



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

## **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.”**

### **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** SILVANA LOURDES VÁSCONEZ GAIBOR

**TUTOR:** ING. MAYRA ZAMBRANO

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

**©2018, Silvana Lourdes Vásquez Gaibor**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.**, de responsabilidad de la señorita Silvana Lourdes Vásconez Gaibor, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**FECHA**

**FIRMA**

Ing. Mayra Zambrano  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. César Puente  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Riobamba, Junio 2018**

Yo, SILVANA LOURDES VÁSCONEZ GAIBOR, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**SILVANA LOURDES VÁSCONEZ GAIBOR**  
**120638953-6**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Silvana Lourdes Vásconez Gaibor, declaro que el Trabajo de Titulación tipo Proyecto Técnico denominado: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.”, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, Junio del 2018

-----

Silvana Lourdes Vásconez Gaibor

C.I.: 120638953-6

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo producto de todo lo aprendido en los últimos años de mi carrera y la vez el final de un ciclo que me ha preparado profesional, emocional y moralmente para la vida. Va dedicado a mis padres por todo el esfuerzo y sacrificio que sé que ellos han hecho para que logré culminar, primero mis estudios y luego mi trabajo de titulación.

A mi padre por todo su apoyo tanto económico como moral, a mi madre por ser ese ángel guardián que Dios me ha dado en la tierra, que nunca me ha negado sus palabras de fortalecimiento su apoyo emocional tanto en las situaciones alegres como adversas; porque como ella dice madre es madre en todas las situaciones de la vida.

Silvana Lourdes.

## **AGRADECIMIENTO**

Creo que estas palabras escritas no serán suficientes para expresar las emociones que embargan en este momento de mi vida, empiezo agradeciendo a Dios el único dueño de mi vida y mi destino, por haberme puesto en este camino hermoso de estudiar una carrera universitaria.

A mis padres Gonzalo Vásconez y Martha Gaibor por su apoyo y confianza al permitirme seguir con mi preparación profesional, por toda la educación moral que he recibido de ellos en toda mi vida porque me han enseñado que aunque las situaciones se pongan difíciles nunca debo rendirme ni bajar la cabeza. A mis hermanas Nidia y Lisbeth por apoyarme en las decisiones que me tomado y hacerme notar los errores que he cometido.

## ABREVIATURA

MP	Materia prima (TPD)
$X_F$	Fracción de fibra
$X_w$	Fracción de agua
W	Entrada de agua a los equipos (TPD)
P	Flujos de pasta en los equipos (TPD)
TPD	Toneladas por día
R	Flujo de rechazos de los equipos

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Páginas

RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPITULO I

<b>1</b>	<b>IDENTIFICACION Y FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Identificación del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificación del proyecto .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Línea base del proyecto .....</b>	<b>3</b>
<i>1.3.1</i>	<i>Antecedentes de la empresa .....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Condiciones de operación .....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.3</i>	<i>Descripción del Proceso productivo.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.4</i>	<i>Marco Conceptual.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.4.1</i>	<i>Papel Tissue .....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.4.2</i>	<i>Industria de papel tissue .....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.4.3.</i>	<i>Pasta de papel.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.4.4</i>	<i>Proceso convencional para la elaboración de papel tissue.....</i>	<i>17</i>
<i>1.3.4.5</i>	<i>Balance de masa .....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.4.5.1.</i>	<i>Tipos de Balance .....</i>	<i>19</i>
<b>1.4</b>	<b>Beneficiarios directos e indirectos .....</b>	<b>19</b>
<i>1.4.1</i>	<i>Directos .....</i>	<i>19</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Indirectos .....</i>	<i>19</i>

### CAPITULO II

<b>2</b>	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>General:.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos: .....</b>	<b>20</b>

### CAPITULO III

<b>3. ESTUDIO TÉCNICO .....</b>	<b>21</b>
---------------------------------	-----------

<b>3.1</b>	<b>Localización del proyecto .....</b>	<b>21</b>
3.1.1	<i>Macrolocalización .....</i>	21
3.1.2	<i>Microlocalización .....</i>	22
<b>3.2</b>	<b>Ingeniería del proyecto .....</b>	<b>23</b>
3.2.1	<i>Tipo de estudio.....</i>	23
3.2.2	<i>Metodología .....</i>	23
3.2.2.1	<i>Reconocimiento del área de estudio.....</i>	23
3.2.2.2	<i>Recopilación de información .....</i>	24
3.2.2.3	<i>Toma de muestras .....</i>	24
3.2.2.4	<i>Análisis de muestras.....</i>	24
3.2.2.5	<i>Propuesta para la optimización.....</i>	25
3.2.3	<b>Métodos y Técnicas .....</b>	<b>26</b>
3.2.3.1.	<i>Métodos .....</i>	26
3.2.3.2	<i>Técnicas .....</i>	26
3.2.4	<b>Desarrollo del proyecto .....</b>	<b>27</b>
3.2.4.1	<i>Prueba para la optimización.....</i>	27
3.2.4.2	<i>VARIABLES QUE SE CONTROLAN EN EL PROCESO .....</i>	29
3.2.5	<b>Datos .....</b>	<b>31</b>
3.2.5.1	<i>Datos Experimentales .....</i>	31
3.2.5.2	<i>Datos Adicionales .....</i>	35
3.2.6	<b>Cálculos de Ingeniería .....</b>	<b>36</b>
3.2.6.1	<i>Balance de masa .....</i>	36
3.2.6.2	<i>Cálculo para el consumo de agua.....</i>	48
3.2.6.3	<i>Cálculo para la eficiencia del proceso .....</i>	48
3.2.6.4	<i>Cálculo para la Resistencia a la rotura por tracción .....</i>	49
3.2.6.5	<i>Tablas de Resultados.....</i>	49
<b>3.3</b>	<b>Proceso de Producción.....</b>	<b>58</b>
3.3.1	<i>Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de papel Tissue.....</i>	58
3.3.2	<i>Propuesta .....</i>	59
<b>3.4</b>	<b>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5</b>	<b>Análisis y discusión de los resultados .....</b>	<b>60</b>
<b>3.6</b>	<b>Análisis de Costo/Beneficio del proyecto.....</b>	<b>62</b>
3.6.1	<i>Cálculo para la cantidad de papel recuperado.....</i>	62
3.6.2	<i>Cálculo para las ganancias generadas.....</i>	62
3.6.3	<i>Cálculo de ganancias para proyección mensual.....</i>	62
<b>3.7</b>	<b>Cronograma de ejecución del proyecto.....</b>	<b>63</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1-1:</b> Características de la materia prima para la elaboración de papel higiénico. ....	5
<b>Tabla 2-1:</b> Peso de las pacas según el tipo de papel reciclado. ....	5
<b>Tabla 1-3:</b> Estándares de consistencia para la pasta.....	25
<b>Tabla 2-3:</b> Resultados de pruebas en blanco para el desfibrado. ....	27
<b>Tabla 3-3:</b> Condiciones de operación en el Pulper Hélico. ....	28
<b>Tabla 4-3:</b> Porcentaje de rechazos en los equipos de limpieza y depuración.....	30
<b>Tabla 5-3:</b> Datos de la prueba de freeness antes de la optimización.....	31
<b>Tabla 6-3:</b> Datos de los análisis de Calidad antes de la optimización.....	32
<b>Tabla 7-3:</b> Datos de las pruebas de consistencia antes de la optimización. ....	33
<b>Tabla 8-3:</b> Datos de las pruebas de Consistencia después de la optimización. ....	34
<b>Tabla 9-3:</b> Datos de materia prima y producción antes de la optimización. ....	35
<b>Tabla 10-3:</b> Datos de precio de papel tissue (papel higiénico). ....	35
<b>Tabla 11-3:</b> Resultados del balance en el Pulper hélico.....	37
<b>Tabla 12-3:</b> Resultados del balance en la Pera.....	38
<b>Tabla 13-3:</b> Resultados del balance en la Tina virgen. ....	38
<b>Tabla 14-3:</b> Resultados del balance en el Limpiador ciclónico de alta densidad.....	39
<b>Tabla 15-3:</b> Resultados del balance en el Depurador ADS.....	40
<b>Tabla 16-3:</b> Resultados del balance en el Clasificador horizontal centrífugo.....	41
<b>Tabla 17-3:</b> Resultados del balance en el Tanque receptor de pasta.....	42
<b>Tabla 18-3:</b> Resultados del balance en la Caja de nivel 1.....	42
<b>Tabla 19-3:</b> Resultados del balance en el limpiador de baja consistencia. ....	43
<b>Tabla 20-3:</b> Resultados del balance en las Celdas de destintado. ....	44
<b>Tabla 21-3:</b> Resultados del balance en el Espesador. ....	44
<b>Tabla 22-3:</b> Resultados del balance en la bomba Fam.....	45
<b>Tabla 23-3:</b> Resultados del balance en el depurador vertical SCREEN. ....	46
<b>Tabla 24-3:</b> Resultados del balance en la mesa de formación y Prensado.....	46
<b>Tabla 25-3:</b> Resultados del balance en el Yanque. ....	47
<b>Tabla 26-3:</b> Resultados totales de los Balances de masa. ....	49
<b>Tabla 27-3:</b> Resultados antes de la optimización y después de la optimización.....	54
<b>Tabla 28-3:</b> Resultados del análisis de costo/beneficio.....	56
<b>Tabla 29-3:</b> Resultados del análisis de calidad antes y después de la optimización. ....	56
<b>Tabla 30-3:</b> Cuadro comparativo de la Calidad del papel con la norma INEN 1430.....	57
<b>Tabla 31-3:</b> Instrumentación a emplearse en el desarrollo del proyecto técnico. ....	59
<b>Tabla 32-3:</b> Equipos a emplearse en el desarrollo del proyecto técnico. ....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-1:</b> Disposición de materia prima en la banda transportadora hacia el Pulper.....	6
<b>Figura 2-1:</b> Disposición de materia prima en la banda transportadora hacia el Pulper.....	6
<b>Figura 3-1:</b> Formato para el control de materia prima que ingresa al Pulper. ....	7
<b>Figura 4-1:</b> Equipo para desfibrar (Pulper hélico). ....	7
<b>Figura 5-1:</b> Equipo para limpieza 1 (Pera de limpieza). ....	8
<b>Figura 6-1:</b> Tina Virgen para almacenar pasta desfibrada. ....	8
<b>Figura 7-1:</b> Equipo para limpieza 2 (Limpiador ciclónico de alta densidad).....	9
<b>Figura 8-1:</b> Equipo para depuración primaria (Depurador ADS). ....	9
<b>Figura 9-1:</b> Equipo para depuración secundaria (Clasificador horizontal centrífugo).....	10
<b>Figura 10-1:</b> Equipo para mantener la consistencia de la pasta estable (Caja de nivel 1). ....	10
<b>Figura 11-1:</b> Equipo para limpieza 3 (Limpiadores de baja densidad). ....	11
<b>Figura 12-1:</b> Equipo para destintado (Celdas de flotación). ....	11
<b>Figura 13-1:</b> Equipo para limpieza y espesado (Columna metálica espesadora).....	12
<b>Figura 14-1:</b> Equipo para refinado (Refinador). ....	12
<b>Figura 15-1:</b> Bomba Fam. ....	13
<b>Figura 16-1:</b> Equipo para limpieza 4 (Depurador Screen).....	13
<b>Figura 17-1:</b> Bobinas de papel tissue. ....	14
<b>Figura 18-1:</b> Pulper hélico. ....	16
<b>Figura 1-3:</b> Situación geográfica de la provincia de Pichincha. ....	21
<b>Figura 2-3:</b> Situación geográfica del Cantón Rumiñahui. ....	22
<b>Figura 3-3:</b> Vista satelital de la Fábrica de papel higiénico del Valle FAVALLE. ....	22
<b>Figura 4-3:</b> Vista frontal de la Fábrica de Papel Higiénico del Valle FAVALLE.....	23

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	<b>Pág.</b>
<b>Diagrama 1-1:</b> Proceso de elaboración de papel tissue.....	18
<b>Diagrama 1-3:</b> Proceso de elaboración de papel tissue en la Empresa FAVALLE.....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1-3:</b> Comparación de la consistencia en el desfibrado.....	50
<b>Gráfica 2-3:</b> Comparación de la consistencia en la descarga del Pulper. ....	50
<b>Gráfica 3-3:</b> Comparación de la consistencia en la entrada del Limpiador ciclónico de alta densidad. ....	51
<b>Gráfica 4-3:</b> Comparación de la consistencia en la entrada del Depurador ADS. ....	51
<b>Gráfica 5-3:</b> Comparación de la consistencia en la entrada del Limpiador horizontal centrífugo. ....	52
<b>Gráfica 6-3:</b> Comparación de la consistencia en el Limpiador de baja consistencia. ....	52
<b>Gráfica 7-3:</b> Comparación de la consistencia en las Celdas de destintado. ....	53
<b>Gráfica 8-3:</b> Comparación de la consistencia en el Tanque máquina. ....	53
<b>Gráfica 9-3:</b> Comparación de la consistencia en la Caja de entrada. ....	54
<b>Gráfica 10-3:</b> Comparación de consumo, producción y pérdidas antes y después de la optimización. ....	55
<b>Gráfica 11-3:</b> Comparación de la eficiencia antes y después de la optimización. ....	55

## **LISTADO DE ANEXOS**

- Anexo A** Norma INEN 1430:2015. Papel y cartones. Papel higiénico. Requisitos.
- Anexo B** Ficha Técnica del producto papel higiénico.
- Anexo C** Resultados del Análisis de calidad.
- Anexo D** Recolección de muestras de pasta.
- Anexo E** Pruebas realizadas en el laboratorio de Control de calidad de FAVALLE.
- Anexo F** Pruebas de Calidad en el papel tissue.

## RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue optimizar el proceso de elaboración de papel tissue en la Fábrica de Papel Higiénico del Valle “FAVALLE”, buscando una mejora en su eficiencia. Se inició recolectando información sobre los parámetros con los cuales se debe trabajar en cada una de las operaciones unitarias del proceso, luego se realizó un diagnóstico de línea base y se tomaron muestras de pasta en cada punto de interés para verificar las condiciones con las cuales trabajaba; se evidenció que no se cumplía con los parámetros establecidos en cuanto a la consistencia de la pasta. Por tanto se optó por la implementación de un régimen de trabajo basado en el control manual de la consistencia de la pasta, mediante una inspección de la cantidad de materia prima y agua alimentadas al desfibrador, el tiempo de desfibrado y descarga del Pulper; se realizó un análisis de balance de masa para todo el proceso cuantificando los flujos de entrada y salida de pasta, así también de los rechazos de cada equipo. Bajo estas condiciones se obtuvo una producción de 21,42 TPD de papel lo que nos da un equivalente de 80 % de eficiencia para el proceso, a diferencia de un 72% que se tenía antes de la optimización en valores económicos esto representa \$ 2807,64 diarios que gana la empresa. Se determinó que operando los equipos con consistencias adecuadas en la pasta de papel se logra un aumento en su eficiencia del 8%; se recomienda que la empresa instale la instrumentación adecuada: medidores de consistencia en el pulper y caja de nivel 1, manómetros y caudalímetros en las tuberías de la línea productiva.

**Palabras clave:** <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <OPTIMIZACIÓN DE PROCESO>, <PAPEL TISSUE>, <CONSISTENCIA DE PASTA>, <BALANCE DE MASA>, <EFICIENCIA DE PROCESO>.

## ABSTRACT

The aim of this degree work was to optimize the tissue paper production process at the Valley FAVALLE Hygienic Paper Factory, looking an improvement in its efficiency. It started by collecting information on the parameters with which to work in each of the unit operations of the process, then a baseline diagnosis was made and samples of paste were taken at each point of interest to verify the conditions with which he worked; it was evidenced that the established parameters regarding the pasta consistency were not met. Therefore, it was decided the implementation of a work regime based on the manual control of paste consistency, through an inspection of the amount of raw material and water fed to the grinding device, the grinding time and discharge of the Pulper; a mass balance analysis was performed for the entire process quantifying the input and output flows of pulp, as well as the rejections of each equipment. Under these conditions, a production of 21.42 TPD of paper was obtained which gives an equivalent of 80% of efficiency for the process, unlike a 72% that had before the optimization in economic values this represents \$ 2807, 64 daily that the company earns. It was determined that by operating the equipment with adequate consistency in the pulp an increase in its efficiency of 8% is achieved. It is recommended that the company install the appropriate instrumentation: consistency meters in the Pulper and level 1 box, pressure gauges and flowmeters in the pipes of the productive line.

**Keywords:** <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <PROCESS OPTIMIZATION>, <PAPEL TISSUE>, <PULP CONSISTENCY>, <MASS BALANCE>, <PROCESS EFFICIENCY>.

## **INTRODUCCIÓN**

La Fábrica de Papel Higiénico del Valle “Favalle” lleva 15 años en el sector Industrial Papelero, con actividades destinadas a la elaboración de papel tissue a partir del uso de fibra virgen y papel reciclado el mismo que proviene de empresas proveedoras que reciclan y clasifican los papeles en desperdicio. Favalle elabora productos semielaborados que consisten en bobinas de papel de aproximadamente 1 tonelada en peso y productos terminados como son: rollos de papel higiénico, servilletas, toallas de cocina, etc.

La empresa elabora papel tissue en diferentes calidades dependiendo del tipo de producción que requieran, dicho papel que es contenido en grandes bobinas pasa a un proceso de conversión hasta obtener los productos finales. A su vez esta vende bobinas de papel a otras empresas papeleras las mismas que exigen que los productos entregados cumplan con los parámetros de calidad establecidos en su línea de producción.

En el siguiente documento se buscara la alternativa más viables para que la empresa logre una optimización en su proceso disminuyendo las pérdidas de materia prima, además se buscará que el consumo de agua para la elaboración de la pasta sea el adecuado y así reducir los tiempos improductivos debido a malas formaciones de las hojas de papel. Se ha considerado que el problema se deriva de los cambios o variaciones en la consistencia de la pasta de papel a lo largo del proceso.

Es por eso que se planteara una metodología de trabajo basado prácticamente en un control manual de la consistencia de la pasta en los puntos clave del proceso, previamente se investigará cuáles son los estándares con los que se debe manejar cada una de las partes del proceso así también toda la información respecto a la descarga de rechazos que originan los equipos de depuración y limpieza Finalmente se evaluará la calidad del producto obtenido aplicando la Norma INEN 1430:2015. Papeles y cartones. Papel higiénico. Requisitos.

## **CAPITULO I**

### **1 IDENTIFICACION Y FORMULACION DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación del problema**

La Fábrica de Papel Higiénico del Valle – Favalle Cía. Ltda., se dedica a la elaboración de bobinas de papel tissue (producto semielaborado), luego éste es rebobinado, crepado, cortado y empaquetado en los diferentes productos terminados que ofrecen, tales como: rollos de papel higiénico, servilletas, toallas de cocina; cada uno en sus diferentes presentaciones.

Hoy en la actualidad la empresa trabaja sin una estandarización en su proceso, es decir no conocen las cantidades adecuadas de materia prima e insumos que deben utilizar; generando así variación en la calidad del papel obtenido. La principal problemática que tiene la empresa es la resistencia a la rotura por tracción y el gramaje del papel, lo que impide que se pueda cumplir con los parámetros establecidos en los productos terminados, especialmente en los rollos de papel higiénico los cuales no satisfacen los requerimientos establecidos en la Norma INEN 1430:2015. Papeles y cartones. Papel higiénico. Requisitos. Este inconveniente se asocia a la variación de consistencia de la pasta a lo largo de toda la línea productiva, debido a que no se trabaja con flujos establecidos en la entrada y salida de cada parte del proceso.

Este trabajo se basa en realizar un sistema de control en el consumo de materia prima y agua dentro del proceso estableciendo un análisis de balance de masa. Resolviendo así las inconformidades en la calidad del producto.

#### **1.2 Justificación del proyecto**

Debido a que la Fábrica de Papel Higiénico del Valle – Favalle no cuenta con un proceso estandarizado para la elaboración de papel tissue, se ha considerado la oportunidad de realizar un análisis de las cantidades de materia prima y agua a utilizar en el proceso, más específicamente el consumo del agua ya que es uno de los recursos más utilizados en la industria papelera.

En la etapa de producción, los operarios son los encargados de poner en marcha el proceso; pero no cuentan con un régimen estable en cuanto a las variables que deben controlar como son: consistencia, tiempo de operación, presión de la pasta. Algo muy importante a considerar es la

poca capacitación que se ha brindado a los operarios y la deficiente información acerca del proceso que ellos tienen a su alcance.

Por medio del levantamiento de información para cada una de sus etapas; se busca mejorar la eficiencia del trabajo, lo que conlleva a obtener un producto con los estándares más altos en calidad establecidos en la Norma INEN 1430:2015. Papeles y cartones. Papel higiénico. Requisitos. Al realizar un balance de masa se conocerán las cantidades de agua y materia prima adecuadas que se debe utilizar en el proceso, para mantener una consistencia estable en la pasta, garantizando de esta manera que el papel obtenido tenga el gramaje correcto de acuerdo al tipo de producción que se realice.

La optimización del proceso de elaboración de papel tissue beneficiará a la empresa porque le permitirá disminuir los tiempos improductivos debido a productos en mal estado o con características de calidad deficientes. Al mejorar la calidad del papel se incrementarán las ventas y se disminuirán las devoluciones, ya que los clientes de la empresa Favalle Cía. Ltda., han exigido que los productos que se les entreguen cuenten con los estándares más altos en calidad ya sea en las bobinas de papel o en los productos terminados (rollos de papel higiénico, servilletas, toallas de cocina).

La Fábrica de Papel Higiénico del Valle- Favalle ha mostrado interés en la realización de este trabajo por lo que ha emitido un aval que respalda todas las actividades que deba realizar; así mismo ha puesto a disposición la colaboración de recursos técnicos y humanos que sean necesarios.

### **1.3 Línea base del proyecto**

#### ***1.3.1 Antecedentes de la empresa***

La Fábrica de Papel Higiénico del Valle Favalle Cía. Ltda., es una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de papel tissue, con 15 años en el ámbito industrial es considerada una de las principales empresas papeleras del país; ya que distribuye el producto semielaborado (bobinas de papel) y productos terminados (rollos de papel higiénico, servilletas).

Inicialmente inicio sus actividades con equipos obsoletos y de poca capacidad, especialmente trabajaban con dos pulperes pequeños, luego adquirieron nuevos equipos entre ellos un Pulper Hélico de 12 m<sup>3</sup> de capacidad, un clasificador horizontal centrífugo que sería utilizado como depurador secundario.

Con el paso de los años han realizado varias modificaciones en la máquina papelera con el objetivo de aumentar su capacidad ya que al inicio de sus actividades producían 12 toneladas de papel aproximadamente, hoy en la actualidad pueden producir hasta 24 toneladas diarias esto depende de la disponibilidad de materia prima, cambios en la cuchillas, fieltros y mallas, cambios de producción, cortes de energía eléctrica y desabastecimiento de agua por parte de la Planta de Tratamiento, entre otros.

La planta de producción realiza un mantenimiento parcial de las instalaciones cada 6 meses y un mantenimiento total cada año, estas actividades constan de limpieza superficial de los equipos, limpieza interna de las tuberías usando sosa caustica, mantenimiento en las bombas y depuradores.

### **1.3.2 Condiciones de operación**

El área de la Papelera en la Fábrica de Papel Higiénico del Valle en la actualidad opera las 24 horas del día los 7 días de la semana manteniendo horarios rotativos entre los trabajadores, con la finalidad de cumplir con la demanda de pedidos requeridas por sus clientes. Por lo general produce en promedio diario 20 toneladas de papel, dicho valor varía por problemas mecánicos en los equipos, falta de coordinación para el despacho de materia prima hacia la línea de producción, bajos niveles de agua en los tanques de reservorio y por rechazos del producto obtenido por mala calidad.

La empresa utiliza como materia prima fibra virgen (celulosa pura) y papel reciclado. Entre el papel reciclado tenemos los siguientes:

- Bond blanco.- Papel sin rastros de tinta ni impresiones.
- Bond impreso.- Papel blanco que solo contiene impresiones en blanco y negro, generalmente proviene de oficinas, universidades, etc.
- Mixto A.- Papel con poco color como son: cuadernos, revistas, libros; son provenientes de los hogares.
- Mixto B.- Papel que se encuentra casi totalmente cubierto de colores como son: periódicos, guías telefónicas, entre otros.
- Broke.- Término utilizado para referirse al producto defectuoso o de baja calidad que se obtiene en la misma empresa.

Como ya se ha mencionado anteriormente Favalle fabrica algunos productos, por lo tanto debe elaborar diferentes tipos de papel; dependiendo de la producción que vayan a obtener utilizan la materia prima en cantidades o porcentajes ya establecidos.

Dentro de la empresa se considera que el producto que elaboran en mayor cantidad debido a la gran demanda en el mercado y que además se deba utilizar todos los equipos de la línea productiva es el papel higiénico; por eso se decidió trabajar con este proceso para la optimización. En la siguiente tabla se especifica la formulación de la materia prima, que se utiliza para la elaboración de papel higiénico.

**Tabla 1-1:** Características de la materia prima para la elaboración de papel higiénico.

MATERIA PRIMA	COMPOSICIÓN (%)	HUMEDAD PERMITIDA (%)
Bond Blanco	25	10%
Bond Impreso	60	
Plastificado	1	
Mixto A	3	
Mixto B	6	
Broke	5	

Fuente: FAVALLE, 2017.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

Sin embargo dicho parámetro no se cumple en su totalidad ya que los operarios encargados vierten cantidades y porcentajes estimados de cada tipo de papel en la banda transportadora. Esto sucede debido a que las pacas de papel no vienen con un peso fijo si no que varían dependiendo del proveedor, a continuación se detalla los pesos que estas contienen.

**Tabla 2-1:** Peso de las pacas según el tipo de papel reciclado.

MATERIA PRIMA	PESO (Kg)
Bond Blanco	540-545
Bond Impreso	200-225
Plastificado	-----
Mixto A	225-250
Mixto B	225-250
Broke	Rechazos de la empresa

Fuente: FAVALLE, 2017.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.



**Figura 1-1:** Disposición de materia prima en la banda transportadora hacia el Pulper.

**Realizado por:** Silvana Vásconez, 2018.

### ***1.3.3 Descripción del Proceso productivo***

Las pacas de papel reciclado son llevadas desde el patio de almacenamiento, hacia la banda transportadora por medio de un montacargas, dichas pacas son colocadas según las indicaciones que manifieste el operador del Pulper. Cabe mencionar que no se utiliza papel plastificado porque se han encontrado dificultades para su desintegración.



**Figura 2-1:** Disposición de materia prima en la banda transportadora hacia el Pulper.

**Realizado por:** Silvana Vásconez, 2018.

Los operadores llevan un registro de la cantidad de materia prima que ellos van cargando en la banda transportadora, en lo que respecta al Broke este no es pesado antes del ingreso al proceso, los encargados del Pulper registran valores supuestos de su peso en la hoja de control.

**CONTROL DE MATERIA PRIMA P.P.P (Consumos)**

Código	Descripción de Consumo	Cantidad																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
000001	Carbono Negro Negro																				
000002	Carbono Negro																				
000003	Carbono Negro																				
000004	Carbono Negro																				
000005	Carbono Negro																				
000006	Carbono Negro																				
000007	Carbono Negro																				
000008	Carbono Negro																				
000009	Carbono Negro																				
000010	Carbono Negro																				
000011	Carbono Negro																				
000012	Carbono Negro																				
000013	Carbono Negro																				
000014	Carbono Negro																				
000015	Carbono Negro																				
000016	Carbono Negro																				
000017	Carbono Negro																				
000018	Carbono Negro																				
000019	Carbono Negro																				
000020	Carbono Negro																				
000021	Carbono Negro																				
000022	Carbono Negro																				
000023	Carbono Negro																				
000024	Carbono Negro																				
000025	Carbono Negro																				
000026	Carbono Negro																				
000027	Carbono Negro																				
000028	Carbono Negro																				
000029	Carbono Negro																				
000030	Carbono Negro																				
000031	Carbono Negro																				
000032	Carbono Negro																				
000033	Carbono Negro																				
000034	Carbono Negro																				
000035	Carbono Negro																				
000036	Carbono Negro																				
000037	Carbono Negro																				
000038	Carbono Negro																				
000039	Carbono Negro																				
000040	Carbono Negro																				
000041	Carbono Negro																				
000042	Carbono Negro																				
000043	Carbono Negro																				
000044	Carbono Negro																				
000045	Carbono Negro																				
000046	Carbono Negro																				
000047	Carbono Negro																				
000048	Carbono Negro																				
000049	Carbono Negro																				
000050	Carbono Negro																				
000051	Carbono Negro																				
000052	Carbono Negro																				
000053	Carbono Negro																				
000054	Carbono Negro																				
000055	Carbono Negro																				
000056	Carbono Negro																				
000057	Carbono Negro																				
000058	Carbono Negro																				
000059	Carbono Negro																				
000060	Carbono Negro																				
000061	Carbono Negro																				
000062	Carbono Negro																				
000063	Carbono Negro																				
000064	Carbono Negro																				
000065	Carbono Negro																				
000066	Carbono Negro																				
000067	Carbono Negro																				
000068	Carbono Negro																				
000069	Carbono Negro																				
000070	Carbono Negro																				
000071	Carbono Negro																				
000072	Carbono Negro																				
000073	Carbono Negro																				
000074	Carbono Negro																				
000075	Carbono Negro																				
000076	Carbono Negro																				
000077	Carbono Negro																				
000078	Carbono Negro																				
000079	Carbono Negro																				
000080	Carbono Negro																				
000081	Carbono Negro																				
000082	Carbono Negro																				
000083	Carbono Negro																				
000084	Carbono Negro																				
000085	Carbono Negro																				
000086	Carbono Negro																				
000087	Carbono Negro																				
000088	Carbono Negro																				
000089	Carbono Negro																				
000090	Carbono Negro																				
000091	Carbono Negro																				
000092	Carbono Negro																				
000093	Carbono Negro																				
000094	Carbono Negro																				
000095	Carbono Negro																				
000096	Carbono Negro																				

Hélico hacia una pera de limpieza llena de agua, la cual contiene una malla que permite el paso de la pulpa del papel reteniendo en su interior todas las impurezas de gran tamaño como son: alambres, plásticos, fomix, trozos de madera, etc. Los desechos caen en un compactador para luego ser retirados.



**Figura 5-1:** Equipo para limpieza 1 (Pera de limpieza).

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

Toda la pasta es almacenada en un recipiente llamado tina virgen en donde se mantiene una agitación constante con la finalidad que la consistencia de la pasta sea uniforme y no se presente sedimentaciones.

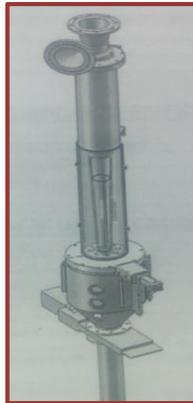


**Figura 6-1:** Tina Virgen para almacenar pasta desfibrada.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

Luego la pasta es enviada hacia un Limpiador Ciclónico de alta densidad que gracias a una fuerza centrífuga permite que agentes extraños de peso mayor a la fibra de papel (Arenas, grapas, clips, tornillos, tuercas, clavos, etc.), sedimenten al fondo del recipiente para luego ser automáticamente cada 10 minutos expulsados al exterior; este equipo no está funcionando

adecuadamente ya que en algunas ocasiones se ha podido identificar pérdida de fibra en el momento de la descarga de los desechos.



**Figura 7-1:** Equipo para limpieza 2 (Limpiador ciclónico de alta densidad).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

La pasta continua su trayecto hacia un Depurador ADS con dos zonas de separación por tamizado, que prácticamente asegura una función de despastillado completo. La pasta que atraviesa la rejilla y el tamiz es llevada hacia un tanque receptor. Los rechazos de este equipo comprende restos de pasta mal desfibrada y contaminantes pesados. En el área del tamiz que corresponde a la segunda cámara del equipo existe una entrada de agua ya que es necesario que la consistencia disminuya para que la pasta pueda atravesar los agujeros del tamiz.



**Figura 8-1:** Equipo para depuración primaria (Depurador ADS).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

La pasta que no atraviesa la malla del Depurador ADS pasa hacia un Clasificador Horizontal Centrífugo el cual extrae de manera eficiente el resto de impurezas que pasaron por la depuración primaria, al igual que en el paso anterior existe una dilución interna de la pasta.



**Figura 9-1:** Equipo para depuración secundaria (Clasificador horizontal centrífugo).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

Los rechazos de la depuración primaria y secundaria son enviados directamente a la planta de tratamiento de agua.

Una vez la pasta este limpia de impurezas sólidas y almacenada en el tanque receptor de pasta, una bomba agrega agua directamente en la tubería a la salida del tanque; misma que la conduce hacia unas cajas de nivel con la finalidad de mantener la consistencia estable; a su vez se agrega los agentes dispersantes.



**Figura 30-1:** Equipo para mantener la consistencia de la pasta estable (Caja de nivel 1).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

La pasta pasa por un conjunto de Limpiadores de baja densidad que se encuentran ubicados en forma de cascada para asegurar que la pasta quede perfectamente limpia y que los rechazos de cada uno contenga la menor cantidad posible de fibra. Los rechazos son evacuados de forma manual por los operarios cada dos horas aproximadamente.



**Figura 41-1:** Equipo para limpieza 3 (Limpiadores de baja densidad).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

Luego se traslada la pasta a las celdas de destintado en donde una inyección de aire facilita que la tinta sea separada de la fibra y en forma de espuma asciende hacia la superficie para ser retirada por unas paletas.



**Figura 52-1:** Equipo para destintado (Celdas de flotación).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

Luego de la etapa de destintado la pasta es llevada hacia un limpiador- espesador, el cual limpia la pasta de las cenizas y a su vez eleva la consistencia de esta. En estas condiciones es almacenada en tanques de reservorio para ser utilizada según el ritmo de producción.



**Figura 63-1:** Equipo para limpieza y espesado (Columna metálica espesadora).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

La pasta de consistencia alta pasa por un refinador el mismo que modifica la estructura física y química de las fibras, mejorando la drenabilidad del agua en la mesa de formación y el grado de unión entre las fibras lo que hace que el papel obtenido posea una buena resistencia a la tracción.



**Figura 74-1:** Equipo para refinado (Refinador).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

Luego la pasta sube hacia unas cajas de nivel 2 para mantener la consistencia estable antes de su dilución. En este punto se añaden los químicos blanqueadores y agentes removedores de gomas y emulsificantes.

La pasta desciende de las cajas de nivel para encontrarse con el agua del Silo, seguido se encuentra la Bomba Fam que es una bomba de ventilador, con la consistencia que se alcance en este punto entrará a la caja de formación de papel. Los químicos que agregan son agentes de resistencia en húmedo y un antiespumante.



**Figura 85-1:** Bomba Fam.

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

Por último se utiliza un tamiz de presión llamado Screen, que sirve para limpiar la pasta de aquellos fragmentos de fibras o componentes grandes o duros que hayan podido pasar hasta este punto. El equipo cuenta con ranuras para permitir el paso de pasta aceptada y los desperdicios son enviados hacia una criba para su recirculación en el proceso.



**Figura 96-1:** Equipo para limpieza 4 (Depurador Screen).

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

La pasta de fibras celulósicas llega a la caja de entrada, donde se empieza con la formación del papel.

Hoy en día el trabajo que realizan es algo empírico y sin ningún tipo de especificación a seguir en lo que a la línea de producción se refiere. Los operarios por ser personas con experiencia en su área logran realizar su trabajo sin problemas, más sin embargo eso no los exime que en ocasiones se presenten situaciones que ellos no puedan controlar debido a su falta de

conocimientos. Esto conlleva a que en el proceso productivo se tenga una pérdida de fibra útil de hasta el 30% ocasionando grandes pérdidas económicas a la empresa.

### **1.3.4 Marco Conceptual**

#### **1.3.4.1 Papel Tissue**

Es un tipo de papel que debido a que posee características de suavidad, absorción, baja densidad y elasticidad; es destinado al uso doméstico e higiénico. Son formados por varias capas y posee una fina micro arruga llamado crepado que le proporciona una mayor superficie, suavidad y poder de absorción. Con el papel tissue se elaboran algunos productos como son: rollos de papel higiénico, servilletas, toallas de cocina, etc. (Landin, 2013, p.1).



**Figura 107-1:** Bobinas de papel tissue.

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

#### **1.3.4.1.1 Parámetros de Calidad que se analizan en el papel tissue**

- Gramaje

También conocido como peso base, se define al peso por cada metro cuadrado de papel. Generalmente se expresa en  $\text{g/m}^2$ ; la técnica que se emplea para medirlo es, cortar un pedazo de papel de área determinada y proceder a pesar, este valor obtenido en la balanza se divide para el área conocida del papel (Aguilar et al., 2014: pp.113).

- Resistencia en seco

La resistencia es la fuerza que un material es capaz de resistir hasta su rotura o deformaciones. En seco significa que el material estará libre de humedad a excepción claro de su propio contenido de humedad refiriéndose en este caso al papel tissue. Se expresa en N/m pero si son materiales con resistencia baja se expresa en gf, el equipo que se utiliza es un tensiómetro (Tortuero, 2007, p.55).

Existen 2 tipos de resistencia:

- ✓ Resistencia longitudinal en seco.- Cuando las probetas o muestras de papel son cortadas en sentido en el cual se formó en la máquina.
- ✓ Resistencia transversal en seco.- Cuando las muestras se cortan en sentido transversal.

- Calibre

También se conoce como espesor. Se refiere a la distancia perpendicular que existe entre la cara superior e inferior del papel, el mismo que debe tener condiciones específicas. Se puede expresar en mm, micras o milésimas de pulgada y se lo mide en un equipo llamado micrómetro digital. (Aguilar et al., 2014: pp.113).

- Blancura

Es el porcentaje de luz que se refleja de un total que incide sobre la superficie del papel en el momento del ensayo o prueba. Se expresa como grado de blancura basados en la normas ISO 2469, 2470 y 2471, se utiliza un reflectómetro para blancura y opacidad o medidores de blancura de cualquier tipo (Agostini, 2008, p.3).

- Tiempo de absorción

Es el tiempo que se tarda un papel no encolado en absorber una gota de agua de  $0,05 \text{ cm}^3$  desde que ha sido puesta en contacto con él. Se expresa en s (INEN 1407, 2005, p.1).

#### 1.3.4.2 *Industria de papel tissue*

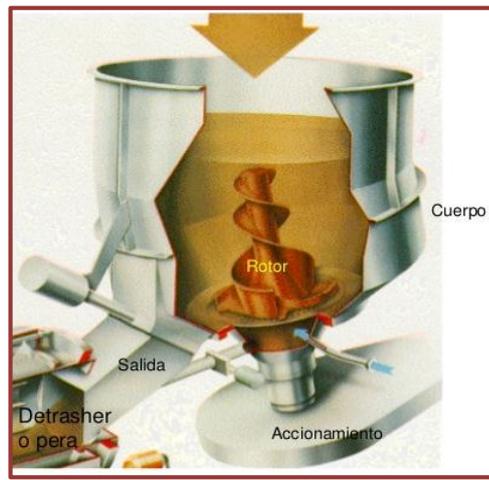
Es una planta industrial cuyas actividades están destinadas a la elaboración de papel tissue, utilizando como materia prima celulosa (fibra virgen) y papel reciclado el cual proviene de diferentes empresas que realizan el proceso de clasificación y reciclaje de los distintos tipos de papel (papel blanco, papel mixto, entre otros) (Bernal, 2014, p.35).

#### 1.3.4.3 *Pasta de papel*

Se denomina al producto de la desintegración mecánica de las materias primas (fibra virgen y papel reciclado) en un medio acuoso; la que se utilizara en el proceso de formación de papel (Medina y Fuentes, 2012: p.37).

#### 1.3.4.3.1 Pulper

Denominado también Hidropulper, es un equipo desintegrador de fibras celulósicas, ya sea que provengan de fibra virgen o de papel reciclado. Son equipos que trabajan en consistencias de hasta 17% y están compuestos por una cuba de acero inoxidable, un rotor helicoidal, un mecanismo de accionamiento y la zona de descarga. Para la trituration de celulosa y otras materias similares se utiliza agua a temperatura ambiente ya que no necesitan un tratamiento especial (Brito, 2014, p.10).



**Figura 18-1:** Pulper hélico.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

#### 1.3.4.3.2 Análisis a la pasta de papel

##### ❖ Determinación de humedad

Este método determina la humedad de la pasta de fibra, mediante la pérdida de peso de la muestra que es sometida a calentamiento y evaporación; para este proceso se utilizan estufas que mantienen una temperatura aproximadamente entre 110-120 °C. Dentro de la industria papelera se utiliza el término consistencia que hace referencia a la cantidad de masa sólida (fibra de celulosa) que contiene 100g de pasta (Benítez et al., 2009: pp.27).

##### ❖ Determinación de Grado Freeness

Esta prueba se realiza a la pasta de fibra y sirve para medir la capacidad de dicha fibra para drenar el agua; esta prueba es importante ya que en el momento de la formación del papel la pasta contiene entre un 98% y 99% en peso de agua (Gómez, 2015, p.2).

#### 1.3.4.4 *Proceso convencional para la elaboración de papel tissue*

##### ➤ Desfibrado

El papel reciclado es colocado en un Pulper produciendo una pasta consistente y uniforme (Becerra et al., 2014: pp.27).

##### ➤ Limpieza

Luego del pulpeo la pasta se somete a un proceso de limpieza de partículas de gran tamaño a través de un tamiz, posteriormente ingresa a un limpiador de sólidos de alta densidad. Estas unidades de limpieza retiran los sólidos más pesados como los metales, madera, plástico, arenas, grapas, clips, etc. (Becerra et al., 2014: pp.28).

##### ➤ Depuración

La depuración puede ser en serie (primaria y secundaria), elimina los elementos pesados y grandes que pudieron haberse filtrado por las unidades anteriores, a fin de obtener una pasta libre de agentes extraños (Becerra et al., 2014: pp.29).

##### ➤ Destintado

Luego sigue un proceso de destintado que elimina la mayor cantidad de tinta en la pasta (Becerra et al., 2014: pp.30).

##### ➤ Refinación

A continuación la suspensión de fibra entra en los refinadores para un tratamiento mecánico que modifican la estructura de las fibras para hacerlas aptas al proceso de formación del papel. (Becerra et al., 2014: pp.31-34).

##### ➤ Espesado y Blanqueamiento

Luego entra a un sistema de dispersión de puntos negros donde se busca darle una apariencia homogénea a la pasta. Luego ingresa a la etapa de blanqueamiento y se retira las últimas gomas (Becerra et al., 2014: pp.35- 37).

##### ➤ Formación de la hoja

Una vez la pasta sea blanqueada y refinada ingresa a la máquina formadora de hojas compuesta por varias bandas filtradoras y rodillos de presión (Becerra et al., 2014: pp.39-40).

➤ Secado

Un gran cilindro llamado “yankee” es el encargado de secar la hoja de papel el cual es enrollado en bobinas que pesan entre 1-1,5 ton (Becerra et al., 2014: pp.42-43).

✚ Diagrama de proceso de la elaboración de papel tissue.



**Diagrama 1-1:** Proceso de elaboración de papel tissue.

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

1.3.4.5 *Balance de masa*

Se refiere al conteo de los flujos másicos de todas las corrientes (entradas y salidas) que conforman un proceso o partes de este. Se realiza mediante la aplicación de la Ley de Conservación de masa que dice: “La materia no se crea ni se destruye”. El sistema sobre el cual

se va aplicar el balance debe ser primeramente delimitado a fin de conocer sus fronteras. El balance se puede escribir como: (Felder y Rousseau, 2004: p.85).

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación}$$

#### 1.3.4.5.1. *Tipos de Balance*

Existen dos tipos:

- Balance Diferencial.- Estos balances indican lo que sucede en el sistema en un tiempo determinado, cada corriente se expresa en unidades de masa sobre unidades de tiempo. Son aplicables en procesos continuos. (Felder y Rousseau, 2004: p.90).
- Balance Integral.- Indican lo que se sucede en dos instantes de tiempo, cada corriente se expresan en unidades de masa. Son aplicables en sistemas tipo batch o por lotes (Felder y Rousseau, 2004: p.91).

### 1.4 **Beneficiarios directos e indirectos**

#### 1.4.1 *Directos*

- El beneficiario directo del trabajo técnico planteado es La Fábrica de Papel Higiénico del Valle Favalle Cía. Ltda.

#### 1.4.2 *Indirectos*

- Los obreros de la planta; ya que de lograrse el proyecto se eliminarán los tiempos perdidos por falencias en el producto semielaborado (bobinas de -papel).
- La comunidad del Barrio Cuendina porque se eliminará el uso irracional del agua y la descarga de agua residuales hacia los efluentes cercanos.

## CAPITULO II

### 2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 2.1 General:

Optimizar el proceso de elaboración de papel tissue en la Fábrica de Papel Higiénico del Valle-Favalle Cía. Ltda.

#### 2.2 Específicos:

- Realizar el levantamiento de la línea base del proceso de elaboración de papel tissue a partir de papel reciclado para la Empresa Favalle Cía. Ltda.
- Realizar un seguimiento de las principales variables que se controlan en el proceso tales como: consistencias de pasta, tiempo de desintegración del papel, grado freeness a fin de obtener datos reales de operación.
- Evaluar la capacidad y calidad productiva del sistema operando bajo condiciones actuales.
- Realizar un estudio comparativo entre la eficiencia del sistema con datos actuales y con datos obtenidos dentro de un esquema de trabajo estandarizado y bajo el criterio de fuentes bibliográficas externas previamente investigadas.
- Implementar un régimen de trabajo basado en el control de la consistencia de pasta en cada punto del proceso; mediante un análisis del consumo de agua (Balance de Masa); para conseguir las condiciones óptimas de operatividad.
- Verificar que el papel tissue obtenido luego de las modificaciones en el sistema, cumpla con los parámetros establecidos en la NORMA INEN 1430:2015. Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos; mediante pruebas realizadas en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa.

## CAPITULO III

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

#### 3.1 Localización del proyecto

##### 3.1.1 *Macrolocalización*

El lugar donde se desarrolla el presente proyecto se encuentra ubicado en

País: Ecuador

Región: Interandina o Sierra

Provincia: Pichincha

Cantón: Rumiñahui



**Figura 1-3:** Situación geográfica de la provincia de Pichincha.

Fuente: (León, 2015).

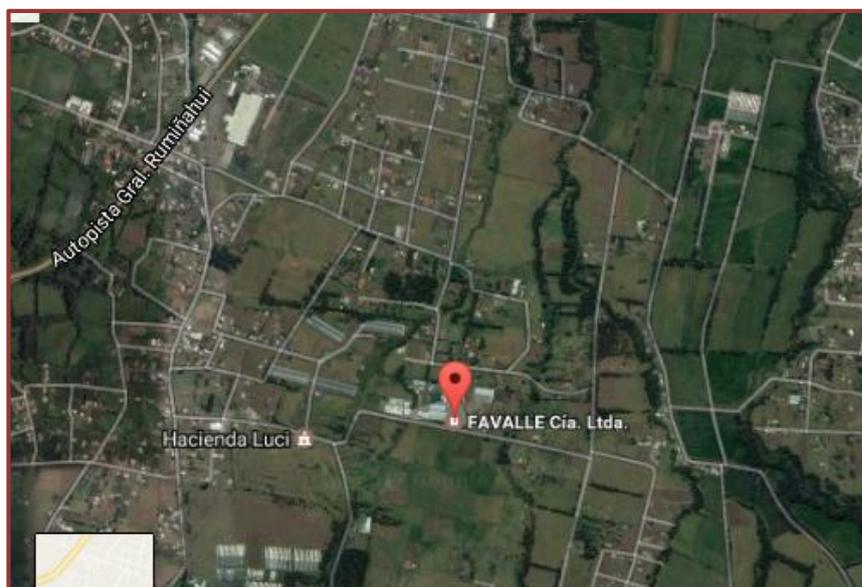


**Figura 2-3:** Situación geográfica del Cantón Rumiñahui.

Fuente: (Atractivos turísticos, 2014).

### 3.1.2 *Microlocalización*

El presente proyecto técnico se desarrollara en la Parroquia Sangolquí; en el área Industrial localizado a lo largo de la Autopista General Rumiñahui específicamente en la Vía Sangolquí – Amaguaña Km 5 ½, Barrio Cuendina Sector La Victoria.



**Figura 3-3:** Vista satelital de la Fábrica de papel higiénico del Valle FAVALLE.

Fuente: (Google Maps, 2017).

La fábrica se encuentra ubicada a 1,84 Km de la Autopista General Rumiñahui, en las coordenadas 0°22'20''S 78°28'02''W. El terreno bajo el cual fue construida la empresa tiene alrededor de 26088 m<sup>2</sup> de superficie total (Google Maps, 2017).



**Figura 4-3:** Vista frontal de la Fábrica de Papel Higiénico del Valle FAVALLE.

Fuente: (Google Maps, 2017).

## **3.2 Ingeniería del proyecto**

### **3.2.1 Tipo de estudio**

La optimización del proceso de elaboración de papel Tissue corresponde a un proyecto de tipo técnico, que se ha llevado a cabo mediante la aplicación de los métodos deductivo, inductivo y experimental. Obteniendo así una mejora en el proceso, generando beneficios a la empresa.

### **3.2.2 Metodología**

Para poder cumplir con los objetivos planteados se procedió con la metodología expuesta a continuación:

#### **3.2.2.1 Reconocimiento del área de estudio**

- Se hizo un reconocimiento parcial de las instalaciones del área de desfibrado y limpieza de la pasta, a fin de conocer los equipos que se utilizan para dichas operaciones.
- Luego de ello se procedió a identificar los equipos que van hacer objeto de estudio, así como los flujos de entrada y salida en cada una de las operaciones, para verificar si existían los instrumentos (manómetros, caudalímetros y medidores de consistencia) en las tuberías para posibles mediciones, a su vez se realizaban pequeñas entrevistas a los operadores de los equipos para que ellos nos manifiesten si conocían o no los parámetros que se deben controlar en cada uno de dichos flujos.

- Se hizo una breve inspección en los patios de almacenamiento de materia prima a fin de conocer sus condiciones.

#### 3.2.2.2 *Recopilación de información*

- Se recopiló información de los equipos tales como: manuales de proceso y manuales de operación, algunos de estos documentos fueron facilitados por la empresa y para otros se tuvo que acceder a fuentes bibliográficas externas con el fin de entender su mecanismo de funcionamiento y condiciones de operación.
- Se mantuvo una entrevista con el jefe de Planta y el inspector de Control de Calidad para que nos cuenta sobre el papel reciclado que se utiliza como materia prima en el proceso.

#### 3.2.2.3 *Toma de muestras*

- Se tomaron muestras de la pasta en cada punto de interés (flujo de entrada, salida de la pasta aceptada y flujo de rechazos) de todos los equipos que se han identificado en el proceso de desfibrado y limpieza.
- Para la toma de muestras se usó un recipiente práctico y sencillo el mismo que fue facilitado por la empresa.
- Se mantuvo un control de los flujos por 15 días tomando 2 muestras diarias (una en la mañana y otra en la tarde); debido a que en estos horarios se mantenían los turnos para los operadores.

#### 3.2.2.4 *Análisis de muestras*

- Luego de tomar las muestras, inmediatamente fueran llevadas al Laboratorio de Control de Calidad de la empresa para realizar las pruebas pertinentes: consistencia de la pasta y grado freeness, esta última se ha considerado específicamente para los flujos de entrada y salida en el refinador. Estos análisis se deben realizar seguidamente de la toma ya que si se deja pasar mucho tiempo, las fibras de papel tienden a adquirir humedad del ambiente.

### 3.2.2.5 Propuesta para la optimización

Para cumplir con el objetivo general del presente proyecto se planteó la siguiente propuesta de trabajo:

Consiste prácticamente en mantener el proceso de producción de papel estandarizado y controlado en cada punto de interés, ya que actualmente se trabaja de forma poco normalizada y empírica. Se optó por esta proposición ya que al revisar los manuales de operación y bibliografía externa; se conoció cuáles son las condiciones que debe cumplir la pasta a la entrada de cada equipo.

**Tabla 1-3:** Estándares de consistencia para la pasta.

<b>Equipo</b>	<b>Consistencia de trabajo (%)</b>
Pulper hélico (Desfibrado)	12-18
Pulper hélico (Descarga)	5-6
Limpiador Ciclónico de alta densidad	3-6    Entrada $\leq 3,5$
Depurador ADS	3-5
Clasificador horizontal centrífugo	2-3,5
Limpiador de baja consistencia	$\leq 2$
Celdas de destintado	0,8- 1,2
Refinador	3,5

**Fuente:** FAVALLE, 2018.

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

Estos equipos son básicamente de limpieza y depuración por tanto poseen una descarga de desechos la misma que debe ser mínima para garantizar menos pérdida de fibra. La ventaja que se obtiene al cumplir con las consideraciones antes mencionadas es que los equipos trabajen de manera adecuada y sin generar situaciones adversas a las manifestadas en los manuales.

La desventaja que se presenta es que no se puede controlar el flujo de agua que sale del proceso hacia la planta de tratamiento de agua, ya que podría presentarse el caso de que el mismo aumente ocasionando complicaciones o retrasos en el tratamiento de esta.

### 3.2.3 *Métodos y Técnicas*

#### 3.2.3.1. *Métodos*

- Método Deductivo

Una vez que se había identificado el problema que existía en el proceso de elaboración de papel tissue, que es la falta de estandarización o control de la línea productiva; se planteó la posibilidad de controlar el proceso para obtener las variables que se utilizarían para la realización de un balance de masa dentro de los cálculos de ingeniería del presente proyecto. A fin de conseguir una mejora en la producción de la empresa.

- *Método Inductivo*

Se lo aplicó en la recopilación de información del estado actual del proceso productivo de FAVALLE, ya sea mediante entrevistas a los operarios y la búsqueda de la información en textos de la empresa o información bibliográfica externa.

La información recopilada se refería a las variables o parámetros bajo los cuales deben operar los equipos, para de esta manera comparar con los datos actuales de la empresa. Luego de esto se identificó que la falta de control en la consistencia de la pasta era la principal problemática a tratar.

- *Método Experimental*

Se lo aplicó en el análisis de las muestras de pasta para la determinación de la consistencia, pruebas que fueron realizadas en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa FAVALLE, siguiendo la técnica planteada. Se debió tomar especial atención debido a que la fibra es bastante higroscópica, por eso los análisis debían ser efectuados inmediatamente después de la toma.

#### 3.2.3.2 *Técnicas*

Para la determinación de la consistencia de la pasta se usó la técnica expuesta y detallada en la siguiente norma:

- NTE INEN-ISO 4119:2014 Pastas. Determinación de la consistencia de la pasta. (ISO 4119:1995, IDT).

Para el análisis de la Calidad del papel obtenido se debieron usar las siguientes técnicas aplicadas en métodos de ensayos.

- NTE INEN-ISO 536:2013. Determinación del gramaje del papel.
- NTE INEN-ISO 12625-4:2014. Determinación de la resistencia a la rotura por tracción longitudinal.
- NTE INEN-ISO 1407:2013. Determinación del tiempo de absorción en productos absorbentes.

### 3.2.4 *Desarrollo del proyecto*

#### 3.2.4.1 *Prueba para la optimización*

Una vez que se obtuvieron los datos de las muestras tomadas en condiciones actuales de operación del proceso, se compararon con los parámetros establecidos en los manuales de operación de los equipos y bibliografía externa previamente consultada. Donde se evidencio la variabilidad que existe en la consistencia de la pasta en la entrada de cada equipo.

Luego que se identificará de la no existencia de la instrumentación necesaria en las tuberías del proceso, específicamente de caudalímetros y manómetros; se decidió realizar pruebas en blanco para determinar los parámetros adecuados con los que se debía trabajar en el Pulper Hélico, ya que esta operación es de tipo batch.

**Tabla 2-3:** Resultados de pruebas en blanco para el desfibrado.

n	MP(Kg)	Tiempo(min)	Consistencia (%)
1	1525	14,30	15,7
2	889	15,00	14,4
3	1712	13,00	17,3
4	701	18,25	11,9
5	1382	14,83	14
6	1402	13,33	16,4

7	1500	14,25	15
8	1402	13,72	16,2
9	2054	17,40	13,2
10	1816	14,17	16
11	1450	14,53	15,8
12	1143	13,83	16,5
13	1342	13,58	16,7
14	1402	14,92	15,7
15	1056	15,80	17,37
16	1613	15,00	15,8
17	922	13,67	16,2
18	701	15,50	17,5
19	1782	16,83	12,2
20	1247	15,25	16,8

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

Tomando el valor estándar para la consistencia en el desfibrado de la tabla 1-3; se decidió trabajar con un valor intermedio que sería 15 % de consistencia. Para determinar el tiempo y la cantidad de materia prima con que se debe trabajar en esta operación se realizó un análisis comparativo de los datos expuestos en la tabla anterior. Obteniendo las siguientes condiciones:

**Tabla 3-3:** Condiciones de operación en el Pulper Hélico.

Parámetros	Valor	Unidad
Cantidad de materia prima alimentada	1500	Kg
Consistencia para desfibrar	15	%
Tiempo de desfibrado	14	min
Tiempo de alimentación de agua para desfibrar	6,15	min
Tiempo de alimentación de agua para descargar	3,50	min
Tiempo de descarga	9,25	min

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

Para los otros equipos solo se manipulaba la válvula de alimentación de agua hasta obtener trabajar con la consistencia deseada.

Se siguió el proceso por 10 días operando bajo las condiciones ya expuestas anteriormente, tomando 2 muestras diarias; las mismas que fueron llevadas al Laboratorio de Control de Calidad para realizarle la prueba de consistencia.

Debido a que no se podía acceder a la salida de rechazos de los equipos depuradores se optó por buscar información sobre la tasa de rechazos de los mismos, ya sea en los manuales de los equipos o información externa como tesis o proyectos de investigación similares, para así certificar nuestra información. También porque dicho flujo varía dependiendo del tipo de materia prima y grado de reciclado que esta tenga.

Para los cálculos de ingeniería y el balance de masa se utilizó como base de cálculo un promedio de la cantidad de materia prima que la empresa actualmente utiliza por día (TPD). Finalmente se realizó el análisis de Control de Calidad en el producto obtenido comparándola con la NORMA INEN 1430:2015. Papeles y Cartones. Papel Higiénico. Requisitos.

#### *3.2.4.2 Variables que se controlan en el proceso*

Dentro del área de desfibrado y limpieza de la pasta de papel reciclado se consideran algunas variables importantes, las mismas que ayudan a determinar la masa o flujos de materia en cada uno de los equipos. De esta manera se podrá cuantificar la cantidad de agua que se ocupa en el proceso.

- ✓ Entrada de masa de materia prima.
- ✓ Masa o flujos de entrada y salida.
- ✓ Masa o flujo de rechazos.
- ✓ Consistencia de las corrientes de entrada y salida.
- ✓ Porcentaje de rechazos para los equipos.

Una vez analizado los datos que arrojen dichas variables, estos nos permitirán determinar si estas se encuentran operando dentro del rango permitido o adecuado para cada una de las operaciones.

- ✓ Masa o flujos de entrada y salida

Se tomaron muestras a la entrada y salida de los equipos que intervienen en el proceso (pulper hélico, pera de limpieza, limpiador centrífugo centrífugo de alta densidad, depurador ADS, clasificador horizontal centrífugo, celdas de destintado, columna metálica espesadora, refinador, bomba fam. Se consideró que en el Pulper Hélico y en la pera de limpieza ocurre un proceso en batch o en lotes, luego de estos los equipos trabajan en forma continua.

- ✓ Masa o flujo de rechazos

Se consideraron los equipos como son: pera de limpieza, limpiador centrífugo de alta densidad, depurador ADS, clasificador horizontal centrífugo, celdas de destintado, depurador Screen.

- ✓ Consistencia de las corrientes de entrada y salida.

Las muestras de pasta que se tomaron fueron llevadas al Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa; para realizarle la prueba de consistencia basada en la técnica de la NORMA NTE INEN-ISO 4119:2014 Pastas. Determinación de la consistencia, (su equivalente TAPPI 240).

- ✓ Porcentaje de rechazos para los equipos

Debido a que no se encontraron medidores de caudal en ninguna de las tuberías, para contabilizar la cantidad de rechazos que se generan se buscó en bibliografía (manuales de operación de los equipos); información acerca del % de rechazos que manejan dichos equipos ya mencionados, considerando el tipo de materia prima.

**Tabla 4-3:** Porcentaje de rechazos en los equipos de limpieza y depuración.

<b>Equipo</b>	<b>% de Rechazos</b>
Pera de limpieza	1,5
Limpiador Ciclónico de alta densidad	0,4
Depurador ADS	5
Clasificador Horizontal Centrífugo	10
Celdas de Destintado	1,42
Depurador Screen Vertical	4

Fuente: FAVALLE, 2018.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

Como se puede notar en la tabla anterior en los equipos para depuración es en donde se genera la mayor cantidad de desechos, pese a esto no se puede trabajar directamente en ellos para optimizar este inconveniente debido a que es imposible maniobrar las tuberías externamente así mismo controlar el flujo de estas. Es por eso que se trabajó directamente en el Pulper ya que al ser el inicio del proceso es allí donde se debe controlar que opere de manera adecuada, para obtener un correcto desfibrado de materia prima y así evitar generar mayor cantidad de desechos.

### 3.2.5 *Datos*

#### 3.2.5.1 *Datos Experimentales*

❖ Datos de la prueba de Freeness

**Tabla 5-3:** Datos de la prueba de freeness antes de la optimización.

<b>ENTRADA</b>		<b>SALIDA</b>	
<b>Grado Freeness</b>	<b>% Consistencia</b>	<b>Grado Freeness</b>	<b>% Consistencia</b>
280	3,86	270	3,71
380	3,03	320	2,96
340	3,71	340	3,56
400	3	360	2,8
400	2,36	380	2,61
420	3,14	390	2,71
400	3,25	400	3,02
410	2,89	400	2,98
380	2,57	340	2,49
350	3,32	340	4,16
400	3,14	380	3,41
420	3,65	400	3,22
340	3,21	300	3,64
400	3,67	340	3,61

340	3,93	330	3,94
440	3,25	400	3,17
400	3,75	360	3,69
350	3,15	320	3,95
450	3,58	400	3,75
250	4,5	230	4,5

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

❖ Datos de análisis de Calidad

**Tabla 6-3:** Datos de los análisis de Calidad antes de la optimización.

Parámetro	n					Promedio
	1	2	3	4	5	
Gramaje (gr/m <sup>2</sup> )	16,3	16,5	16,2	16,6	16	16,32
Ancho (cm)	260	260	260	260	260	260
Calibre (plg/24h)	0,09	0,108	0,099	0,098	0,089	0,0968
RLS (gf/50mm(10h))	750	704	650	708	649	692,2
RTS (gf/50mm(10h))	772	408	630	726	472	601,6
Relación	0,91	1,72	1,03	0,97	1,37	1,2
Elongación (%)	22,33	28,77	26,58	27,08	28,44	26,64
Crepado (%)	17	17	17	17	17	17
Blancura (°ISO)	74,52	74,34	74,06	76,74	75,07	74,946
Puntos totales	774	996	1186	1163	1228	1069,4

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

❖ Datos de las Pruebas de consistencia

**Tabla 7-3:** Datos de las pruebas de consistencia antes de la optimización.

n	Pulper Desfibrado	Pulper Descarga	Pera	Tina Virgen	Depurador ADS	Clasificador Horizontal Centrifugo	Celdas de destintado	Espesador	Refinador	Caja de Nivel 2	Caja de Entada
1	15,7	11	9	3,91	3,25	1,49	1,79	1,7	3,86	4,04	0,42
2	14,4	9,2	7,8	3,03	2,55	1,5	1,24	1,86	3,03	3,38	0,48
3	17,3	7,9	4,9	4,08	3,2	3,24	0,92	2,24	3,71	3,93	0,48
4	11,9	9,6	5,7	3,87	2,58	1,9	0,94	1,61	3,2	3,61	0,33
5	14	11,7	6	3,89	3,56	2,6	1,2	1,68	3	3,35	0,23
6	16,4	9,4	6,4	3,76	3,16	2,69	1,34	1,43	2,36	3,54	0,31
7	15	9,6	6,25	3,98	3,02	2,57	1,26	2,07	3,14	3,61	0,26
8	16,2	8,6	5,9	3,92	3,09	3,48	1,16	1,35	3,25	3,54	0,35
9	13,2	12	7,4	4,18	4,47	1,37	1,38	1,68	2,89	3,58	0,35
10	16	10,7	5,2	4,36	3,6	1,96	1,13	1,43	2,57	3,68	0,25
11	15,8	6,5	3,4	4,1	3,57	2,72	0,96	2,09	3,32	3,96	0,35
12	16,5	7,1	3,3	3,22	2,77	1,15	0,89	1,47	3,14	3,36	0,28
13	16,7	7,7	5,8	3,95	3,52	1,59	1,07	1,65	3,65	4	0,2
14	15,7	6,4	4,3	4,11	3,54	2	1,48	1,57	3,21	3,82	0,35
15	17,37	9,4	6,1	2,72	3,77	2,88	1,2	1,45	3,67	4,07	0,34
16	15,8	7,1	5,7	3,81	3,06	2,9	1,24	1,5	3,93	3,81	0,33
17	16,2	9,8	6,4	3,44	3,11	2,33	1,12	1,45	3,25	3,92	0,23
18	17,5	9,3	8,7	3,33	3,21	1,77	1,15	2,16	3,75	3,95	0,32
19	12,2	9,8	5,15	4,2	3,5	2,56	1	1,67	3,58	3,97	0,38
20	16,8	7,3	3,35	3,23	2,91	1,14	0,88	1,83	4,5	3,95	0,33

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

**Tabla 8-3:** Datos de las pruebas de Consistencia después de la optimización.

n	Pulper Desfibrado	Pulper Descarga	Pera	Tina Virgen	Depurador ADS	Clasificador Horizontal Centrifugo	Caja de Nivel 1	Celdas de destintado	Espesador	Tanque máquina	Refinador	Caja de Nivel 2	Caja de Entada	Silo	Agua Blanca
1	13,87	6,03	3,60	3,55	3,09	2,06	1,26	1,00	1,40	3,32	3,12	3,35	0,19	0,49	0,19
2	15,12	5,27	3,65	3,30	3,05	2,10	1,05	1,16	1,69	3,10	3,01	3,08	0,20	0,50	0,14
3	14,89	5,75	4,29	3,35	3,12	2,00	1,00	1,20	1,73	3,10	3,53	3,32	0,13	0,49	0,27
4	15,00	5,56	3,75	3,39	2,60	1,83	1,14	1,25	1,68	3,31	3,46	3,00	0,15	0,47	0,28
5	14,41	6,02	4,10	3,40	3,04	2,18	1,31	1,03	1,76	3,05	3,09	3,63	0,18	0,53	0,20
6	14,35	6,24	4,02	3,53	2,91	2,00	1,18	1,09	1,44	3,47	3,85	3,71	0,10	0,50	0,27
7	13,97	5,39	4,13	3,42	2,98	1,85	1,09	1,30	1,83	3,42	3,13	3,94	0,20	0,48	0,16
8	14,35	5,07	4,27	3,51	3,35	2,17	1,29	0,96	1,48	3,23	3,00	3,84	0,15	0,52	0,16
9	14,21	5,38	4,35	3,25	3,41	2,05	1,13	0,94	1,38	3,14	3,87	3,75	0,19	0,51	0,18
10	14,68	6,17	4,01	3,41	2,75	1,95	1,12	1,10	1,43	3,40	3,33	3,16	0,12	0,52	0,13
11	14,55	5,51	4,06	3,48	3,20	2,29	1,40	1,28	1,50	3,44	3,38	3,87	0,14	0,48	0,21
12	15,20	5,74	3,60	3,54	2,92	2,15	1,33	1,11	1,42	3,32	3,47	3,60	0,17	0,55	0,21
13	14,45	5,98	3,84	3,60	3,09	2,11	1,26	1,17	1,63	3,25	3,48	3,62	0,15	0,53	0,11
14	15,29	5,74	3,79	3,30	3,29	2,19	1,10	1,18	1,47	3,25	3,79	3,72	0,18	0,46	0,26
15	14,56	6,12	4,16	3,56	3,19	2,04	1,04	1,27	1,42	3,34	3,28	3,18	0,16	0,53	0,11
16	14,95	5,46	3,66	3,35	2,74	1,85	1,00	1,09	1,80	3,34	3,12	3,61	0,12	0,56	0,24
17	13,88	6,15	4,35	3,58	3,35	2,16	1,27	1,10	1,76	3,04	3,05	3,41	0,20	0,49	0,12
18	14,50	6,35	3,83	3,56	2,50	1,70	1,32	1,00	1,78	3,11	3,15	3,33	0,18	0,56	0,12
19	13,82	5,71	4,45	3,52	3,31	2,35	1,17	1,22	1,60	3,40	3,21	3,07	0,19	0,52	0,22
20	14,63	6,07	3,86	3,40	2,90	1,93	1,07	1,25	1,31	3,43	3,68	3,40	0,20	0,53	0,26
<b>Promedio</b>	<b>14,53</b>	<b>5,79</b>	<b>3,99</b>	<b>3,45</b>	<b>3,04</b>	<b>2,05</b>	<b>1,18</b>	<b>1,14</b>	<b>1,75</b>	<b>3,27</b>	<b>3,35</b>	<b>3,48</b>	<b>0,17</b>	<b>0,46</b>	<b>0,19</b>

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

### 3.2.5.2 Datos Adicionales

- Datos antes de la optimización.

**Tabla 9-3:** Datos de materia prima y producción antes de la optimización.

<b>n</b>	<b>Materia Prima (TPD)</b>	<b>Producción (TPD)</b>
1	27,51	19,58
2	26,95	20,24
3	19,79	13,21
4	20,28	15,10
5	33,59	24,46
6	29,40	21,53
7	30,40	22,26
8	26,32	19,38
9	26,07	18,20
10	28,92	20,44
<b>Promedio</b>	<b>26,92</b>	<b>19,44</b>

Fuente: FAVALLE Departamento de Producción, 2018.

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

- Datos de Precio del Producto

**Tabla 10-3:** Datos de precio de papel tissue (papel higiénico).

<b>Parámetro</b>	<b>Valor (\$/Ton)</b>
Precio del papel tissue	1418

Fuente: FAVALLE Departamento de Producción, 2018.

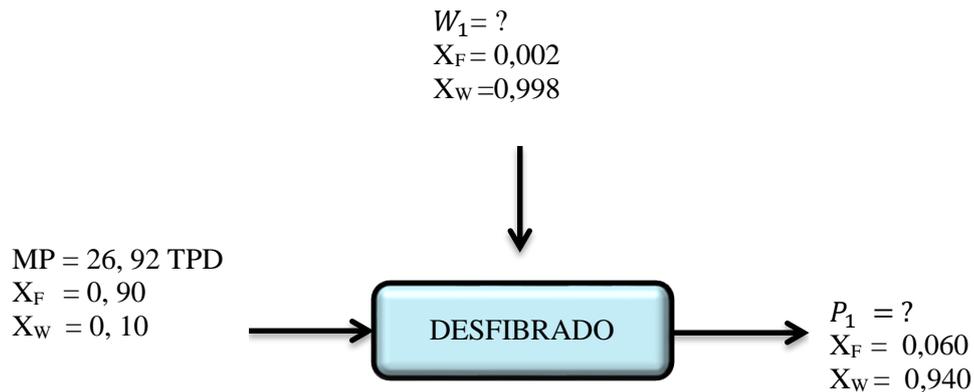
Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

### 3.2.6 Cálculos de Ingeniería

#### 3.2.6.1 Balance de masa

##### 3.2.6.1.1 Balances individuales para cada operación unitaria del proceso

➤ Balance en el Pulper hélico



#### Balance General

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$MP + W_1 = P_1$$

$$26,92 + W_1 = P_1$$

#### Balance para el Agua

$$MP * X_W + W_1 * X_W = P_1 * X_W$$

$$26,92(0,100) + W_1(0,998) = (26,92 + W_1) * (0,940)$$

$$2,692 + W_1(0,998) = 25,305 + W_1(0,940)$$

$$22,613 = W_1(0,940)$$

$$W_1 = 389,879 \text{ TPD}$$

Balance para la Fibra

$$26,92 + W_1 = P_1$$

$$P_1 = 416,799 \text{ TPD}$$

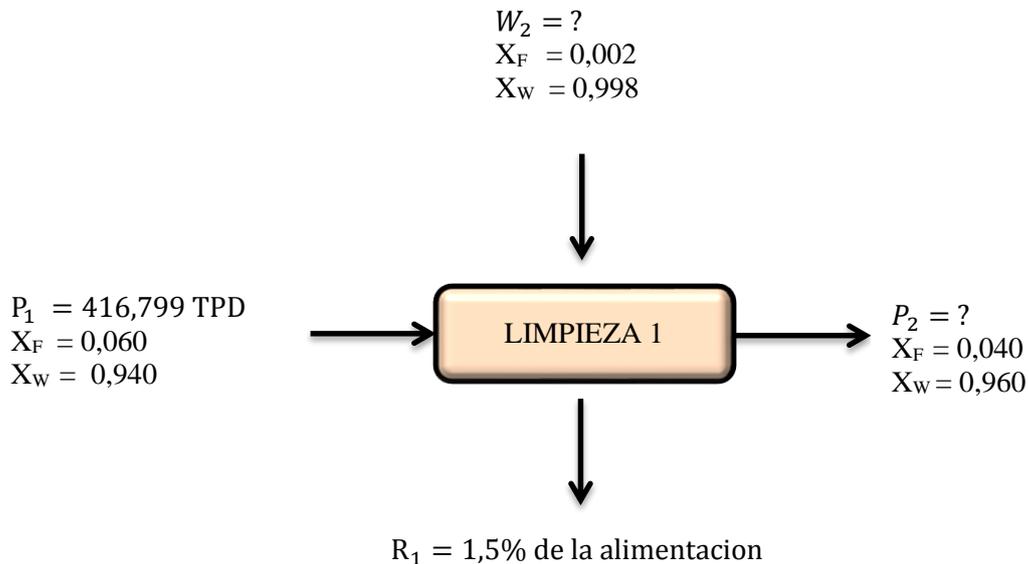
**Tabla 11-3:** Resultados del balance en el Pulper hélico.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
MP	Materia Prima(papel reciclado)	26,92	TPD
$W_1$	Agua	389,879	TPD
$P_1$	Producto del Pulper Hélico	416,799	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en la Pera

Para la determinación de los rechazos se considera si estos son en seco o en la misma consistencia de la pasta que fue alimentada al equipo. En este caso la basura es gruesa y el cálculo se lo hace en seco



Balance para el rechazo

$$R_1 = \text{Peso de pasta entrada} * \frac{\% \text{taza de rechazo}}{100} * \frac{\% \text{Consistencia}}{100}$$

$$R_1 = 416,799 * \frac{1,5}{100} * \frac{6}{100}$$

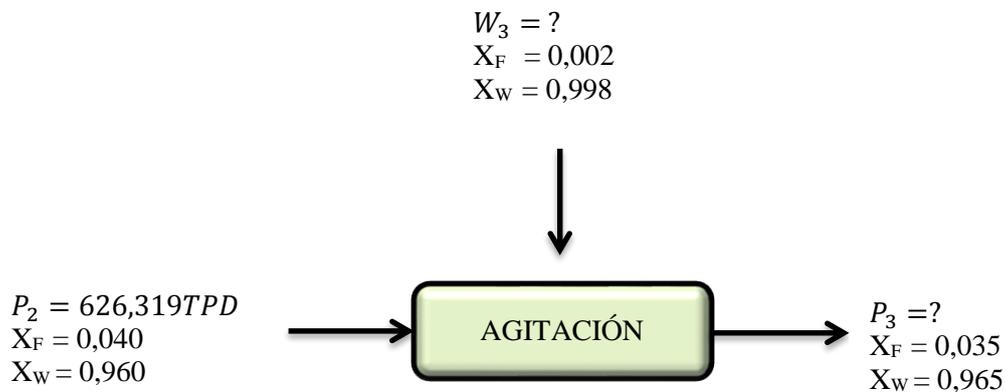
$$R_1 = 0,375 \text{ TPD}$$

**Tabla 12-3:** Resultados del balance en la Pera.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_1$	Producto del Pulper Hélico	416,799	TPD
$W_2$	Agua	209,895	TPD
$P_2$	Producto de la Pera	626,319	TPD
$R_1$	Rechazos(basura gruesa)	0,375	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en la Tina virgen



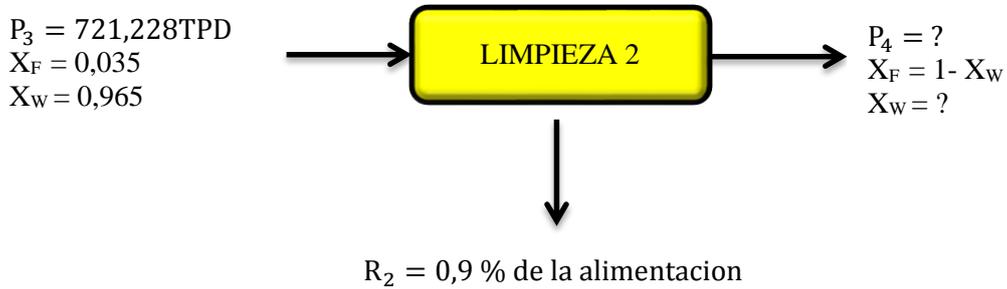
**Tabla 13-3:** Resultados del balance en la Tina virgen.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_2$	Producto del pera	626,319	TPD
$W_3$	Agua	94,909	TPD
$P_3$	Producto en la Tina Virgen	721,228	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en el Limpiador ciclónico de alta densidad.

En este equipo los rechazos son separados en seco.



**Tabla 14-3:** Resultados del balance en el Limpiador ciclónico de alta densidad.

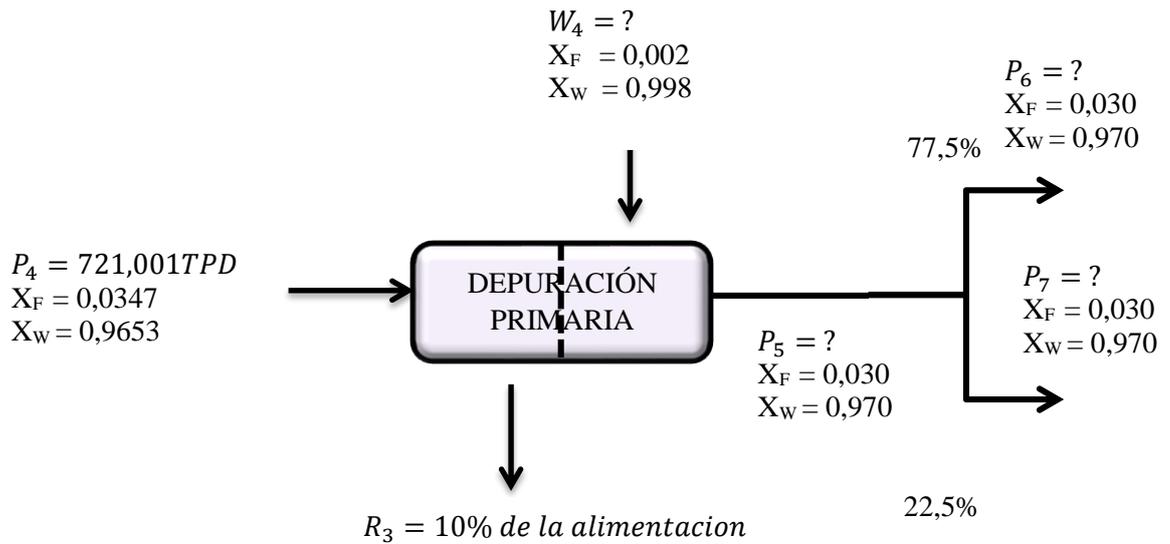
FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_3$	Producto de la Tina Virgen	721,228	TPD
$P_4$	Producto del LCA	721,001	TPD
$X_F$	Consistencia a la salida del LCA	0,0347	TPD
$R_2$	Rechazos del LCA (basura fina)	0,227	TPD

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

➤ Balance en el Depurador ADS

En este equipo se consideró que el mismo posee dos cámaras en su interior por tanto se realizaron los balances en cada una de sus partes, considerando las entradas y salidas distribuidas en el siguiente diagrama. Para el cálculo de los rechazos se considera la pasta tal cual como fue alimentada.

El flujo de salida del Depurador ADS se divide en 2: la una se distribuye con un 22,5 % hacia el Limpiador Centrífugo Horizontal y la otra con 77,5 que corresponde a la pasta aceptada hacia un tanque de recepción.



$$R_3 = \text{Peso de pasta entrada} * \frac{\% \text{taza de rechazo}}{100}$$

$$R_1 = 721,001 * \frac{10}{100}$$

$$R_1 = 72,100 TPD$$

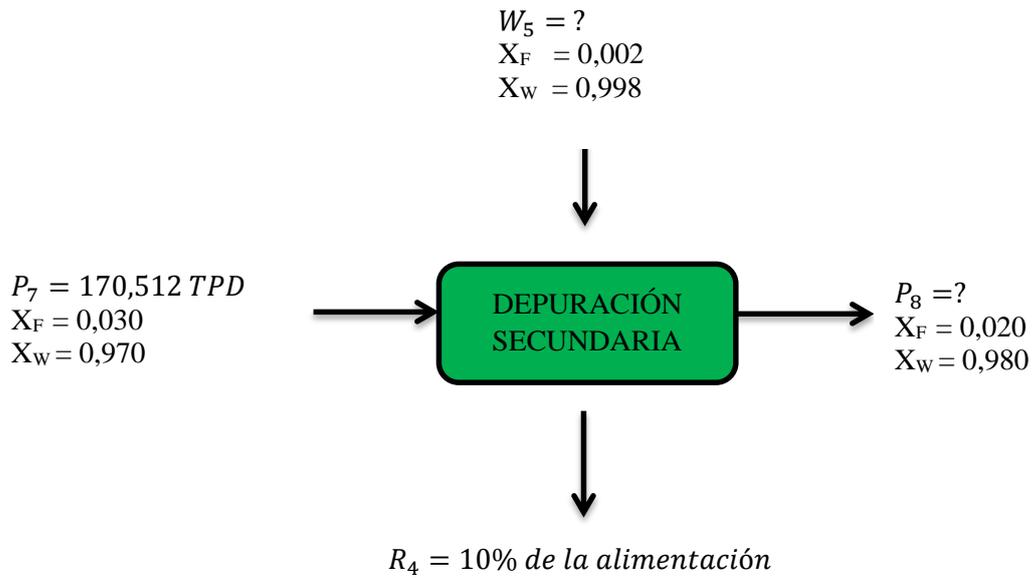
**Tabla 15-3:** Resultados del balance en el Depurador ADS.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_4$	Producto del LCA	721,001	TPD
$R_3$	Rechazos del Depurador ADS	72,100	TPD
$W_4$	Agua	108,929	TPD
$P_5$	Producto del Depurador ADS	757,83	TPD
$P_6$	Pasta aceptada del Depurador ADS	587,318	TPD
$P_7$	Pasta rechazada del Depurador ADS	170,512	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en el Clasificador horizontal centrífugo

Los rechazos son eliminados en dilución tal cual como la pasta fue alimentada al equipo.

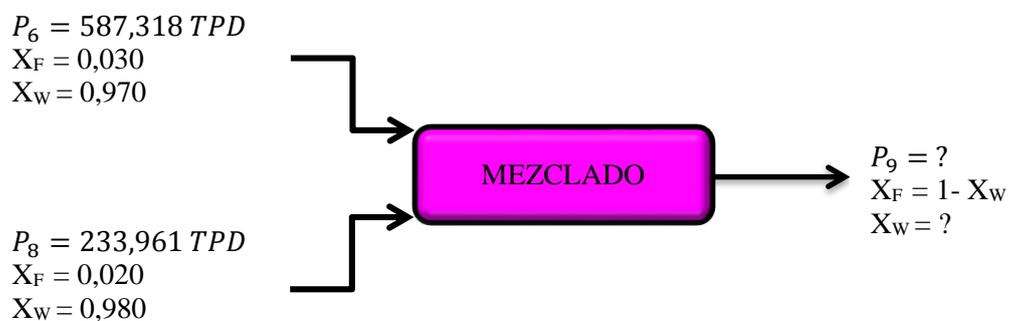


**Tabla 16-3:** Resultados del balance en el Clasificador horizontal centrífugo.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_7$	Pasta rechazada del Depurador ADS	170,512	TPD
$W_5$	Agua	80,5	TPD
$P_8$	Producto del Limpiador Centrifugo Horizontal	233,961	TPD
$R_4$	Rechazos del Limpiador Centrifugo Horizontal	17,051	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en el Tanque receptor de pasta

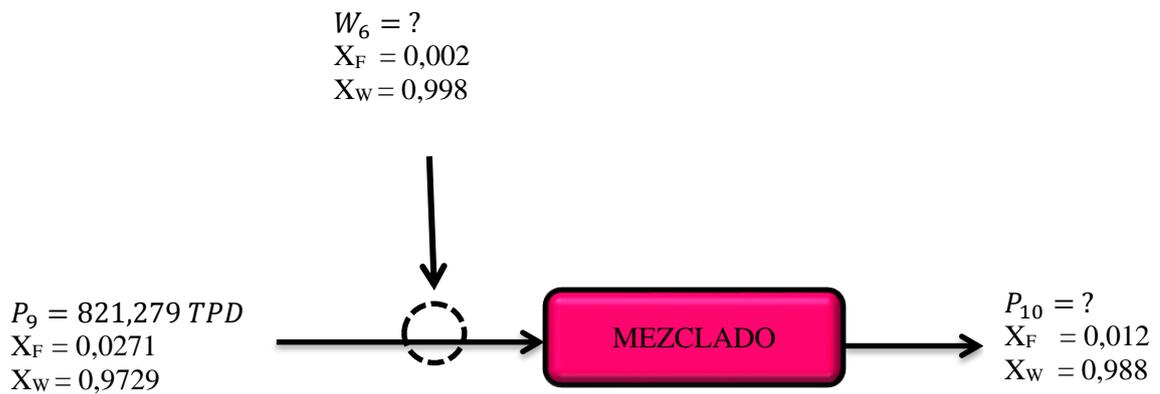


**Tabla 17-3:** Resultados del balance en el Tanque receptor de pasta.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_6$	Pasta aceptada del Depurador ADS	587,318	TPD
$P_8$	Producto del Limpiador Centrífugo Horizontal	233,961	TPD
$P_9$	Producto del Tanque	821,279	TPD
$X_F$	Consistencia a la salida del Tanque	2,710	TPD
$X_W$	Porcentaje de agua en el flujo de salida	97,290	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en la Caja de nivel 1



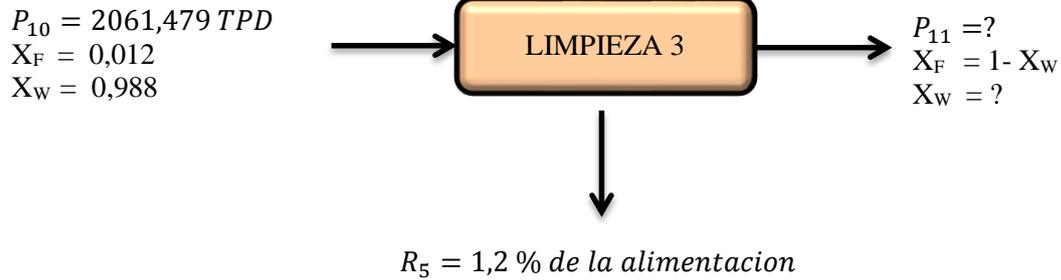
**Tabla 18-3:** Resultados del balance en la Caja de nivel 1.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_9$	Producto del Tanque	821,279	TPD
$W_6$	Agua	1240,2	TPD
$P_{10}$	Producto del Tanque	2061,479	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en el Limpiador de baja consistencia

Los rechazos se consideran en seco.



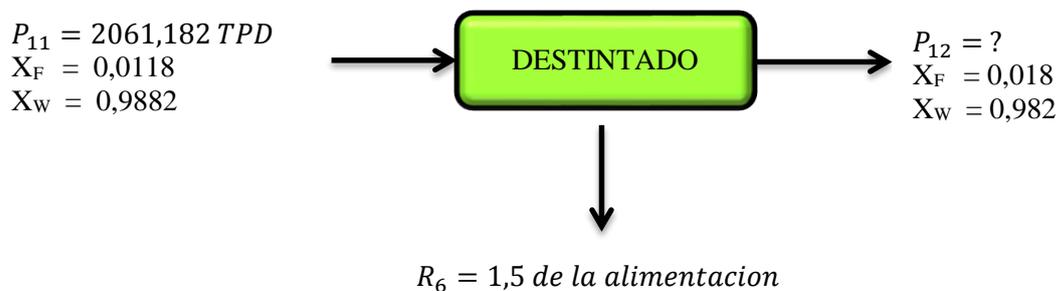
**Tabla 19-3:** Resultados del balance en el limpiador de baja consistencia.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{10}$	Producto del Tanque	2061,479	TPD
$P_{11}$	Producto del LBC	2061,182	TPD
$X_F$	Consistencia a la salida del LBC	1,180	TPD
$X_W$	Porcentaje de agua en el flujo de salida del LBC	98,820	TPD
$R_5$	Rechazos del LBC (basura fina)	0,297	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en las Celdas de destintado

En la determinación de los rechazos se considera en seco, gran cantidad de agua se queda acumulada en el equipo.

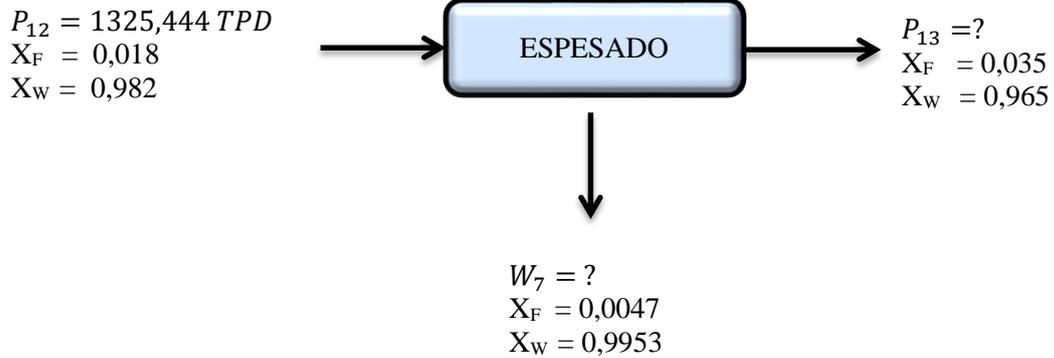


**Tabla 20-3:** Resultados del balance en las Celdas de destintado.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{11}$	Producto del LBC	2061,182	TPD
$P_{12}$	Producto de las Celdas de Destintado	1325,444	TPD
$R_6$	Rechazos de las Celdas de Destintado (espuma y tinta)	735,738	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en el Espesador

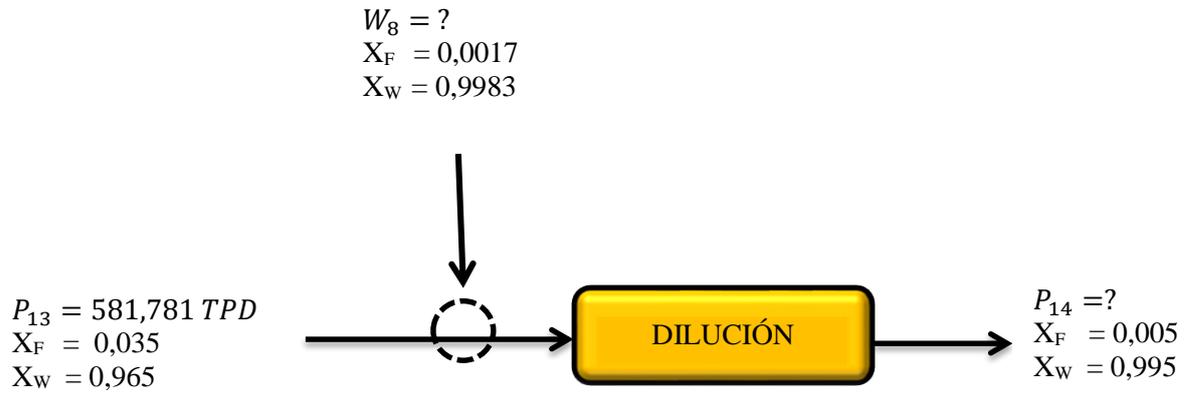


**Tabla 21-3:** Resultados del balance en el Espesador.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{12}$	Producto de las Celdas de Destintado	1325,444	TPD
$P_{13}$	Producto del Espesador	581,781	TPD
$W_7$	Agua	743,663	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en la bomba Fam



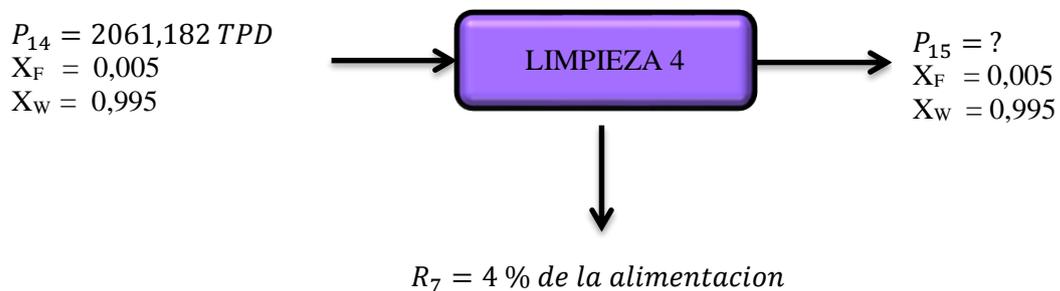
**Tabla 22-3:** Resultados del balance en la bomba Fam.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{13}$	Producto del Espesador	581,781	TPD
$P_{14}$	Producto de la Bomba Fam	6399,781	TPD
$W_8$	Agua	5818	TPD

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

➤ Balance en el Depurador vertical (SCREEN)

Los rechazos salen en la misma consistencia de la pasta que fue alimentada al equipo.

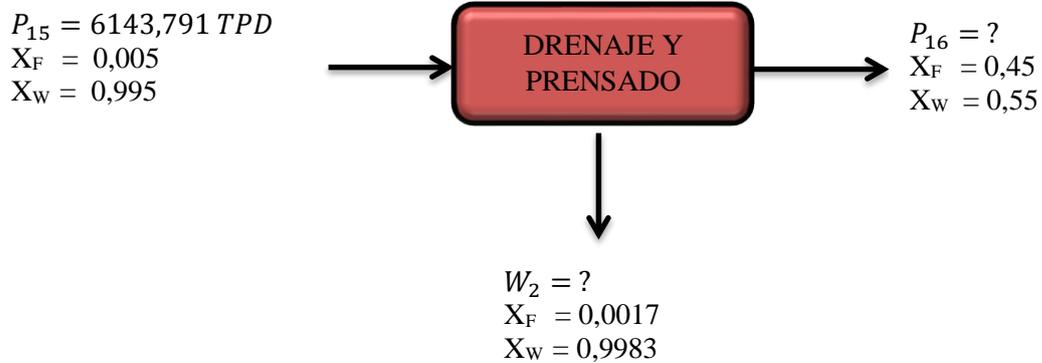


**Tabla 23-3:** Resultados del balance en el depurador vertical SCREEN.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{14}$	Producto de la Bomba Fam	6399,781	TPD
$P_{15}$	Producto del SCREEN	6143,791	TPD
$R_7$	Rechazos del SCREEN	255,99	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en la mesa de formación y Prensado



**Tabla 24-3:** Resultados del balance en la mesa de formación y Prensado.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{15}$	Producto del SCREEN	6143,791	TPD
$P_{16}$	Papel proveniente del prensado	45,225	TPD
$W_8$	Agua	6098,566	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

➤ Balance en el Yanque

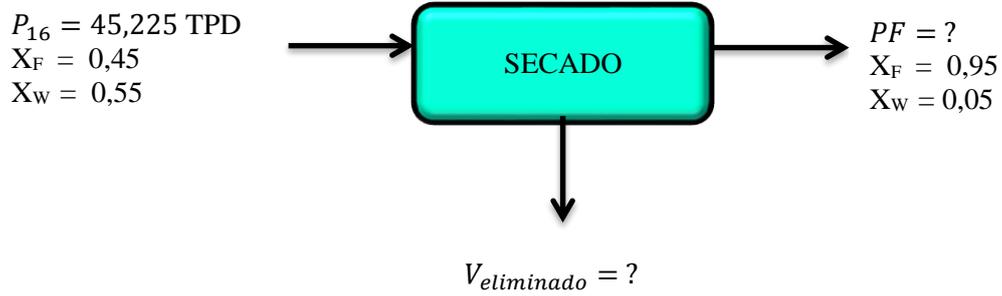
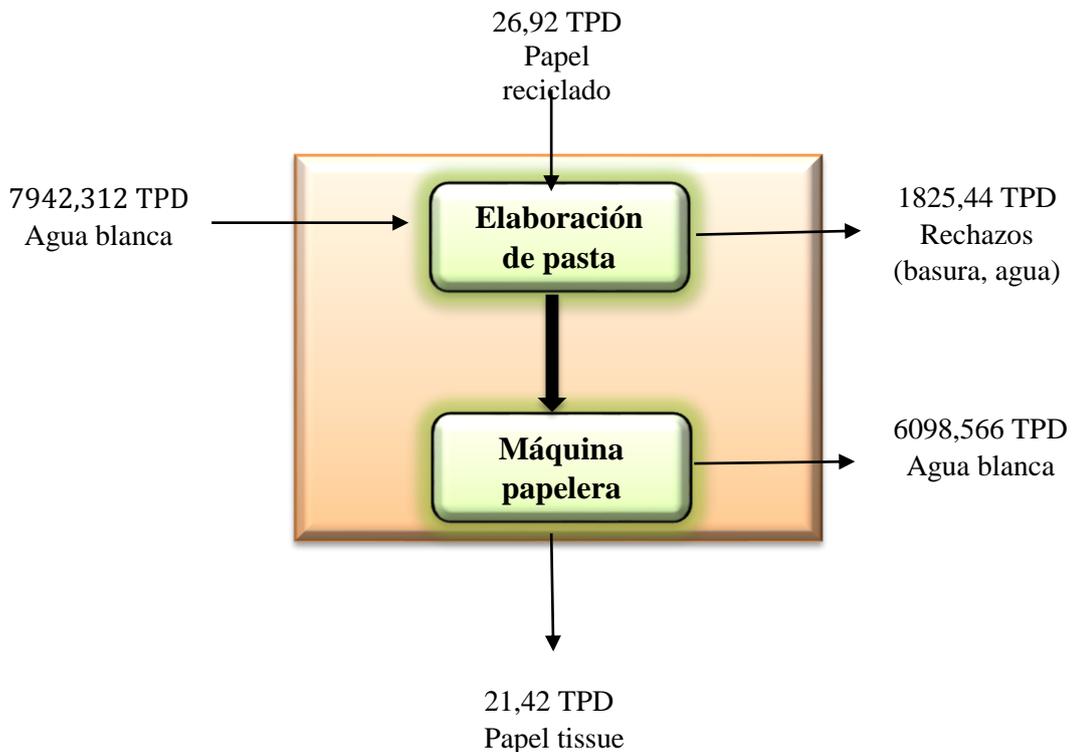


Tabla 25-3: Resultados del balance en el Yanque.

FLUJO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{16}$	Papel proveniente del prensado	45,225	TPD
$V_{eliminada}$	Vapor eliminado	23,803	-
PF	Producto Final (papel tissue)	21,422	TPD

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

3.2.6.1.2 Balance global del proceso



### 3.2.6.2 Cálculo para el consumo de agua

- Cálculo para el consumo diario de agua

$$\text{Consumo total de agua} = \sum \text{Entradas de agua al proceso}$$

$$\text{Consumo total de agua} = 7942,312 \text{ TPD}$$

- Cálculo para el requerimiento de agua por tonelada de materia prima.

$$\frac{26,9 \text{ ton materia prima}}{1 \text{ ton materia prima}} = \frac{7942,312 \text{ ton agua}}{X}$$

$$X = \frac{1 * 7942,312}{26,9}$$

$$X = 295,25 \frac{\text{ton de agua}}{\text{ton de materia prima}}$$

### 3.2.6.3 Cálculo para la eficiencia del proceso

#### 3.2.6.3.1 Eficiencia del proceso antes de la optimización

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción}}{\text{Materia prima}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{19,44}{26,92} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 72\%$$

#### 3.2.6.3.2 Eficiencia del proceso obtenido en la optimización (balance de masa).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción}}{\text{Materia prima}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{21,42}{26,92} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 80 \%$$

### 3.2.6.4 Cálculo para la Resistencia a la rotura por tracción

$$955 \frac{gf}{50mm} * \frac{1Kgf}{1000gf} * \frac{1000mm}{1m} * \frac{9,807 N}{1 Kgf} = 187,314 \frac{N}{m}$$

### 3.2.6.5 Tablas de Resultados

#### Balances de Masa

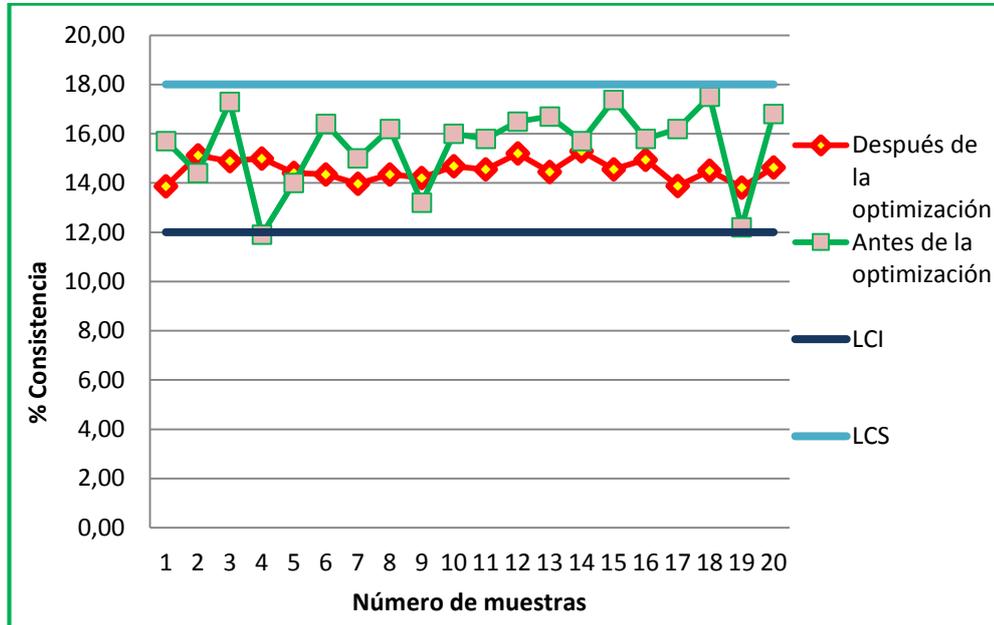
**Tabla 26-3:** Resultados totales de los Balances de masa.

OPERACIÓN/EQUIPO	ENTRADA (TPD)		SALIDA (TPD)	
	PASTA	AGUA	PASTA	RECHAZOS
<b>Desfibrado</b>	26,92	389,879	416,799	-
<b>Limpieza 1</b>	416,799	209,895	626,319	0,375
<b>Agitación</b>	626,319	94,909	721,228	-
<b>Limpieza 2</b>	721,228	-	721,001	0,227
<b>Depuración Primaria</b>	721,228	108,929	757,83	72,100
<b>Depuración Secundaria</b>	170,512	80,5	233,961	17,051
<b>Mezclado</b>	587,318 233,961	-	821,279	
<b>Mezclado</b>	821,279	1240,2	2061,479	-
<b>Limpieza 3</b>	2061,479	-	2061,182	0,297
<b>Destintado</b>	2061,182	-	1325,444	735,738
<b>Espesado</b>	1325,444	-	581,781	743,663
<b>Dilución</b>	581,781	5818	6399,781	-
<b>Limpieza 4</b>	6399,781	-	6143,791	255,99
<b>Drenaje/Prensado</b>	6143,791	-	45,225	6098,566
<b>Secado</b>	45,225	-	21,422	23,803

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

✚ Comparación de la consistencia: Condiciones actuales Vs Condiciones de prueba.

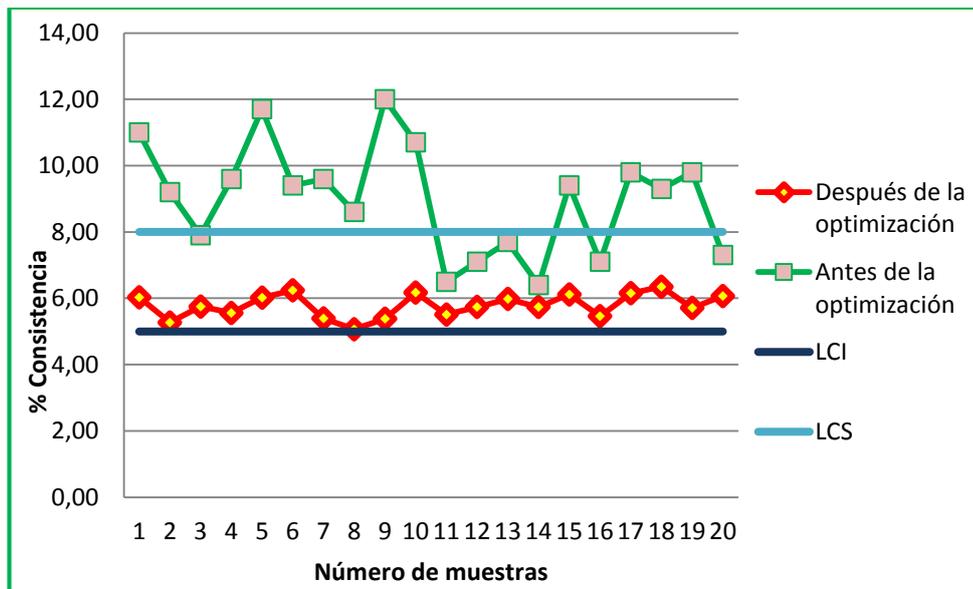
a) Desfibrado



**Gráfica 1-3:** Comparación de la consistencia en el desfibrado.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

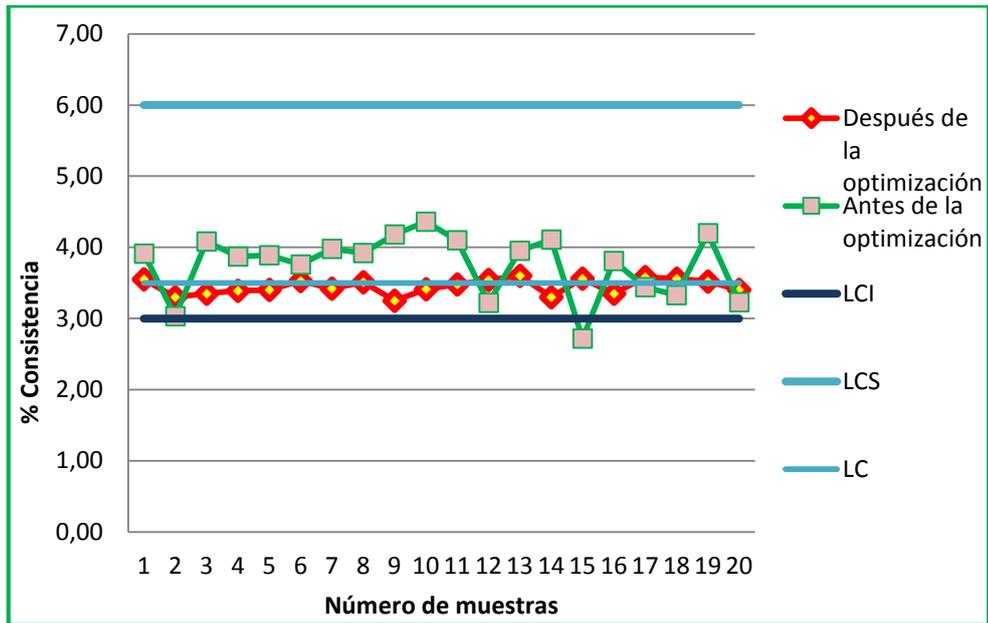
b) Descarga del pulper



**Gráfica 2-3:** Comparación de la consistencia en la descarga del Pulper.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

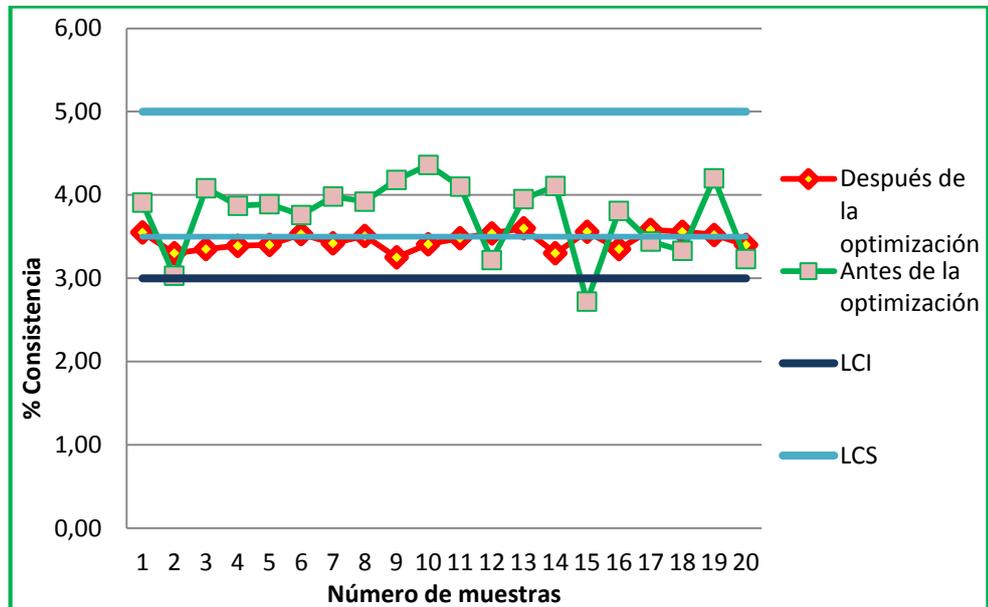
c) Limpiador ciclónico de alta densidad



**Gráfica 3-3:** Comparación de la consistencia en la entrada del Limpiador ciclónico de alta densidad.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

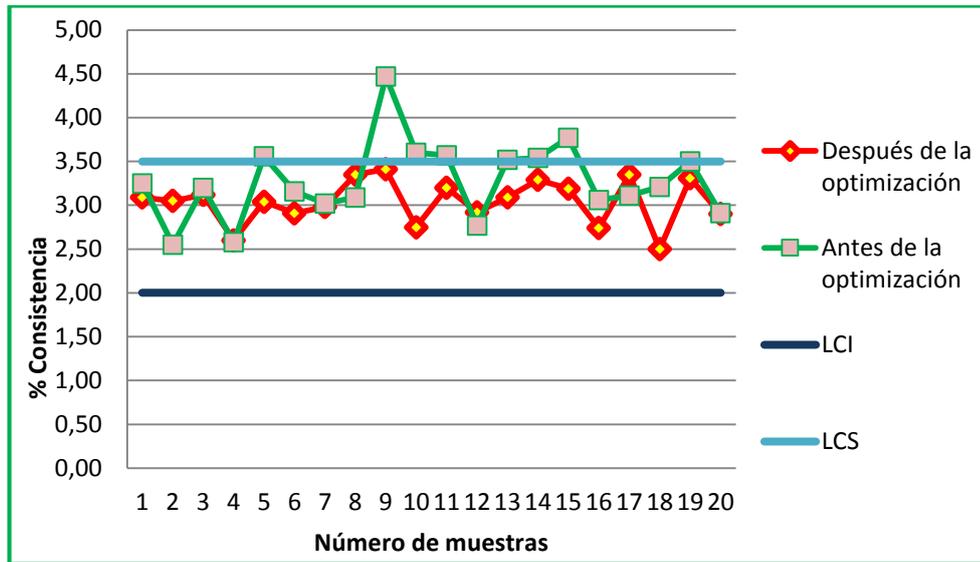
d) Depurador ADS



**Gráfica 4-3:** Comparación de la consistencia en la entrada del Depurador ADS.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

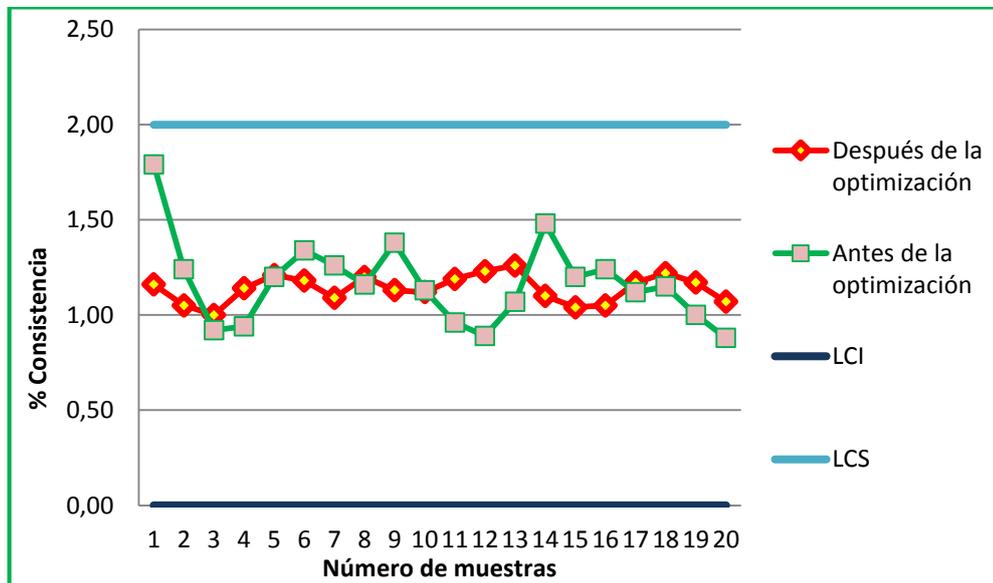
e) Limpiador horizontal centrífugo



**Gráfica 5-3:** Comparación de la consistencia en la entrada del Limpiador horizontal centrífugo.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

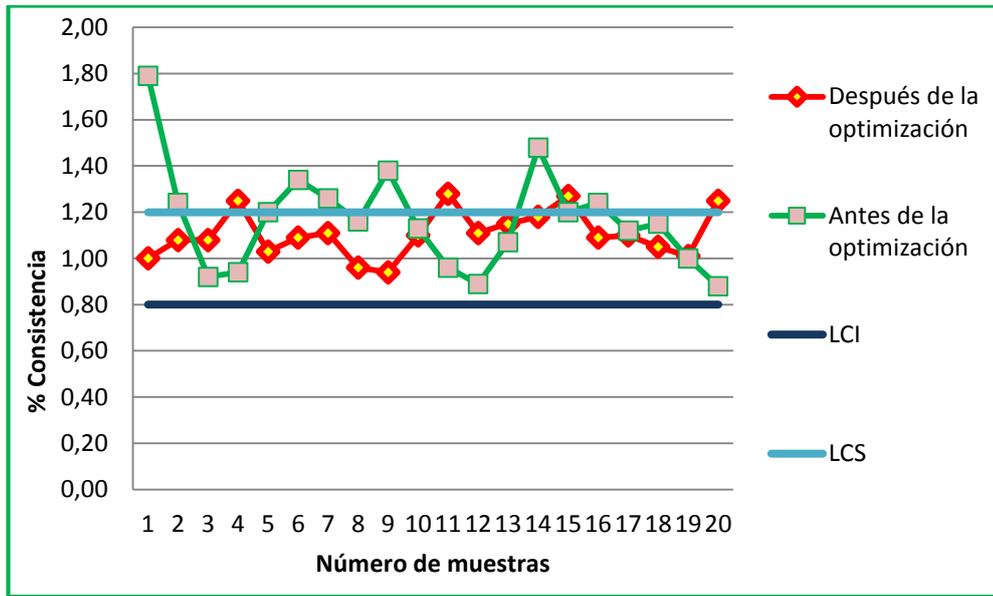
f) Limpiador de baja consistencia



**Gráfica 6-3:** Comparación de la consistencia en el Limpiador de baja consistencia.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

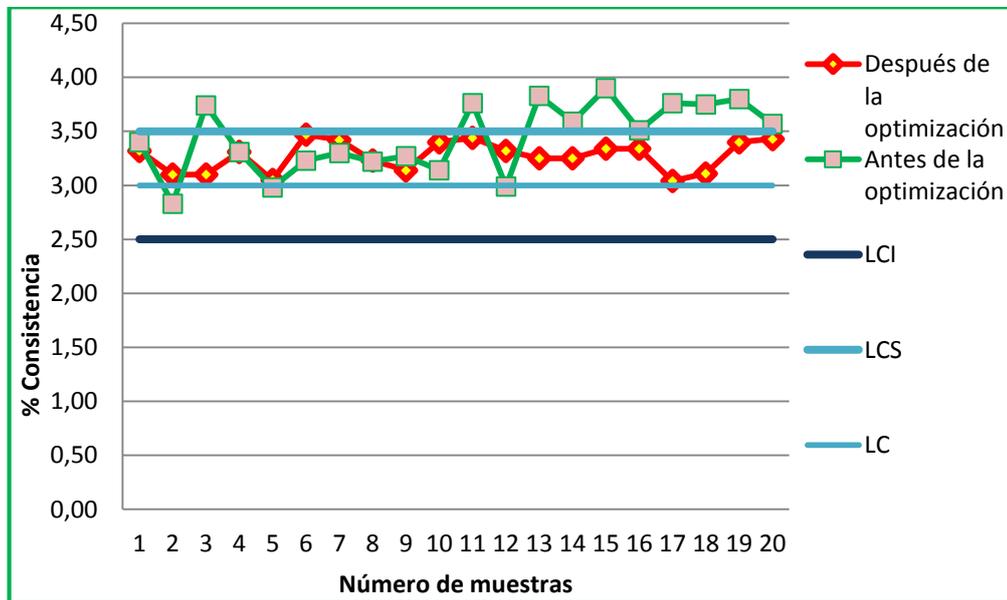
g) Celdas de destintado



**Gráfica 7-3:** Comparación de la consistencia en las Celdas de destintado.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

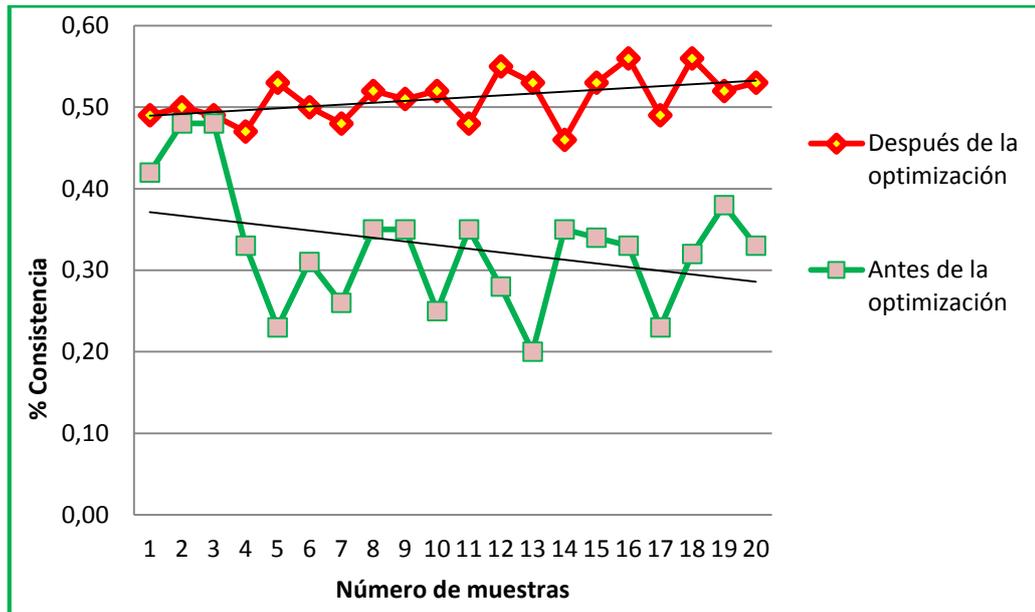
h) Tanque máquina



**Gráfica 8-3:** Comparación de la consistencia en el Tanque máquina.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

i) Caja de Entrada



**Gráfica 9-3:** Comparación de la consistencia en la Caja de entrada.

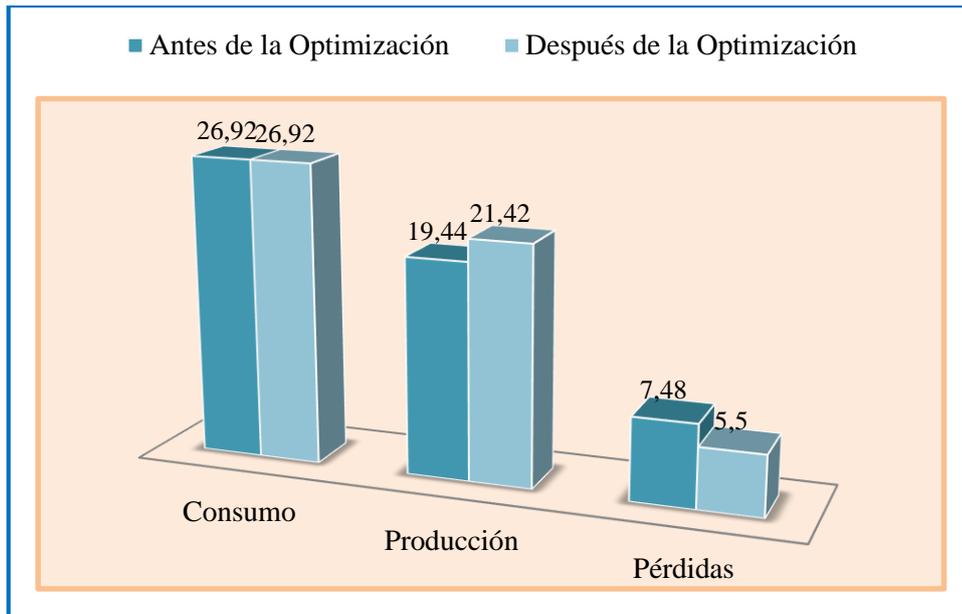
Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

✚ Consumo, producción y pérdidas antes y después de la optimización

**Tabla 27-3:** Resultados antes de la optimización y después de la optimización.

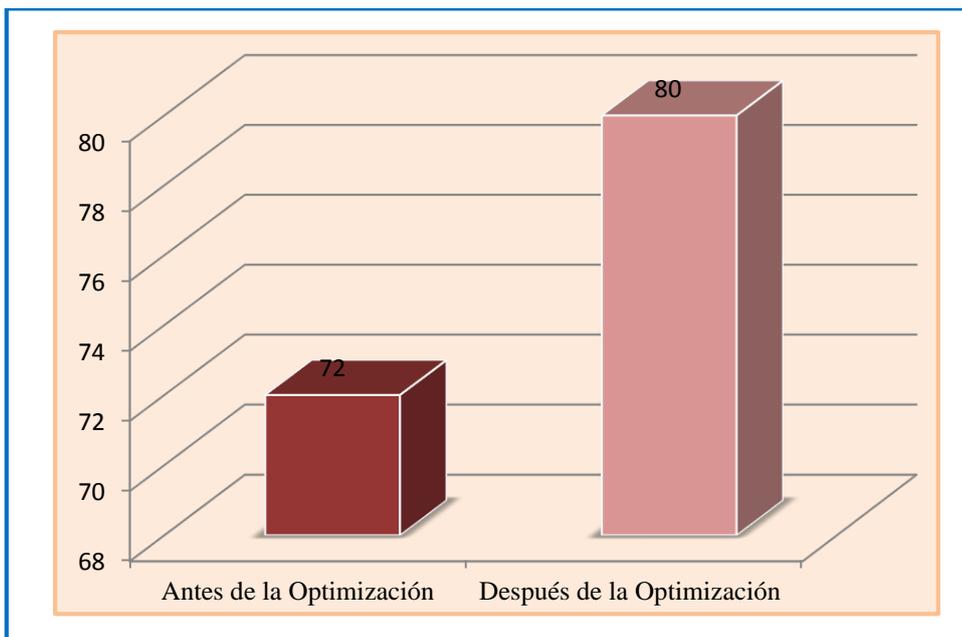
PARAMETRO	Antes de la Optimización (Departamento de Producción)	Después de la Optimización (Balance de Masa)	Unidad
Consumo	26,92	26,92	TPD
Producción	19,44	21,42	TPD
Pérdidas	7,48	5,5	TPD
Eficiencia	72	80	%

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.



**Gráfica 10-3:** Comparación de consumo, producción y pérdidas antes y después de la optimización.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.



**Gráfica 11-3:** Comparación de la eficiencia antes y después de la optimización.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

 Análisis de Costo/Beneficio

**Tabla 28-3:** Resultados del análisis de costo/beneficio.

Parámetro	Cantidad	Valor
Papel recuperado	1,98	TPD
Ganancia	2807,64	\$
Ganancia mensual	84229,2	\$

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

 Análisis de Calidad

**Tabla 29-3:** Resultados del análisis de calidad antes y después de la optimización.

Parámetro	Antes de la optimización	Después de la Optimización	Unidad
Gramaje	16,32	19,65	g/m <sup>2</sup>
Ancho	260	260	cm
Calibre	0,0968	0,097	plg/24h
RLS	692,2	955	gf/50mm(10h)
RTS	601,6	720	gf/50mm(10h)
Relación	1,2	1,32	-
Elongación	26,64	25,33	%
Crepado	17	17	%
Blancura	74,946	79,58	°ISO
Puntos totales	1069,4	722	-
Tiempo de absorción	-	38	s

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

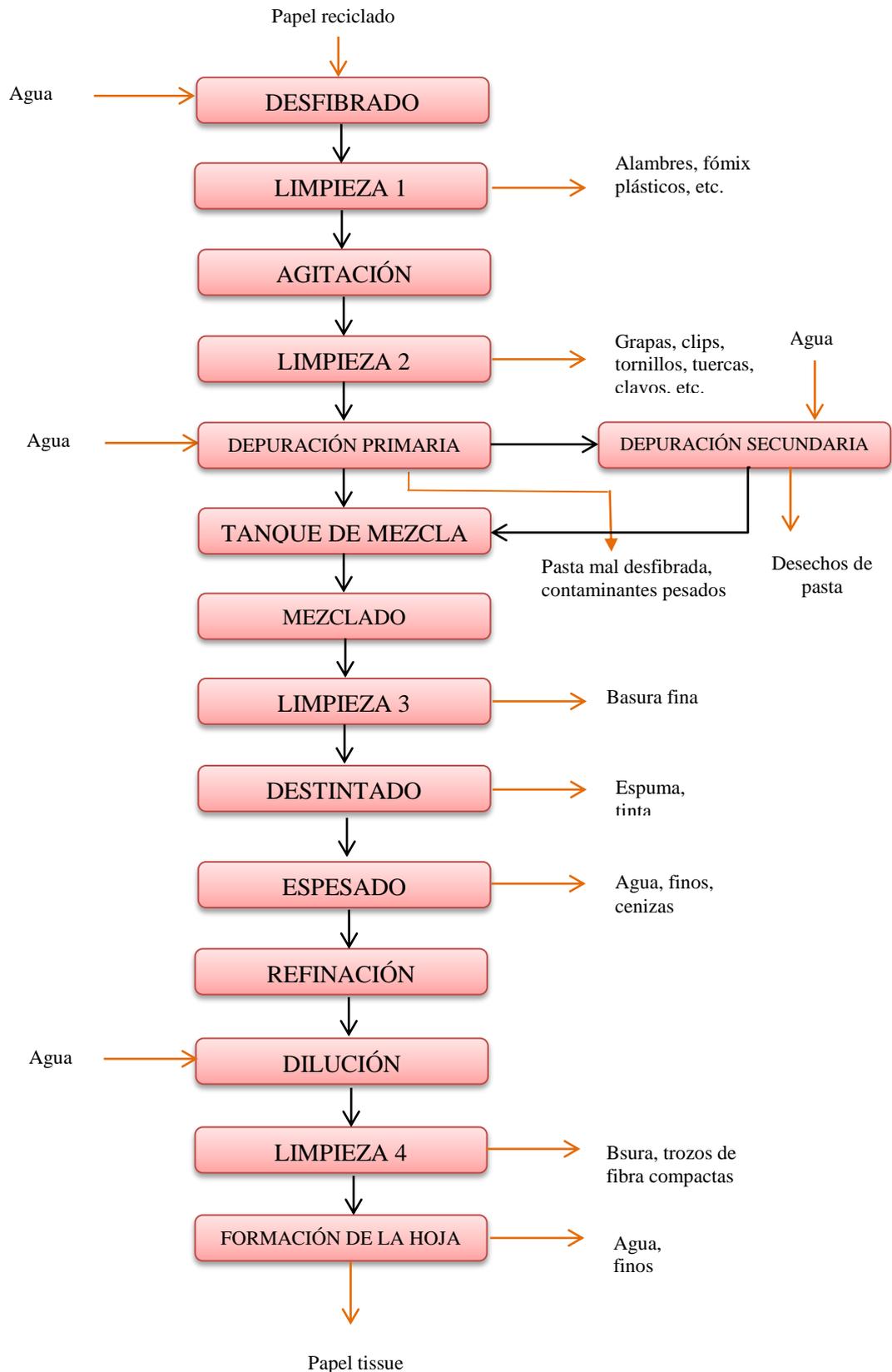
**Tabla 30-3:** Cuadro comparativo de la Calidad del papel con la norma INEN 1430.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Medido</b>	<b>Valor en la Norma INEN 1430</b>	<b>Unidad</b>
Gramaje	19,65	19	g/m <sup>2</sup>
Resistencia a la rotura por tracción longitudinal	187,314	Mín. 50	N/m
Tiempo de absorción	38	Máx. 50	s

**Realizado por:** Silvana Vásquez, 2018.

### 3.3 Proceso de Producción

#### 3.3.1 Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de papel Tissue.



**Diagrama 1-3:** Proceso de elaboración de papel tissue en la Empresa FAVALLE.

Realizado por: Silvana Vásconez, 2018.

### 3.3.2 Propuesta

Para lograr la optimización la empresa deberá realizar su proceso productivo de una manera controlada, especialmente en aquellas operaciones encargadas de limpiar o depurar la pasta; para ello es preciso plantear las siguientes indicaciones:

La alimentación de materia prima en el Pulper Hélico no deberá exceder de 1500 Kg, debido a que sobrecargarlo ocasiona que no se obtenga un correcto desfibrado.

Controlar la cantidad de agua que ingresa al Pulper mediante la instalación de: medidores de consistencia, caudalímetros o sensores de caudal.

Colocar manómetros en las tuberías de entrada y salida del Limpiador centrifugo de alta consistencia, Depurador ADS y el Clasificador horizontal CH3; debido a que es importante controlar la caída de presión que existe en estos equipos.

Para controlar la consistencia en tuberías cerradas como es el caso a la salida de la Bomba Fam y a la entrada de las celdas de destintado, se prevé la instalación de medidores de consistencia del tipo rotativo.

Para controlar la consistencia en la Caja de nivel 1 se propone instalar un medidor de consistencia de tipo microondas similar al que ya consta en la Caja de nivel 2.

### 3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Para el desarrollo del presente proyecto técnico se dispuso de los siguientes requerimientos de tecnología y equipos:

**Tabla 31-3:** Instrumentación a emplearse en el desarrollo del proyecto técnico.

Instrumentos	Cantidad	Función	Unidades
Cronómetro	1	Medidor de Tiempo	s
Recipientes para tomar muestras de 250 cm <sup>3</sup>	5	Medidores de Volumen	cm <sup>3</sup>
Recipientes medidores de 100 g	2	Medidores de Masa	g
Pipeta	1	Medidor de Volumen	cm <sup>3</sup>

Realizado por: Silvana Vásquez, 2018.

**Tabla 32-3:** Equipos a emplearse en el desarrollo del proyecto técnico.

<b>Equipos</b>	<b>Determinación</b>	<b>Cantidad</b>
Estufa	% Humedad	1
Mufla	% Ceniza	1
Balanza	Pesos	1
Guillotina	Cortes de papel	1
Canadian Freeness	Grado de drenabilidad	1
Tensiómetro	Resistencia a la tensión	1
Thickness Tester	Espesor del papel	1

**Realizado por:** Silvana Vásconez, 2018.

### **3.5 Análisis y discusión de los resultados**

Trabajando con 1500 Kg de materia prima en el Pulper y un tiempo de desfibrado de 14 min se obtiene una consistencia de aproximadamente 15%. Como se puede observar en la gráfica 1-3 las consistencias medidas durante la prueba de optimización presentan menos variación y dentro del rango permisible para esta operación; en comparación con las consistencias antes de la optimización donde se ve claramente que los valores tienen más variación entre ellos y algunos puntos se encuentra fuera de los límites de control.

Durante el control de la descarga del Pulper Hélico se logró trabajar con unos valores de consistencia estables dentro de los límites de control establecidos para la operación como se puede apreciar en la gráfica 2-3. En la gráfica 3-3 para la entrada al limpiador ciclónico de alta densidad se tiene una línea central, se observa que los puntos se encuentran cercanos o entre la línea, excepto en algunos lo que puede deberse a los cambios de producción de la planta que por ende ocasiona que se desestabilice un poco la consistencia de la pasta.

Para la secuencia de depuración primaria y secundaria no se puede controlar directamente los flujos ya que las tuberías son cerradas y todo depende al trabajo propio del equipo, más sin embargo en las gráficas 4-3, 5-3 se ve una disminución en la variación de las consistencias manteniéndose todas dentro de los límites de control superior e inferior.

En la gráfica 9-3 no existen límites de control pero aun así se observa que las consistencias dentro de la prueba de optimización para la entrada de la caja de formación son más similares

entre ellos, esto se logró debido al control de la pasta antes del ingreso a la Bomba Fam por medio de un medidor de consistencia que la empresa ya tenía instalado previamente.

Sin embargo y pese a los controles que se hizo en cuanto a la consistencia de la pasta se evidenciaron pequeñas variaciones, las mismas que son ocasionadas o se asocian a los constantes cambios de producción que realiza la empresa, ya que al realizar esto los tanques de almacenamiento de pasta no son vaciados en su totalidad debido a que no se puede parar la producción.

Luego de la optimización del proceso y la realización del balance de masa se obtuvieron los caudales de entrada, salida y rechazos para cada una de las operaciones que se realiza, expresado en TPD. Se consideró trabajar en estas unidades debido a la dificultad de encontrar un valor de flujo próximo al proceso real. En el balance se obtuvo que con una alimentación de materia prima de 26,92 TPD se obtenga 21,422 TPD de producto final (papel tissue) y una pérdida de rechazos de 5,5 TPD; lo que nos da una eficiencia del 80%.

Si consideramos los valores de producción antes de la optimización tenemos que para la misma cantidad de materia prima se obtenían 19,44 TPD de papel tissue, una pérdida de 7,48 TPD; que da una eficiencia de 72%. Al comparar estas dos eficiencias se tiene que con la propuesta de estandarización y control de la consistencia de pasta en los puntos importantes se ha logrado un aumento de esta en un 8 %.

Dentro del análisis de Control de Calidad en el papel tissue se midieron varios parámetros donde se puede diferenciar un aumento considerable en algunas características así como la disminución de los puntos negros que es un calificado de que la pasta ha mejorado en su depurado o limpieza.

Principalmente se tomó los valores del gramaje, resistencia a la rotura por tracción longitudinal y el tiempo de absorción, ya que estos requisitos se encuentran especificados en la Norma INEN 1430:2015. Papeles y cartones. Papel Higiénico. Requisitos, evidenciando que se cumple con las cuantificaciones dichas en esta norma (ver en la tabla 30-3). Cabe mencionar que para comparar la resistencia se tuvo que aplicar un factor de conversión ya que el tensiómetro en el que fue medido nos da el valor en unidades de gf/50mm (10h).

Si analizamos las ganancias económicas que esto genera a la empresa, estamos hablando de que una tonelada de papel tissue (papel higiénico) tiene un valor de \$ 1418; con la optimización se logra recuperar 1,98 TPD lo que equivale a \$2807,64 diarios.

### **3.6 Análisis de Costo/Beneficio del proyecto**

#### **3.6.1 Cálculo para la cantidad de papel recuperado**

$$\text{Papel recuperado} = PDO - PAO$$

$$\text{Papel recuperado} = 21,42 - 19,44$$

$$\text{Papel recuperado} = 1,98 \text{ TPD}$$

#### **3.6.2 Cálculo para las ganancias generadas**

$$\text{Ganancia} = \text{Precio} * \text{Papel recuperado}$$

$$\text{Ganancia} = 1418 * 1,98$$

$$\text{Ganancia} = \$ 2807,64$$

#### **3.6.3 Cálculo de ganancias para proyección mensual**

$$\text{Ganancia mensual} = \text{Ganancia} * 30 \text{ días}$$

$$\text{Ganancia mensual} = 2807,64 * 30$$

$$\text{Ganancia mensual} = \$ 84229,2$$



## CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis del actual proceso de la empresa, donde se evidenció que el trabajo que realizan los operarios es prácticamente empírico y en base a la experiencia que han adquirido en los años de trabajo; mas no existe un control o régimen establecido para cada una de las operaciones que se efectúan. Esto era principalmente en la operación de desfibrado en que no se controla la cantidad de materia prima y de agua que ingresan al Pulper.
- En el seguimiento de las variables del proceso se obtuvo, que la consistencia de la pasta en cada una de las operaciones es muy variable y en ocasiones no trabaja dentro de las especificaciones para el equipo en cuestión (véase en las gráficas de comparación de consistencia), para el tiempo de desintegración se estableció que 14 minutos es el tiempo apropiado para esta operación y en el refinado generalmente el grado freeness se da entre 300-400.
- Actualmente la empresa se encuentra en capacidad de procesar en promedio 26,9 toneladas de materia prima generando 19,44 toneladas de producto final, (véase en la tabla 27-3). En cuanto a la calidad del producto que producen, los valores no son comparados con ninguna norma, se basan en hojas de especificaciones creadas en concordancia con los records propios de la empresa (ver en anexo B).
- Se calculó la eficiencia del proceso actual donde se obtuvo una pérdida de 7,48 toneladas de materia prima lo que da una eficiencia de 72%, durante la prueba para la optimización y el posterior balance de masa se obtiene una pérdida de 5,5 dando 80% de eficiencia.
- Se implementó una propuesta de trabajo controlando la consistencia de la pasta en los puntos importantes del proceso que son: el desfibrado, las operaciones de depuración-limpieza y en la entrada a la caja de formación, los valores estándares de consistencia con los que se debe trabajar fueron investigados en los manuales de procedimientos de los equipos (ver en la tabla 1-3). Posterior a esto se hizo los cálculos mediante un balance de masa que nos dio a conocer que para procesar 1 tonelada de materia prima se necesitan 295,25 toneladas de agua.

- Se analizó la calidad del papel que se obtuvo durante la optimización, mediante la aplicación de la Norma INEN 1430:2015. Papeles y cartones. Papel higiénico. Requisitos; donde se evidenció que cumple con las especificaciones dadas en la Norma ya mencionada con un valor de gramaje de 19,65 gr/m<sup>2</sup>, resistencia de 187,314 N/m y un tiempo de absorción de 38 s.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda no sobrecargar la capacidad del Pulper, ya que ocasionaría un mal desfibrado de la materia prima; la cantidad que se debe alimentar es de 1500 Kg, considerando la receta propia de la empresa para la producción.
- Se debe capacitar a los operarios sobre la importancia de controlar el tiempo de desfibrado, ya que una disminución de tiempo ocasiona un mal desfibrado y un exceso genera gran cantidad de finos en la pasta.
- Las asistentes de Control de Calidad deben informar inmediatamente a los operarios del Pulper cuando encuentren una anomalía en los análisis de consistencia, para que así ellos puedan tomar acciones correctivas.
- Se recomienda que dentro de los parámetros que miden en el Control de Calidad se implemente el análisis de tiempo de absorción, porque la empresa elabora productos dentro de la categoría de papeles absorbentes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Landin, Pedro.** Papel tissue(fibra virgen o fibra reciclada). [En línea] 4 de 6 de 2013. [Citado el: 15 de Diciembre de 2017.] <http://pelandintecno.blogspot.com/2013/06/papel-tissue-de-fibra-virgen-o-de-fibra.html>.
2. **PAPEL AMATE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) (Residuo de beneficio húmedo).** **Aguilar, Noé, y otros, y otros.** [ed.] Universidad Autónoma Indígena de México. 3, México : s.n., junio de 2014, Ra Ximhai , Vol. 10, págs. 103-117.
3. **Tortuero, Guinea, y otros, y otros.** The National Academy of Sciences. [En línea] 20 de Abril de 2007. [Citado el: 15 de Febrero de 2018.] <https://trid.trb.org/view/990080>.
4. **Agostini, Mariano.** Celulosa & Papel. [En línea] 14 de Junio de 2008. [Citado el: 2015 de Febrero de 2018.] <http://celulosapapel.blogspot.com/2008/06/el-papel-higinico-bajo-la-lupa.html>.
5. **Instituto Ecuatoriano de Normalización.** INEN 1407 . *Papeles y cartones. Determinación del tiempo de absorción de agua.* Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 7 de Julio de 2005. págs. 1-3.
6. **Bernal, Andrés.** Repositorio ug. [En línea] 6 de Octubre de 2014. [Citado el: 2 de Marzo de 2018.] <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6612>.
7. **Fuentes, Michel y León, Cindy.** Repositorio Institucional de la Universidad de Cartagena. *Biblioteca Digital.* [En línea] 29 de Diciembre de 2012. [Citado el: 1 de Marzo de 2018.] <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/112/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>.
8. **Brito, Aliany.** Repositorio de la Universidad Central de las Villas. [En línea] 5 de Junio de 2014. [Citado el: 1 de Marzo de 2018.] <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/135/Alianny%20Brito%20P%C3%A9rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
9. *Estudio Simulado del Cclo de Agua en la Industria Papelera.* **Benítez Hernández, Agustín, Martínez Ochoa, Yamilé y Martín Juvier, Lily Beth.** 1, Santiago de Cuba : s.n., 1 de Abril de 2009, Tecnología Química, Vol. XXIX, págs. 25-31.
10. **Gómez, Carlos.** Papel banano y papel reciclado. [En línea] 2 de Febrero de 2015. [Citado el: 2 de Marzo de 2018.] <https://santarosapapelbanano.wordpress.com/2015/02/02/el-refinado-de-la-celulosa-y-la-formacion-del-papel-natural/>.

11. **Becerra, Aguilar, y otros, y otros.** Ricarcor. *Procesos de elaboración de papel para la producción de papel corrugado*. [En línea] 5 de Septiembre de 2014. [Citado el: 28 de Abril de 2018.] <http://www.redcarton-cyted.udb.edu.sv/documentos/procesoelaboracion.pdf>.

12. **Felder, Richard M. y Rousseau, Ronald W.** *Principios Elementales de los Procesos Químicos*. Tercera. México : LIMUSA WILEY, 2014. págs. 85-105.

## ANEXOS

**Anexo A** Norma INEN 1430:2015. Papel y cartones. Papel higiénico. Requisitos.



NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 1430**  
Segunda revisión  
2015-03

**PAPELES Y CARTONES. PAPEL HIGIÉNICO. REQUISITOS**

PAPER AND CARDBOARD. TOILET PAPER. REQUIREMENT

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	PAPELES Y CARTONES PAPEL HIGIÉNICO REQUISITOS	NTE INEN 1430:2015 Segunda revisión 2015-03
---	---	--

## 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el papel higiénico tisú en rollos para uso en el hogar e institucional.

Esta norma no aplica a papel para usos faciales e industriales.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN-ISO 12625-1, *Papel tisú y productos de tisú. Parte 1: Guía general sobre terminología*

NTE INEN-ISO 536, *Papeles y cartones. Determinación del gramaje*

NTE INEN-ISO 12625-4, *Papel tisú y productos de tisú. Parte 4: Determinación de la resistencia a la tracción, del alargamiento hasta rotura y de la absorción de la energía de tracción*

NTE INEN 1407, *Papeles y cartones. Determinación de la absorción del agua en papeles porosos*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

## 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN-ISO 12625-1 y las que a continuación se detallan:

**3.1 Ancho o altura del rollo.** Distancia comprendida entre los dos bordes paralelos, considerando el rollo como un cilindro recto.

**3.2 Dirección de la máquina (D.M).** Dirección en que corre el papel al fabricarlo

**3.3 Gramaje.** Masa de una unidad de área expresada en g/m<sup>2</sup>.

**3.4 Hoja.** Unidad de un producto acabado después del corte o perforado.

**3.5 Hoja multicapa.** Hoja formada por varias capas caracterizada por una diferente composición en cada capa.

**3.6 Longitud total del rollo.** Distancia comprendida entre el inicio y final del rollo, al desenrollar, expresada en m.

**3.7 Papel higiénico institucional.** Papel higiénico que se vende en términos de longitud y en presentación de bobinas para dispensadores. Difiere de las presentaciones usuales y puede ser de hoja sencilla u multihoja, y que puede ser distribuido en lotes de varios rollos.

**3.8 Tamaño de la hoja.** Dimensiones (longitud y anchura) de una hoja de un producto de papel tisú, que vienen predeterminadas por corte o perforado durante el proceso de transformación.

**3.9 Resistencia a la rotura por tracción.** Fuerza que se aplica al papel hasta su rotura, expresada en N/m.

#### 4. CLASIFICACIÓN

De acuerdo con lo indicado en la tabla 1, el papel higiénico en rollos se clasifica en:

- a) papel higiénico en rollos multihoja, compuesto por dos o más hojas de papel higiénico,
- b) papel higiénico en rollos hoja sencilla, compuesto por una sola hoja de papel higiénico.

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos específicos

El papel higiénico debe estar libre de manchas, grumos de fibras, astillas de madera o cualquier otro material extraño a su composición normal.

El papel higiénico podrá ser: blanco, de color, con o sin impresión, con o sin aroma, o algún otro aditivo. Estas sustancias químicas deben ser aptas para uso en productos de consumo humano y no deben causar efectos nocivos en el medio ambiente.

La longitud del rollo debe cumplir con lo indicado en el rótulo o etiqueta.

**TABLA 1. Requisitos para el papel higiénico de uso en el hogar e institucional**

Requisitos	Unidades	Papel hoja sencilla		Papel multihoja		Métodos de ensayo
		mín.	máx.	mín.	máx.	
Gramaje	g/m <sup>2</sup>	19,0	----	28,0	----	NTE INEN-ISO 536
Resistencia a la rotura por tracción longitudinal	N/m	50	----	50	----	NTE INEN-ISO 12625-4
Tiempo de absorción	s	----	50	----	50	NTE INEN 1407
Longitud de la hoja entre perforaciones (*)	cm	10,0	----	10,0	----	Verificación de dimensiones medición directa
Ancho de hoja (*)	cm	9,2	----	9,2	----	Verificación de dimensiones medición directa
(*) No aplica para el papel higiénico institucional.						
NOTA 1. Todas las características anteriores se determinan en el producto final.						
NOTA 2. El valor del gramaje está especificado para producto final.						

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

El muestreo debe realizarse de acuerdo con NTE INEN-ISO 2859-1.

## 7. MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE

### 7.1 Etiquetado

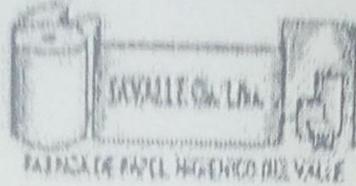
Los rótulos impresos de los rollos para uso en el hogar e institucional deben ser fácilmente legibles en condiciones de visión normal, redactados en español, elaborados de tal forma que no desaparezcan bajo condiciones de uso normal y deben contener como mínimo la siguiente información:

- a) longitud total en metros (m),
- b) marca comercial,
- c) el nombre del fabricante,
- d) número de rollos por paquete,
- e) número de capas,
- f) dirección del fabricante, ciudad y país.

El empaque para los productos que sean ofrecidos al consumidor final deberá ser una envoltura de plástico u otro material que lo proteja de la contaminación (humedad, polvo, insectos, etc.), del manejo y estibado.

Anexo B Ficha Técnica del producto papel higiénico.

FT. PHF2- 042018



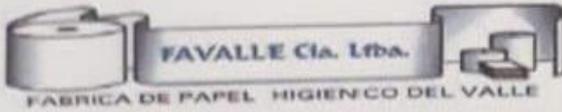
FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION

PRODUCTO:	PAPEL HIGIENICO
CALIDAD:	PHF2
CÓDIGO:	TB2017
PAIS:	ECUADOR
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:	Producto obtenido a través de fibras secundarias, suave, delgado al tacto, crepado y absorbente

FORMULACIÓN	100% RECICLADO
-------------	----------------

ESPECIFICACIONES	UNIDAD	MÍNIMO	OBJETIVO	MÁXIMO
GRAMAJE	g/m <sup>2</sup>	15,50	16,00	16,50
CALIBRE	pulg/24h	****	0,080	0,117
RLB	grf	500	700	800
RTS	grf	350	425	500
RELACIÓN		1,00	1,50	2,00
CREPADO	%	****	20	****
BLANCURA	ISO (%)	78	****	88
DIÁMETRO DE BOBINA	cm.	150	155	160
ANCHO DE BOBINA	cm.	****	260	****
DIÁMETRO INTERNO CORE	pulg.	****	3	****

Anexo C Resultados del Análisis de calidad.



Fecha	08/03/2018	V m/s	440		
N° Bobina	92	Operador:	José P.		
Turno	1 <sup>ro</sup>	Presión caja de entrada (PLG)	56		
Ins. Calidad	Mónica Nacimba				
ESPECIFICACIONES	VALOR	MIN	MAX	SI	NO
Gramaje	19.65	15,5	16,5	✓	
Ancho	260		260	✓	
Calibre	0.097	0,090	0,117	✓	
RLS	955	500	700	✓	
RTS	720	350	425	✓	
Relación	1.32	1	2	✓	
Elongación	25.33	-	-		
Crepado	17	-	20	✓	
Blancura	79.58	78	86	✓	
Puntos totales	722	-	-		
Tiempo de absorción	38				

FAVALLE CIA. LTDA.

María Nacimba

Inspector de Calidad

Via Sangolquí – Amaguaña – Sector La Victoria Barrio Cuendina  
Teléfonos: 2085 298 – 2085 349 Sangolquí Ecuador

**Anexo D** Recolección de muestras de pasta.

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.”		
a) Toma de muestra en el tanque máquina. b) Toma de muestra en las celdas de destintado. c) Instrumentos para recolección de muestras.	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar	ESPOCH Elaborado por: Silvana Vásconez	ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	05/06/2018	1

**Anexo E** Pruebas realizadas en el laboratorio de Control de calidad de FAVALLE.

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.”		
a) Prueba para grado Freeness  b) Prueba de humedad  c) Resultados de las pruebas de consistencia	d) Por aprobar e) Por calificar f) Por certificar	<b>ESPOCH</b> Elaborado por: Silvana Vásconez	ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	05/06/2018	2

**Anexo F** Pruebas de Calidad en el papel tissue.

a)



b)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL TISSUE EN LA FÁBRICA DE PAPEL HIGIÉNICO DEL VALLE FAVALLE CIA. LTDA.”		
a) Prueba de resistencia longitudinal. b) Prueba de gramaje.	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar	<b>ESPOCH</b> Elaborado por: Silvana Vásconez	ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	05/06/2018	3