) en su



núcleo, pero como se observa el mejor sería el “Segundo Diseño”, con un volumen de 95877.37 milímetros cúbicos.

### 3.10. Sistemas CAE

El casco es sometido a una presión vacuométrica de 50 pulgadas de agua, al momento de la fabricación de toallas sanitarias, lo que significaría que no es necesario realizar un análisis mecánico de resistencia, por su bajo valor, para lo cual en este caso se hará un estudio matemático CAE.

En la actualidad, en la ingeniería es muy importante el análisis ingenieril mediante CAE, debido a que por medio de ello se analiza completamente procesos mecánicos o de máquinas en sí, por lo que tiene la gran ventaja de realizar el estudio anticipado de los mismos para diagnosticar su viabilidad, además nos facilita la no realización de prototipos físicos, lo que significaría que no se hicieran gastos innecesarios de materia prima para su construcción, también permite la sencillez en la etapa de diseño, sin olvidar que también es muy necesaria y útil el cálculo matemático de cualquier componente a ser analizado.

En la tabla 20, se indicarán los software CAE que son empleados en el campo de ingeniería, al momento de realizar cálculos matemáticos, considerando en una escala del 1 al 5, para la selección del mismo, siendo 1 el valor menor y 5 el mayor.

**Tabla 20**  
Software CAE matemáticos

Software	Parámetros de Selección			
	Instalación	Herramientas	Interfaz de aprendizaje	Simulación virtual
<b>MATLAB</b>	4	5	4	5
<b>SCILAB</b>	5	4	5	5
		<b>Paquetes</b>	<b>Costos</b>	<b>TOTAL</b>
		5	5	28
		3	4	26

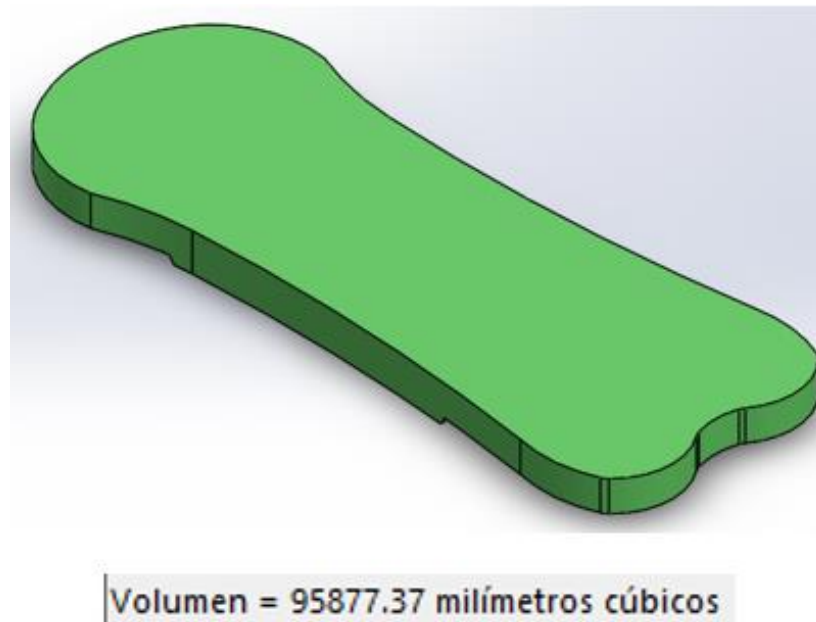
En la tabla anterior, se describen dos tipos de software CAE matemáticos, los cuales son muy empleados en el análisis de ingeniería, pero como se nota el que tiene mayor valor en cuanto a ponderaciones es el “MATLAB”, ya que es muy utilizado y tiene algunas ventajas en cuanto al “SCILAB”, estas son en lo que respecta a herramientas y paquetes.

Por lo que finalmente, se diría que el software utilizado para realizar el análisis de volumen de los cascos será el “MATLAB”. Sin olvidar que se hará uso de una versión estudiantil por motivo de que la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga no dispone de licencias comerciales.

Sin embargo, se debe tener en consideración que en un análisis CAE matemático, también se pueden utilizar los software que se mencionaron anteriormente en la tabla 10, ya que constan con herramientas de cálculo, en cuanto a propiedades físicas de las piezas o componentes, por lo que se empleará el software “SolidWorks”, para dicho estudio.

### 3.11. Análisis y comparación de volumen

A continuación, en la figura 65, se observa el volumen del núcleo calculado en software “SolidWorks”.



**Figura 65.** Volumen calculado en SolidWorks

La figura anterior muestra que el valor calculado de volumen por el software es de  $95877.37 \text{ mm}^3$ , mientras que en el literal anterior 3.8.2.G, se obtuvo un valor analítico de  $95639.81 \text{ mm}^3$ , lo que significaría que ambos métodos poseen valores similares, debido a la aplicación de los decimales.

### **3.12. Sistemas CAM**

En la actualidad, en la ingeniería es muy importante la parte CAM, debido a que por medio de ella se puede manufacturar piezas o componentes de diferentes máquinas o de procesos mecánicos, además entre sus ventajas esta: el ahorro de tiempo por mecanizado, la seguridad del operador, ya que en este caso no tiene mucha relación física con la máquina, la precisión en la fabricación de las mismas y el ahorro energético.

### **3.13. Procesos utilizados**

En la actualidad, el mercado ecuatoriano, en cuanto a procesos posee lo que son: máquinas de corte CNC, tornos, fresadoras y centros de mecanizado.

Sin embargo, en este caso las más empleadas serán, las cortadoras y el centro de mecanizado, por motivo de su precisión, velocidad, entre otras características.

#### **3.13.1. Cortadoras CNC**

Para el corte se dispone de varias máquinas las que se detallarán en la tabla 21, las mismas que se encuentran en el mercado ecuatoriano, por lo que para su selección tendrán un rango del 1 al 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo.

**Tabla 21**  
Cortadoras CNC

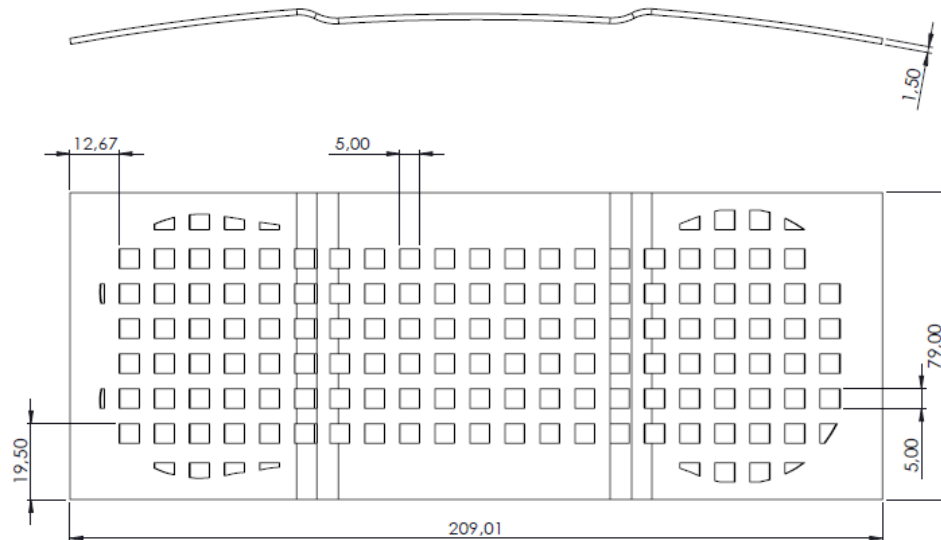
<b>Selección de cortadoras CNC</b>								
<b>Cortadoras</b>	<b>Parámetros</b>						<b>Costo Bajo</b>	<b>Total</b>
	<b>Espesor de corte</b>	<b>Precisión</b>	<b>Tiempo de mecanizado</b>	<b>Acabado</b>	<b>Variedad de materiales para corte</b>			
<b>Corte por plasma</b>	4	3	5	3	3	5	23	
<b>Corte por agua</b>	4	5	4	5	5	4	27	
<b>Corte por hilo</b>	5	5	3	5	4	4	26	
<b>Corte por láser</b>	3	5	5	5	4	3	25	

La tabla anterior, muestra que la cortadora por agua tiene mayor ponderación con respecto a las otras máquinas, con un valor de 27, seguido de la de hilo, con 26, y en último lugar la de plasma con 23, pero en este diseño no va a interferir, por situaciones de acabado, y de precisión.

Por lo que se llega a concluir que la que se va a utilizar es la cortadora por agua, esta se la empleará al momento de mecanizar el soporte para la malla, también se hará uso de la de hilo, pero para cortar el inserto medio.

#### **A. Características de cortadora por agua**

En este caso se requerirá una cortadora, que permita mecanizar el soporte para la malla, la misma que poseerá las siguientes medidas, tal como se muestra en la figura 66.



**Figura 66.** Dimensiones soporte para malla

Para cortar el soporte, se hará uso de una cortadora por agua, la misma que se la encuentra en la empresa “SERVICOR”, ubicada en la ciudad de Quito, la que poseerá las siguientes características:

- Dimensiones de la mesa de trabajo, eje  $x=3000\text{mm}$ ,  $y=1500\text{mm}$ ,  $z=200\text{mm}$ .
- Presión máxima para corte de 6500 bar
- Velocidad de corte 20 a 60 m/min.
- Valor por hora de la máquina USD \$180.

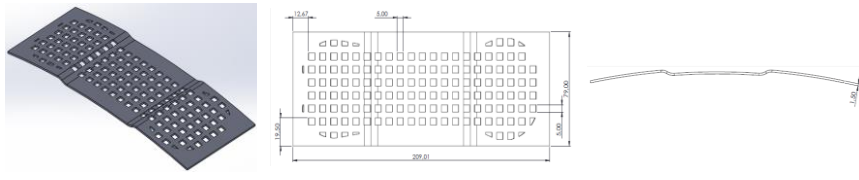

El resto de características técnicas se describe en el anexo 7.

#### **a.1. Software empleado en la cortadora por agua**

La cortadora por agua, posee un software propio que es el “TORCHMATE”, aquí se realizan los dibujos a cortar, además el software es compatible con archivos “dxf”.

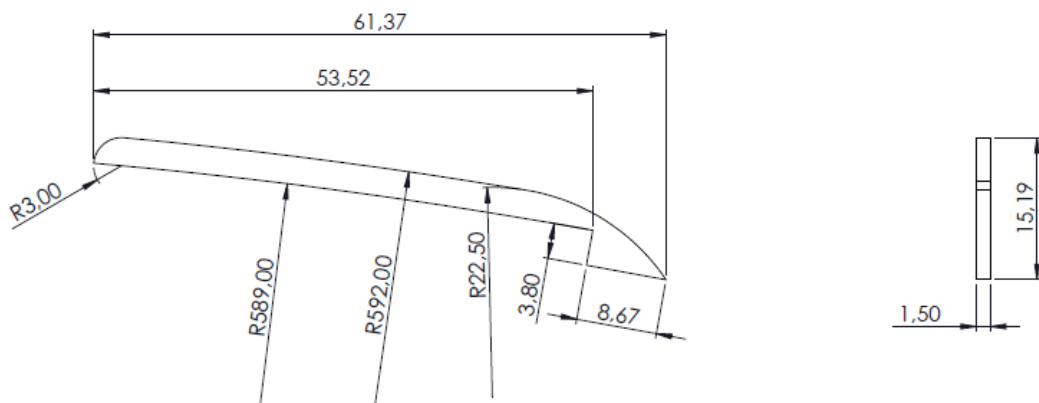
A continuación, en la tabla 22, se observa la hoja de procesos para realizar el corte del soporte para la malla.

**Tabla 22**  
Hoja de procesos para corte por agua

HOJA DE PROCESOS DE MANUFACTURA						
<b>NOMBRE DEL PROCESO:</b>	Corte por hilo					
<b>MATERIAL:</b>	Acero inoxidable 304					
<b>RESPONSABLE:</b>	Edgar Salcedo					
<b>REVISOR:</b>	Ing. Fausto Acuña					
Orden	Operación	Herramienta de corte	Porta-herramientas	Herramienta de sujeción de piezas	Parámetros	Croquis de la operación
1	Corte	Agua y arena abrasiva	Boquilla	Bridas	Vc = 800 m/seg P = 6000 bar	

## B. Características de corte por hilo

Se la empleará al momento de cortar el inserto medio, este poseerá las siguientes medidas, tal como se observa en la figura 67.



**Figura 67.** Medidas inserto medio

Por lo que se hará uso de una cortadora por hilo, que se encuentra en la empresa “CEMAIN”, esta posee las siguientes características:

- Dimensiones de la máquina en cuanto a su mesa de trabajo, eje x=600mm, y=400mm, z=400mm.
- Herramienta de corte (hilo de tungsteno con diámetro de 0,2mm).

- Velocidad de avance máxima 530 mm/min.
- Valor por hora de la máquina USD \$30.

El resto de características técnicas de la máquina, se la observará en el anexo 8.

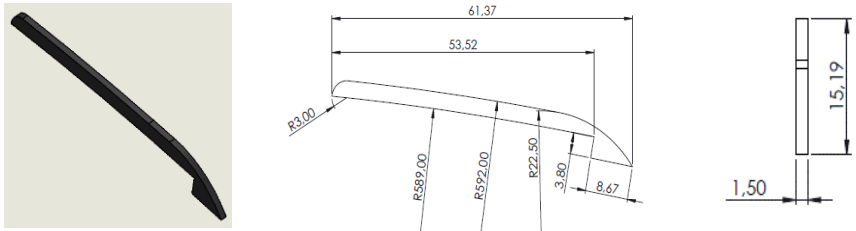

### a.1. Software empleado en la cortadora por hilo

La cortadora por hilo utiliza el software “AutoCAD”, debido que facilita el dibujo en 2D, además el controlador que esta posee, lee archivos “dxf” para convertirlos en “datos” y así generar la trayectoria de corte.

### b.1. Proceso de mecanizado del corte por hilo

En la tabla 23, se observa la hoja de procesos para realizar el corte del inserto medio.

**Tabla 23**  
Hoja de procesos de manufactura

HOJA DE PROCESOS DE MANUFACTURA						
<b>NOMBRE DEL PROCESO:</b>	Corte por hilo					
<b>MATERIAL:</b>	Acero inoxidable 304					
<b>RESPONSABLE:</b>	Edgar Salcedo					
<b>REVISOR:</b>	Ing. Fausto Acuña					
Orden	Operación	Herramienta	Porta-herramientas	Herramienta de sujeción de piezas	Parámetros	Croquis de la operación
1	Corte	Hilo de tungsteno con diámetro de 0,2mm	Tambor	Bridas	$V_s = 400 \text{ mm/min}$ $I = 6 \text{ A}$	

### 3.13.2. Centro de mecanizado

Para mecanizar el casco formador de toallas sanitarias, se utilizará un centro de mecanizado “VDL-600A”, el cual se lo encuentra en la empresa “CEMAIN”, ubicada en la ciudad de Tambillo, barrio El Rosal, la misma que tendrá las siguientes características técnicas.

- Dimensiones de la mesa de trabajo, en el eje x = 600 mm, y = 420 mm, z = 520 mm.
- Potencia de los servomotores 12 KW.
- Tipo de adaptador de herramienta BT-40.
- Peso neto 4800 kg.
- Valor por hora de la máquina USD \$70.

El resto de características técnicas de la máquina, se la observará en el anexo 9.

#### A. Software para programar el centro de mecanizado

En la tabla 24, se indicarán los software CAM que son empleados en el campo de ingeniería, considerando en una escala del 1 al 5, para la selección del mismo, siendo 1 el valor menor y 5 el mayor.

**Tabla 24**  
Software CAM

Software	Parámetros de Selección					TOTAL
	Instalación Fácil	Cantidad de Herramientas	Interfaz de aprendizaje	Simulación virtual	Costos elevados	
<b>NX</b>	3	5	3	5	5	21
<b>Catia</b>	3	5	3	5	5	21
<b>VisualMill</b>	5	3	5	4	4	21
<b>MaterCAM</b>	5	4	5	4	4	22



En la tabla anterior, se aprecian diferentes software CAM, estos son utilizados en la parte de ingeniería, por sus diferentes características, también por ser muy conocidos en la industria.

Se observa, que los software de gama alta como son (NX y Catia), ya que poseen el mismo valor de ponderaciones, por motivo de sus parámetros o características que son semejantes, teniendo en cuenta que son muy eficientes en la industria, pero sin dejar de lado que sus desventajas radican en su instalación, interfaz de aprendizaje y su costo elevado.

Por lo tanto, se concluye que, para el mecanizado virtual de los cascos formadores de toallas sanitarias, se empleará el software CAM (MasterCAM), por las características que posee en lo que respecta a: instalación, herramientas, interfaz de aprendizaje, simulación virtual y costo. Sin olvidar que se hará uso de una versión estudiantil por motivo de que la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga no dispone del programa.

## **B. Selección de herramientas de corte**

Debido a la forma que posee el casco, tal como se observó en la figura 64, se realizará varias operaciones para su mecanizado, estas serán: planeado, contorneado, ranurado, punteado, taladrado, roscado y acabado.

### **a.1. Selección de herramientas para planear**

En el mercado ecuatoriano existe un sin número de herramientas para planear con diferentes marcas, pero en este caso se utilizará una "Face Mill 90°", esta poseerá 5 dientes, debido a su paso uniforme y al diámetro de corte que necesitamos para realizar el mecanizado, además tendrá plaquitas de insertos "R390-11T412M-NMW", esta fue seleccionada por el diámetro de la fresa y el rendimiento del filo que es de mayor seguridad, también es para cono "BT-40-ER32-70", se la observa en la figura 68, que fue extraída del catálogo "Sandvik".




	CoroMill® 490 Página D17	CoroMill® 390 Página D25	CoroMill® 390 Página D27	CoroMill® 290 Página D47	CoroMill® Century Página D51
					
Profundidad de corte ( $a_p$ ), mm	5.5 - 10.0	10 - 15.7	36 - 85	10.7	2 - 10
pulgadas	.216 - .394	.394 - .618	1.420 - 3.900	.421	.079 - .394
$D_c$ mm	20 - 250	12 - 200	32 - 200	40 - 250	40 - 200
$D_c$ pulgadas	.750 - 10.000	.500 - 8.000	1.250 - 4.000	2.000 - 10.000	2.000 - 8.000

**Figura 68.** Herramienta para planear

Fuente: (Sandvik, 2012)

### b.1. Selección de herramientas para contorneo y ranurar

Existe una gama muy amplia en lo que respecta a las herramientas de contorneo y ranurado, pero para el presente casco se utilizará una “End Mill Cilíndrica de Insertos CRT”, se la empleará en las dos operaciones mencionadas, además poseerá 2 dientes, debido a su paso uniforme, al semiacabado que esta proporciona, al diseño que permite un flujo de virutas sin obstrucciones y al diámetro de corte que necesitamos para realizar el mecanizado, con plaquitas de inserto “R300-1032E-PL”, esta se la seleccionó por el diámetro de la fresa y el rendimiento del filo que es de mayor seguridad, teniendo un diámetro de vástago de 20 mm, tal como se observa en la figura 69, esta fue tomada del catálogo “Sandvik”.

	CoroMill® 200 Página D122	CoroMill® 300 Página D110	CoroMill® Punta esférica Página D128	Fresa CoroMill® para acabado de punta esférica Página D135
				
Profundidad de corte ( $a_p$ ), mm	5 - 10	0.7 - 10	8.6 - 44.6	1.2 - 4.8
pulgadas	.187 - .375	.027 - .500	.310 - 1.791	.047 - .188
$D_c$ mm	25 - 160	10 - 200	10 - 50	8 - 32
$D_c$ pulgadas	1.000 - 10.000	.375 - 8.000	.375 - 2.000	.312 - 1.250
Material	<b>P M K N S H</b>	<b>P M K N S H</b>	<b>P M K N S H</b>	<b>P M K</b> <b>H</b>

**Figura 69.** Herramienta para contorneo y ranurar

Fuente: (Sandvik, 2012)

### c.1. Selección de herramientas para acabado

En el mecanizado del casco formador de toallas sanitarias, se empleará una “End Mill de Acabados con Punta Esférica”, posee 2 dientes, debido a su paso uniforme y al diámetro de corte que necesitamos para realizar el mecanizado con plaquitas de inserto “R216-1002E”, esta fue seleccionada por el diámetro de la fresa, por los filos agudos y elevada precisión, también tiene un diámetro de vástago de 16 mm, tal como se observa en la figura 70, esta fue tomada del catálogo “Sandvik”.

	CoroMill® 200 Página D122	CoroMill® 300 Página D110	CoroMill® Punta esférica Página D128	Fresa CoroMill® para acabado de punta esférica Página D135
Profundidad de corte ( $a_p$ ), mm	5 - 10	0.7 - 10	8.6 - 44.6	1.2 - 4.8
pulgadas	.187 - .375	.027 - .500	.310 - 1.791	.047 - .188
$D_c$ mm	25 - 160	10 - 200	10 - 50	8 - 32
$D_c$ pulgadas	1.000 - 10.000	.375 - 8.000	.375 - 2.000	.312 - 1.250
Material	<b>P M K N S H</b>	<b>P M K N S H</b>	<b>P M K N S H</b>	<b>P M K</b> <b>H</b>

**Figura 70.** Herramientas para acabado

Fuente: (Sandvik, 2012)

### d.1. Selección de herramientas para taladrado

Para realizar la operación de punteado en el casco, se hará uso de una broca para centros con un diámetro de 7/16 inch y material HSS, dicha herramienta se observa en la figura 71, se la tomó del catálogo de “IVANBOHMAN”.



**Figura 71.** Broca para centros

Fuente: (IVANBOHMAN, 2015)

### e.1. Selección de herramientas para roscado

La tabla 25, muestra diferentes denominaciones de roscas métricas, con sus respectivos pasos y diámetros de brocas.

**Tabla 25**  
Roscas métricas

$\varnothing$ x paso en mm.	$\varnothing$ nominal mm.	$\varnothing$ broca mm.
M1 x 0,25	1,00	0,75
M1,1 x 0,25	1,10	0,85
M1,2 x 0,25	1,20	0,95
M1,4 x 0,30	1,40	1,10
M1,6 x 0,35	1,60	1,25
M1,8 x 0,35	1,80	1,45
M2 x 0,40	2,00	1,60
M2,2 x 0,45	2,20	1,75
M2,5 x 0,45	2,50	2,05
M3 x 0,50	3,00	2,50
M3,5 x 0,60	3,50	2,90
M4 x 0,70	4,00	3,30
M4,5 x 0,75	4,50	3,70
M5 x 0,80	5,00	4,20
M6 x 1,00	6,00	5,00
M7 x 1,00	7,00	6,00
M8 x 1,25	8,00	6,80
M9 x 1,25	9,00	7,80

Fuente: (Portal de la ingeniería mecánica, 2018)

Como se observó anteriormente en la figura 64, el casco poseerá roscas M4, para lo cual con la ayuda de la tabla anterior se seleccionará una broca con diámetro de 3,3 mm.

Además, se hará uso de un machuelo M4 x 0.7 HSS H6, después de realizar el taladrado con su broca correspondiente, mencionadas

anteriormente, dicha herramienta se la obtendrá del anexo 10, la misma que pertenece al catálogo "IVAN BOHMAN".

### **C. Selección de herramientas de sujeción para cortadores**

Se empleará un cono "BT-40-ER32-70", debido a las características técnicas que posee el centro de mecanizado, el cual fue mencionado en el literal 3.13.2, además un juego de pinzas "ER32-NT-32", como se lo observa en el anexo 11, ya que tiene varias boquillas con los diámetros adecuados, para las herramientas seleccionadas mencionadas anteriormente como: contorneado, ranurado, punteado, taladrado, machuelado y acabado.

Sin embargo, para realizar las perforaciones para las roscas, se hará uso de un "Portabrocas BT40-SDC13-100", debido a que puede sujetar diámetros de brocas desde 0.3mm a 13mm, el resto de sus características se las podrá observar en el anexo 12.

### **D. Cálculo de parámetros de velocidad**

Para mecanizar en el centro de mecanizado es necesario realizar el cálculo de varios parámetros como, por ejemplo: velocidades de avance, corte, avance por diente, potencia, etcétera. Dichos valores calculados serán de mucha utilidad en el instante de que se empiece hacer la simulación en un software CAM.

A continuación, se harán los cálculos para el centro de mecanizado, utilizando una herramienta Face Mill 90° la misma que será sujeta con un cono porta-fresas BT-40-ER32-70, esta fue seleccionada en el literal 3.13.2.B.a, además el cono se lo mencionó en las características que tiene el centro de mecanizado "VDL-600A".

El resto de parámetros necesarios para realizar los cálculos correspondientes se los obtuvo de los anexos 13, 14 y 15.

- **Cálculos:**

**Velocidad de corte**

$$V_c = 200 \text{ m/min}$$

**Diámetro de la herramienta**

$$D = 50 \text{ mm}$$

**Velocidad del husillo**

$$n = \frac{V_c * 1000}{D * \pi}$$

$$n = \frac{(200)(1000)}{(50) * \pi}$$

$$n = 1273.23 \text{ (rpm)}$$

$$n = 1273 \text{ (rpm)}$$

**Avance por diente**

$$f_z = 0.20 \text{ mm}$$

**Numero de dientes**

$$z = 5$$

**Avance de la mesa**

$$V_f = f_z * z * n$$

$$V_f = (0.20) * (5) * (1273)$$

$$V_f = 1273 \text{ (mm/min)}$$

**Fuerza específica de corte**

$$K_c = 450 \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

**Área específica de corte**

$$A_c = a_p * f_z$$

$$A_c = (11\text{mm}) * (0.20 \text{ mm})$$

$$A_c = 2.2 \text{ mm}^2$$

### Presión específica de corte

$$F_c = K_c * A_c$$

$$F_c = 450 \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) * (2.2 \text{ mm}^2)$$

$$F_c = 990 \text{ (N)}$$

### K para fresado es:

$$K = 0.18$$

### Potencia, Corte neto de energía

$$P_c = F_c * V_c$$

$$P_c = 990 \text{ N} * 200 \text{ m/min}$$

$$P_c = 990 \text{ N} * 200 \frac{\text{m}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$P_c = 3300 \text{ W}$$

$$P_c = 3.3 \text{ KW}$$

### Rendimiento

$$n = 85\%$$

$$n = \frac{P_c}{P_e}$$

$$P_e = n * P_c$$

$$P_e = 0.85 * 3.3$$

$$P_e = 2.81 \text{ KW}$$

**Potencia de la máquina**

$$P_c = 12 \text{ KW}$$

Mediante los cálculos obtenidos se concluye que la máquina posee la potencia necesaria para realizar la operación de planeado con la herramienta seleccionada.

A continuación, en la tabla 26, se observa la hoja de procesos de mecanizado para realizar el casco formador de toallas sanitarias.





A continuación, en las figuras 72 y 73, se observarán los códigos G obtenidos al momento de realizar el mecanizado virtual en el software CAM.

```

1  %
2  O0000(PROGRAMA PARA REALIZAR EL MECANIZADO)
3  (DE CASCOS FORMADORES DE TOALLAS SANITARIAS)
4  N100 G21
5  N110 G0 G17 G21 G40 G49 G54 G80 G90 G94
6  N120 T1 M6
7  N130 G0 G90 G54 X-129.554 Y6.818 A0. S1527 M3
8  N140 G43 H234 Z26.8
9  N150 Z6.8
10 N160 G1 Z-.2 F305.4
11 N170 X-27.188 F610.8
12 N180 X-22.348 Z-.081
13 N190 X-18.091 Z-.065
14 N200 Z-.062
15 N210 X-17.226
16 N220 X-11.073 Z-.04
17 N230 X-10.456 Z-.035
18 N240 Z0.
19 N250 X10.456
20 N260 G0 Z5.
21 N270 Z25.
22 N280 Z26.8
23 N290 X-129.554 Y18.636
24 N300 Z6.8
25 N310 G1 Z-.2 F305.4
26 N320 X-27.188 F610.8
27 N330 X-22.348 Z-.081
28 N340 X-22.198 Z-.078
29 N350 X-20.603 Z-.073
30 N360 Z-.062
31 N370 X-17.758

```

**Figura 72.** Código parte inicial

```

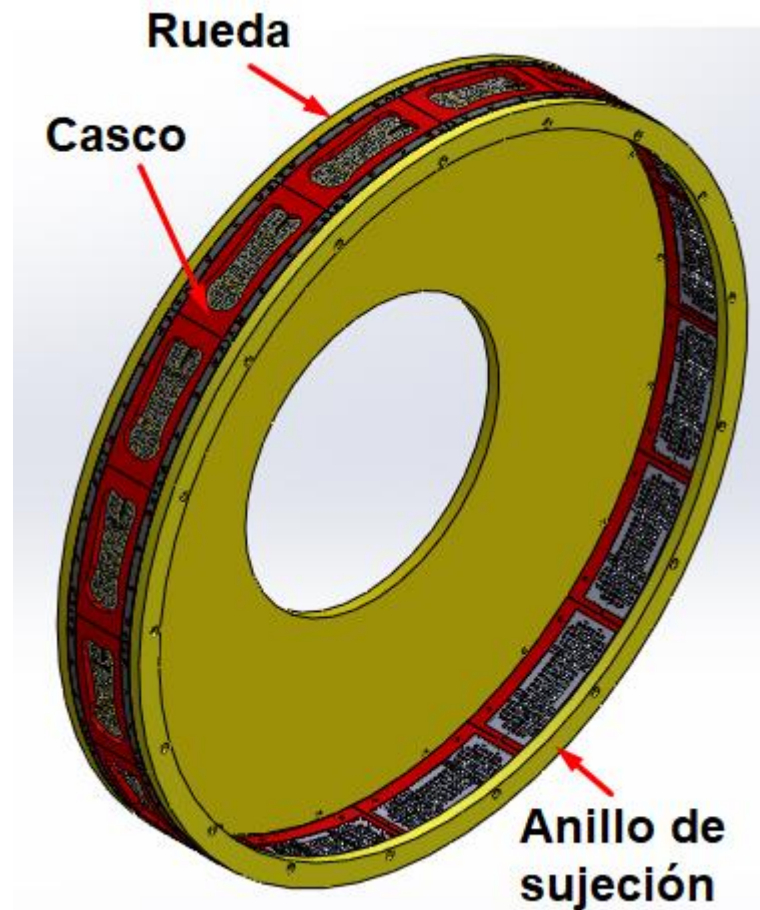
21760 N9760 Z10.915
21761 N9770 Z11.816
21762 N9780 X-62.441
21763 N9790 Z9.923
21764 N9800 Z-10.077
21765 N9810 G1 Z-15.077 F76.4
21766 N9820 X-64.836 Z-15.334 F152.7
21767 N9830 X-65.323 Z-15.389
21768 N9840 X-65.502 Z-15.315
21769 N9850 X-66.149 Z-15.23
21770 N9860 X-66.317 Z-15.252
21771 N9870 X-66.43 Z-15.245
21772 N9880 X-70.277 Z-15.693
21773 N9890 X-70.408 Z-15.732
21774 N9900 X-70.627 Z-15.761
21775 N9910 X-71.23 Z-16.011
21776 N9920 X-71.336 Z-16.092
21777 N9930 X-74.377 Z-16.468
21778 N9940 X-74.526 Z-16.406
21779 N9950 X-75.173 Z-16.321
21780 N9960 X-75.367 Z-16.346
21781 N9970 X-75.493 Z-16.341
21782 N9980 X-76.142 Z-16.427
21783 N9990 G0 Z-11.427
21784 N100 Z8.573
21785 N110 M5
21786 N120 G91 G28 Z0.
21787 N130 G28 X0. Y0.
21788 N140 M30
21789 %
21790

```

**Figura 73.** Código parte final

### 3.14. Implementación virtual de la alternativa

Una vez que se ha culminado con la manufactura será necesario la implementación virtual de los cascos formadores de toallas sanitarias, tal como se muestra en la figura 74.



**Figura 74.** Casco ensamblado en la rueda

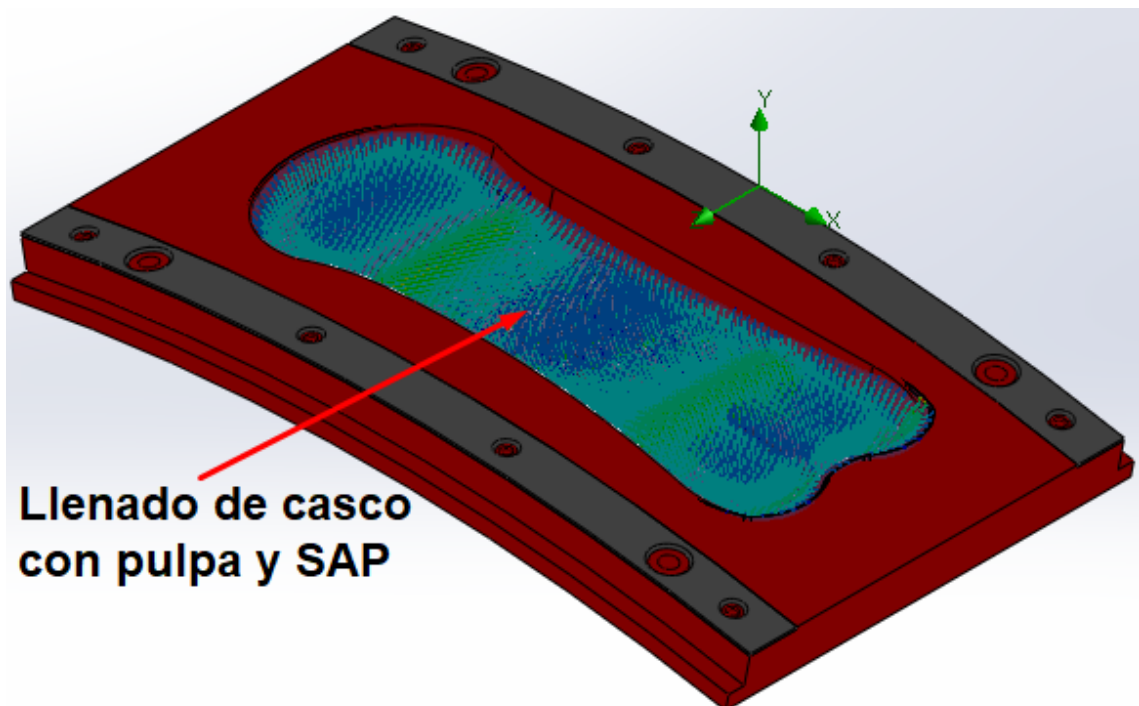
## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Concluido el diseño de los cascos formadores de toallas sanitarias, en cuanto a su forma, núcleo, material, etc, se llegará en este capítulo analizar la parte técnica y económica, para así determinar la viabilidad del proyecto.

#### 4.1. Análisis técnico

A continuación, se realizarán pruebas virtuales utilizando un software CAE, el cual permitirá hacer el llenado del casco para así visualizar cómo es su proceso de formación, tal como se observa en la figura 75.

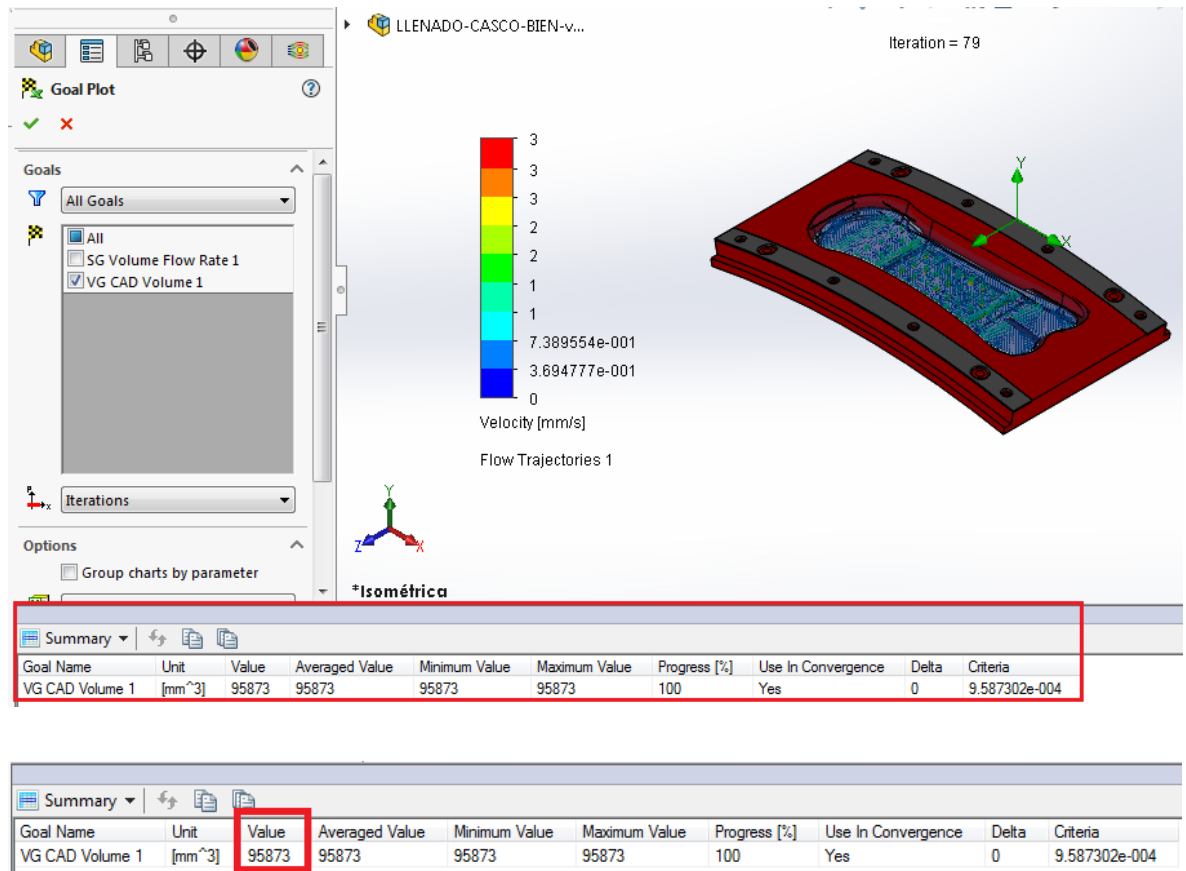


**Figura 75.** Simulación llenado de casco

##### 4.1.1. Análisis de volumen en el llenado del casco

Como se muestra en la figura 76, se observa el cálculo del volumen al momento del llenado del casco en el software CAE SolidWorks, este tiene un valor de  $95873 \text{ mm}^3$ , por lo tanto, se concluye que son valores similares con un análisis CAE matemático realizado anteriormente, el cual fue de

95877.37  $mm^3$ , sin olvidar que también es semejante al cálculo analítico que fue de 95639.81  $mm^3$ .



**Figura 76.** Volumen en el llenado del casco

## 4.2. Análisis económico

En este punto se presentarán los costos que conllevará el presente proyecto, en cuanto a sus materiales para la construcción del mismo y mecanizado con las máquinas correctas.

Sin embargo, también se realizará un análisis económico, de cuanto mejoraría el rendimiento de la máquina fabricadora de toallas sanitarias, con el nuevo rediseño del casco.

### 4.2.1. Materiales empleados en el casco

En la tabla 27, se observa los costos de los materiales que fueron seleccionados anteriormente en la tabla 11, teniendo en cuenta que son comerciales en el mercado ecuatoriano.

**Tabla 27**  
Costo de materiales

<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo por unidad (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
<b>Placa de duraluminio</b>	40X240X135	16	115	1840
<b>Platina de acero inoxidable 304</b>	0,8x1220x1000	1	28	28
<b>Platina de acero inoxidable 304</b>	1,5x1220x2440	1	45	45
			<b>Total</b>	<b>1913</b>

#### 4.2.2. Mecanizado del casco

En la tabla 28, se observan los costos de las máquinas empleadas al momento de mecanizar los cascos formadores, teniendo en cuenta que la maquinaria se las puede encontrar en la empresa “CEMAIN”, a excepción de la cortadora por agua.

**Tabla 28**  
Costo de máquinas empleadas en el mecanizado

<b>Elemento a mecanizar</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cortadora por agua</b>		<b>Cortadora por hilo</b>		<b>Centro de mecanizado</b>		<b>Costo total (USD) \$</b>
		<b>180 USD/hora</b>	<b>30 USD/hora</b>	<b>30 USD/hora</b>	<b>70 USD/hora</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo</b>	
		<b>Horas</b>	<b>Costo</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo</b>	
<b>Inserto lateral</b>	32			5	150			150
<b>Inserto medio</b>	16			2	60			60
<b>Soporte para malla</b>	16	2	360					360
<b>Casco formador</b>	16					70	4900	4900
							<b>Total</b>	<b>5470</b>

### 4.2.3. Costos de ingeniería

A continuación, en la tabla 29, se detallarán los costos de ingeniería para el presente proyecto.

**Tabla 29**  
Costos de ingeniería

<b>Costos de ingeniería</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo USD (\$)</b>	<b>Costo Total USD (\$)</b>
<b>Diseño</b>		14693	14693
<b>Mano de obra</b>	1100	16	17600
<b>Uso de computadora</b>	20	15	300
<b>Energía eléctrica</b>	0,25	96	24
			32617

Los costos de ingeniería en su totalidad serán de USD \$32617, como se lo observa en la anterior, este valor será sumado a los materiales y al mecanizado de los cascos formadores de toallas sanitarias, por lo que en su total llegaría a costar el proyecto USD \$40000.

### 4.2.4. Análisis de producción

#### A. Cálculo de consumo de celulosa o pulpa en un mes

A continuación, se procederá a calcular el consumo de pulpa en un mes en la fabricación de toallas sanitarias, teniendo en cuenta que la producción es por durante 22 días laborales.

La pulpa actualmente tiene un costo de USD \$1400, por cada tonelada de la misma, con dicho valor se procederá a calcular el consumo mensual de celulosa al momento de la fabricación de toallas sanitarias, sin olvidar que por cada unidad tiene un valor 4 gramos.

$$108000 \text{ paquetes} * 4 \text{ gramos} = 4320 \text{ Kg}$$

$$4320 \text{ Kg} * 22 \text{ dias} = 95040 \text{ Kg mensuales}$$

$$USD_{pulpa} = \frac{1400\$ * 4320\text{Kg}}{1000 \text{ Kg}}$$

$$USD_{pulpa} = 6048 \$$$

$$USD_{pulpa \text{ mensual}} = 6048 \$ * 22 \text{ dias}$$

$$USD_{pulpa \text{ mensual}} = 133056 \$$$

## B. Ingresos mensuales de toallas sanitarias

Se sabe que cada paquete de toallas sanitarias contiene 10 unidades, y esta tiene un precio al público de USD \$1.42, con la ayuda de estos datos se calcularán los paquetes y el costo diario del producto.

$$\frac{1080000 \text{ toallas}}{10 \text{ unidades por paquete}} = 108000 \text{ paquetes}$$

$$108000 \text{ paquetes} * 1.42\$ = 153360 \$$$

Teniendo en cuenta que la empresa portadora del proceso tiene una ganancia del 100%, para lo cual se hará su cálculo a continuación.

$$\frac{153360 \$}{2} = 76680 \$$$

Como se observó anteriormente la ganancia de la empresa, es de USD \$76680 diarios, esto quiere decir que al mes produciría USD \$1'686,960.

A continuación, en la tabla 30, se observan los porcentajes de factores de producción para la fabricación de toallas sanitarias, teniendo en cuenta que el valor final es el ingreso mensual por la elaboración de las mismas. (Mullo, 2018)

### Tabla 30

Costos en porcentajes de factores para la fabricación de toallas sanitarias



<b>Factores</b>	<b>Valor en (%)</b>	<b>Costo USD (\$)</b>
<b>Costo de pulpa</b>	8	133056
<b>Costo de absorbente</b>	3,5	58212
<b>Costo de goma</b>	2,5	41580
<b>Otros materiales para la fabricación</b>	2	33264
<b>Sueldos</b>	5	83160
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	19	316008
<b>Mantenimiento mecánico</b>	60	997920
	<b>Total mensual USD</b>	1663200
	<b>Total, ganancia mensual USD</b>	23760

La tabla anterior, muestra que el valor de ingreso mensual es de USD \$23760, por la fabricación de toallas sanitarias.

### C. Cálculo del TIR y VAN

A continuación, se llegará a calcular el TIR y VAN (Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto), aplicando la ecuación 1, para verificar si el presente proyecto es viable.

$$VAN = -i_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad Ec 1.$$

Dónde:

$F_j$  = Flujo neto en periodos j.

$I_0$  = Inversión en el periodo 0.

$i$  = Tasa de descuento del inversionista.

$n$  = Horizonte de evaluación.

Además, se tendrá en cuenta que el periodo de tiempo se lo realizará en este caso en meses, para hacer el análisis.

$$0 = -40000 + \frac{23760}{1 + TIR} + \frac{23760}{1 + TIR^2}$$

$$0 = -40000 * (1 + TIR)^2 + 23760 * (1 + TIR) + 23760$$

$$1 + TIR = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$1 + TIR = \frac{-23760 \pm \sqrt{23760^2 - 4 * (-40000) * 23760}}{2(-40000)}$$

$$1 + TIR_1 = -0.53$$

$$1 + TIR_2 = 1.12$$

$$TIR = 1.12 - 1$$

$$TIR = 0.12$$

$$TIR = 12\%$$

Como se observa el valor del TIR fue del 12%, esto quiere decir que si se obtuviera valores mayores a este valor el proyecto no fuera viable, pero en este caso se puede concluir que si lo es.

A continuación, se procederá a calcular el VAN, con la ecuación 1 mencionada anteriormente, para verificar en que tiempo se recuperar la inversión del proyecto.

$$VAN = -i_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1 + i)^j}$$

$$VAN = -40000 + \frac{23760}{(1 + 0.12)} + \frac{23760}{(1 + 0.12)^2} + \frac{23760}{(1 + 0.12)^3}$$

$$VAN = 17067.51 \$$$

Se llega a concluir que la inversión se recuperaría en 3 meses, de acuerdo al cálculo proporcionado por el VAN, esto quiere decir que proyecto si es viable en un tiempo corto de tres meses.

### 4.3. Validación de la hipótesis

Se hará uso del método “ji-cuadrado”, el mismo que aborda tres tipos de problemas, los cuales son de ajuste, homogeneidad y dependencia, por dicho motivo es esencial para la validación de la hipótesis planteada en el literal 1.5.

A continuación, se procederá hacer la validación de la hipótesis, para lo cual se seguirán los siguientes pasos:

- Poner la hipótesis nula ( $H_0$ ) y de trabajo ( $H_1$ ).
- Especificar la significación.
- Calcular los valores críticos y de prueba, definiendo las zonas de aceptación y rechazo de  $H_0$ .
- Decisión y conclusión.

### **Cálculo de la validación de la hipótesis**

Se procederá a proponer las dos hipótesis la nula y la de trabajo, las mismas que tendrán los siguientes valores.

$$H_0: u = 131408.47 \text{ volumen existente (mm}^3\text{)}$$

$$H_1: u < 95877.37 \text{ volumen rediseñado (mm}^3\text{)}$$

A continuación, se procederá a calcular el porcentaje, esto se lo realizará en función de los volúmenes del casco rediseñado en relación del existente, los valores se observaron anteriormente en la tabla 19.

$$\alpha = \frac{\text{Vol. casco rediseñado}}{\text{Vol. casco existente}} * 100\%$$

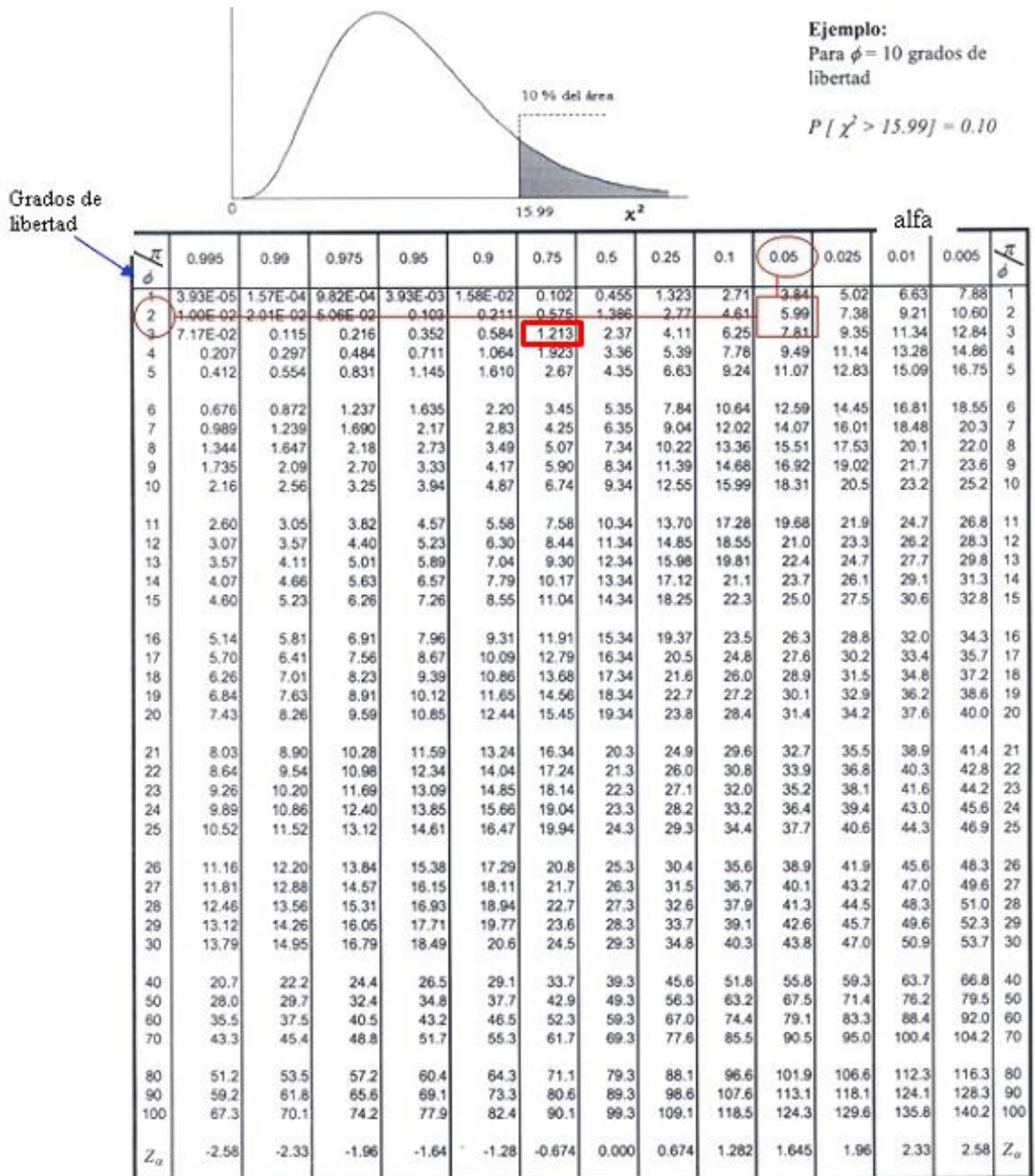
$$\alpha = \frac{95877.37}{131408.47} * 100\%$$

$$\alpha = 73\%$$

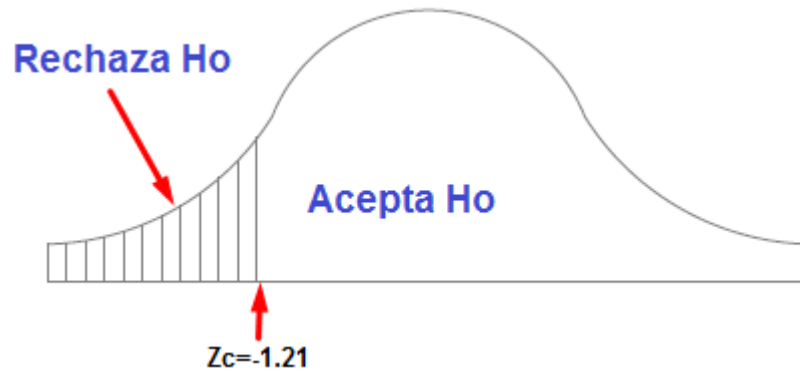
En este caso se utilizará el 75%, además poseerá un grado de libertad de 3.

A continuación, con la ayuda de la tabla 31, se calculará el valor crítico (Zc) para la hipótesis nula, con los valores del 75% y grados de libertad de 3, este será interpretado como se lo observa en la figura 77.

**Tabla 31**  
Uso de tabla ji-cuadrado



Fuente: (Medwave, 2011)



**Figura 77.** Valores hipótesis nula

A continuación, se tendrá el tamaño de la muestra de toallas sanitarias que en este caso será de 50.

Finalmente, se calculará el valor prueba para validar nuestra hipótesis mencionada anteriormente en el literal 1.5, aplicando la ecuación 2.

$$\sigma = \text{Vol. casco existente} - \text{Vol. casco rediseñado}$$

$$\sigma = 131408.47 - 95877.37$$

$$\sigma = 35531.1 \text{ (mm}^3\text{)}$$

$$\bar{X} = 95877.37 \text{ (mm}^3\text{)}$$

$$X^2 = \frac{\bar{X} - u}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad \text{Ec 2.}$$

$$X^2 = \frac{95877.37 - 131408.47}{\frac{35531.1}{\sqrt{50}}}$$

$$X^2 = -7.07$$

Con el valor obtenido de -7.07, se demuestra que cae en la zona de rechazo de la figura 77, esto quiere decir que la hipótesis nula se elimina, por lo tanto, está demostrado que se mantiene la hipótesis planteada o de trabajo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se rediseñó un molde formador del núcleo absorbente circular y se mejoró la producción de toallas sanitarias mediante la utilización de software CAD/CAM/CAE, reduciendo el uso de materia prima en un 37% y el aumento de producción en un 27%.
- Se rediseñó el molde formador del núcleo absorbente circular, en las partes laterales para reducir su volumen en un 37% en comparación al existente, en función de la norma INEN 2036.
- Se mejoró la producción reduciendo el volumen del nuevo casco, la misma que en este caso tendrá una producción mensual del 27% en cuanto al casco existente.
- Se utilizaron software CAD/CAM/CAE y por medio de ellos se realizó un mejor diseño del casco, una manufactura virtual real con sus respectivos códigos "G" y un análisis CAE preciso, determinando el volumen al momento del llenado del casco.
- Se notó que un factor importante en el rendimiento de las toallas sanitarias es el absorbente, ya que de él depende el tiempo y la cantidad de absorción, por lo que, mediante la aplicación de un método experimental, se determinó que hay productos mejores en países vecinos, como en este caso fue Perú.
- Mediante el análisis matemático, se logró calcular el volumen del casco rediseñado, el cual fue comprobado mediante un software CAE, por lo tanto, se obtuvieron resultados similares mediante los dos métodos aplicados.
- Se realizó un análisis del TIR y VAN, los mismo que arrojaron como resultados que el presente proyecto es viable y que tendrá una recuperación de su inversión en tres meses como plazo.

## 5.2. Recomendaciones

- Rediseñar la parte de la rueda portadora de los cascos, para alivianar el sistema y así mejorar el tiempo de frenado.
- Analizar de mejor manera y más profunda, la posibilidad de realizar el cambio de los insertos de widea del rotor, ya que ahí también se podría realizar una reingeniería para mejorar el proceso y aumentar la producción de toallas sanitarias.
- En proyectos de reingeniería usar software adecuadas para cada aplicación, ya que en el campo industrial se requerirán de varios, para solucionar diversos problemas de ingeniería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- Alsimet. (6 de 6 de 2017). *Recuperado el 16 de Abril del 2018*. Obtenido de Duraluminio: <http://alsimet.es/noticias/usos-del-aluminio-en-la-industria>
- Anion, T. F. (2018). *Recuperado 4 de Marzo 2018*. Obtenido de Toallas Sanitarias Aniónicas : <http://tonnyfamily.galeon.com/productos2185041.html>
- Axxecol. (2006). *Recuperado el 23 de Abril del 2018*. Obtenido de Acero para moldes: [http://www.axxecol.com/\\_Axxecol/\\_DwPortal/Documents/Aceros%20para%20moldes.pdf](http://www.axxecol.com/_Axxecol/_DwPortal/Documents/Aceros%20para%20moldes.pdf)
- Borrero Juan, P. (2017). Proceso de Fabricación de Toallas Sanitarias.
- CEIPA, F. S. (14 de Marzo de 2014). Curso Materias Primas.
- CEMAIN, W. (01 de 2018). Cascos Formadores de Núcleo. Tambillo.
- CONALMALLAS, C. N. (s.f.). *Recuperado el 18 de Abril del 2018*. Obtenido de Mallas Inoxidables Mesh: <http://www.conalmallas.com/index.php/es/mallas-inoxidable-mesh>
- Ecolunas. (2018). *Recuperado el 09 de Abril del 2018*. Obtenido de Toallas femeninas de tela: <http://ecolunas.com/caracteristicas.html>
- EcuRed. (10 de Enero de 2018). *Recuperado el 23 de Enero del 2018*. Obtenido de Duraluminio: <https://www.ecured.cu/Duraluminio>
- Fabiola Arellano, U. C. (2013). *Recuperado el 10 de Febrero del 2018*. Obtenido de PLAN DE MARKETING PARA EL POSICIONAMIENTO DE LAS TOALLAS “KOTEX SUPREME DUAL” EN EL CANAL MAYORISTA DE LA CIUDAD DE CUENCA.: [https://kipdf.com/queue/republica-del-ecuador\\_5aab6aaf1723dd6c0b0aa8c8.html](https://kipdf.com/queue/republica-del-ecuador_5aab6aaf1723dd6c0b0aa8c8.html)
- Familia Sancela. (06 de 03 de 2018). Cascos. Lasso, Cotopaxi, Ecuador.



- FLUFF, M. B. (06 de 03 de 2018). *Parámetros y Seguimiento Desfibrados Molino. Lasso.*
- INEN 2036. (1996). *Recuperada el 13 de Mayo del 2018.* Obtenido de Toallas Sanitarias Requisitos: <https://ia601602.us.archive.org/0/items/ec.nte.2036.1996/ec.nte.2036.1996.pdf>
- IVAN BOHMAN. (2015). *Recuperado el 31 de Julio del 2018.* Obtenido de Machuelos-Herramientas de Corte: <http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2015/12/machuelo.pdf>
- IVANBOHMAN. (2015). *Recuperado el 29 de Julio del 2018.* Obtenido de Herramientas de Corte: <http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2015/12/brocas.pdf>
- J&J TechControl, I. P. (2010). *Soluciones para la Industria Papelera.* Obtenido de <http://www.jjtechcontrol.com/papel.html>
- Juan CHN, F. S. (2014). *Teoría de Formación y Transporte.* Rio Negro.
- Medwave. (2011). *Recuperado el 01 de Agosto del 2018.* Obtenido de Estadística Aplicación a la Investigación en Salud: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/5266>
- MetroEcuador. (26 de 07 de 2016). *Recuperado el 25 de Abril del 2018.* Obtenido de Estatura Promedio de los Ecuatorianos: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2016/07/26/167-cm-estatura-promedio-ecuatorianos.html>
- Molino, F. S. (2017). *Generalidades Molinos de Desfibrado de Pulpa.* Lasso.
- Mullo Byron. (27 de 01 de 2018). *Proceso de fabricación de toallas sanitarias y Pérdidas de núcleo en los cascos. Fluff.*
- Mullo Byron, F. (2018). *Mantenimiento Molino ODIN.* Lasso.

- Mullo, I. B. (12 de 07 de 2018). Factores de Producción. (E. Salcedo, Entrevistador)
- Núñez, C. E. (2005). *Recuperado el 23 de Enero del 2018*. Obtenido de Introducción a la Industria de la Pulpa y el Papel: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/74-pulpaypapeliprimeraparte.pdf>
- ONA, E. (2017). *Recuperado el 02 de Junio del 2018*. Obtenido de Especificaciones Técnicas : [http://www.nexttec.com.mx/contenido/catalogos/ona/Especificaciones\\_AF35mm\\_hilo.pdf](http://www.nexttec.com.mx/contenido/catalogos/ona/Especificaciones_AF35mm_hilo.pdf)
- Portal 3D, C. (2018). *Recuperado el 01 de Marzo del 2018, Portal CAD CAM CAE*. Obtenido de <http://www.3dcadportal.com/3d-software/cad/>
- Portal de la ingeniería mecánica. (2018). *Recuperado el 30 de Junio del 2018*. Obtenido de Tabla de roscas métricas: <http://www.ingenianet.com/tablas-de-roscas/perforaciones-para-roscar/>
- Profeco, L. (10 de 2012). *Recuperado el 15 de Abril del 2018*. Obtenido de Toallas Femeninas: [http://red.ilce.edu.mx/sitios/tabletas/familia/Estudio\\_Toalla\\_Femenina.pdf](http://red.ilce.edu.mx/sitios/tabletas/familia/Estudio_Toalla_Femenina.pdf)
- Propia, E. S. (07 de 07 de 2018). Costos. Quito, Pichincha.
- Retractable, S. (2011). *Recuperado el 10 de Abril del 2018*. Obtenido de Executive Screens Mesh Option: [http://www.retractablesolutions.com/RES\\_PSexec\\_mesh.html](http://www.retractablesolutions.com/RES_PSexec_mesh.html)
- Sandvik. (2012). *Recuperado el 30 de Junio del 2018*. Obtenido de Herramientas Rotativas: <http://pdf.directindustry.es/pdf/sandvik-coromant/herramientas-rotativas-informacion-general/14460-255249.html>

- Shanghai Zhilian Precision Machinery Co, L. (2018). *Recuperado el 14 de Febrero del 2018, Máquina De Fabricar Compresas Higiénica*. Obtenido de <http://www.zl-machine.com.es/>
- Showatool, C. (02 de 09 de 2014). Recuperado el 22 de Julio del 2018. *Conos BT40 y Mandriles*. Obtenido de Importación para industrias: <http://www.beralsa.com/wp-content/uploads/2011/06/CatBeralsa.pdf>
- SolidWorks. (2017). *Materiales*. Quito.
- Solutions, C. (14 de Marzo de 2014). *Análisis de Formación de Núcleo Desfibrado*. Lasso, Cotopaxi.
- Stronger, C. (02 de 09 de 2014). Recuperado el 22 de Julio del 2018. *Accesorios para máquinas herramientas*.
- TCI cutting, W. (2014). *Recuperado el 02 de Junio del 2018*. Obtenido de Soluciones eficaces para el corte de precisión: [https://www.metalia.es/data/empresas/TCICutting\\_Agua/pdf/TCI\\_catalogo\\_agua.pdf](https://www.metalia.es/data/empresas/TCICutting_Agua/pdf/TCI_catalogo_agua.pdf)
- VDL-600A, C. m. (2009). *Recuperado 24 de Junio del 2018*. Obtenido de CNC machining centre: [https://www.direct-cnc.com/sites/default/files/Catalogue\\_CNCMachiningCentres\\_VDL-600A.pdf](https://www.direct-cnc.com/sites/default/files/Catalogue_CNCMachiningCentres_VDL-600A.pdf)
- Winalite, T. S. (2011). *Recuperado el 04 de Marzo del 2018*. Obtenido de Capas de Protección: <http://tonnyfamily.galeon.com/productos2185041.html>
- Zamora Angela, T. (01 de 05 de 2013). *Proceso Industrial de Toallas Higienicas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/stedia1/proceso-industrial-toallas-higienicas>

# ANEXOS



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

#### CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **EDGAR RAFAEL SALCEDO SAMBACHI**.

En la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de Agosto del 2018.

Aprobado por:

Ing. Fausto Acuña

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

**SECRETARIO ACADÉMICO**

