



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

**Mejora del tratamiento de stickies mediante la
aplicación de un tratamiento enzimático que
contribuye en la eficiencia productiva de la máquina
papelera 4 en la empresa Softys Perú S.A.C. Santa
Anita**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Gabriela Oriana ARTICA CUADRADO

ASESOR

Mg. Roberto ROBLES CALDERÓN

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Artica, G. (2023). *Mejora del tratamiento de stickies mediante la aplicación de un tratamiento enzimático que contribuye en la eficiencia productiva de la máquina papelera 4 en la empresa Softys Perú S.A.C. Santa Anita*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Gabriela Oriana Artica Cuadrado
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72391341
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Roberto Robles Calderón
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06078749
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7077-5085
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Juana Sandivar Rosas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08667298
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Víctor Manuel Fernández Guzmán
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06690674
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.4.5. Producción C.0.4.6. Gestión C.0.4.7. Diseño y/o fabricación de productos
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Santa Anita Latitud: -12.048703 Longitud: -76.962535

Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de procesos https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02 Ingeniería química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.01 Papel, Madera https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del "Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2023", bajo la Presidencia de la Dra. JUANA SANDIVAR ROSAS; Dr. VÍCTOR MANUEL FERNÁNDEZ GUZMÁN (Miembro) y el Mg. ROBERTO ROBLES CALDERÓN (Asesor); habiendo presentado para tal efecto el **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, titulada "MEJORA DEL TRATAMIENTO DE STICKIES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO QUE CONTRIBUYE EN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE LA MÁQUINA PAPELERA 4 EN LA EMPRESA SOFTYS PERÚ S.A.C. SANTA ANITA" después de **SUSTENTADA Y APROBADA** el trabajo de suficiencia profesional elaborado por la bachiller en Ingeniería Química: **GABRIELA ORIANA ARTICA CUADRADO**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO QUÍMICO**, acordaron calificarlo con la **NOTA** de:

DISCIENTO

(18)

(LETRAS)

(NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 16 de diciembre del 2023.

Dra. JUANA SANDIVAR ROSAS
Presidenta

Dr. VÍCTOR MANUEL FERNÁNDEZ GUZMÁN
Miembro

Mg. ROBERTO ROBLES CALDERÓN
Asesor

Dr. RUBÉN ALFREDO PALOMINO INFANTE
Director de la E.P. de Ingeniería Química





Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Roberto Robles Calderón en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N°000026-2024-D-FQIQ/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional, cuyo título es **“MEJORA DEL TRATAMIENTO DE STICKIES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO QUE CONTRIBUYE EN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE LA MÁQUINA PAPELERA 4 EN LA EMPRESA SOFTYS PERÚ S.A.C. SANTA ANITA”**, presentado por la bachiller en Ingeniería Química Artica Cuadrado Gabriela Oriana para optar el título Profesional de Ingeniero Químico CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **9%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención el título correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 06078749

Nombres y apellidos del asesor:

Roberto Robles Calderón



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento hacia mis padres y hermanos por el apoyo brindado en esta etapa de superación, a la empresa Softys Perú S.A.C por permitirme desarrollar mejoras en sus instalaciones y darme el soporte de sus profesionales para este trabajo.

Asimismo, agradezco a la escuela y facultad de Ingeniería Química por la oportunidad y la confianza ofrecida a lo largo de mi etapa universitaria. Por último, a mi asesor (Ing. Roberto Robles Calderón) quién con su experiencia, comprensión y paciencia contribuyó en el desarrollo de esta investigación.

INDICE GENERAL

RESUMEN	7
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Datos del Lugar Donde se Desarrolla el Trabajo	10
II. PROBLEMÁTICA.....	11
2.1. Planteamiento del Problema.....	11
2.2. Descripción del Problema	12
2.3. Justificación.....	12
2.4. Objetivos	13
2.4.1. Objetivos Generales	13
2.4.2. Objetivos Específicos	13
III. ANTECEDENTES Y MARCO TEORICO	14
3.1. Antecedentes	14
3.2. Marco Teórico	15
3.2.1. Proceso de Fabricación de Papel tissue.....	15
3.2.2. Limpieza de Contaminantes de las Fibras Recicladas	15
3.2.3. Stickies	21
3.2.4. Enzima Control Stickies C-ultra	24
IV. METODOLOGÍA	25
4.1. Métodos de Análisis	25
4.2. Metodología del Proceso	26
V. RESULTADOS	30

5.1.	Tratamiento Actual.....	30
5.2.	Tratamiento Propuesto	31
VI.	PROPUESTA DE SOLUCION	34
6.1.	Análisis Costo/Beneficio aplicación Control de stickies C-Ultra.	34
VII.	CONCLUSIONES	35
VIII.	RECOMENDACIONES	36
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA.....	38
X.	ANEXOS.....	39

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 <i>Fajas transportadoras de fardos – Softys Perú</i>	16
Ilustración 2 <i>Pulper hélico de fibra virgen – Softys Perú</i>	17
Ilustración 3 <i>Depuradores – Softys Perú</i>	18
Ilustración 4 <i>Scren One – Softys Perú</i>	19
Ilustración 5 <i>Yankee y Capota de la MP4 – Softys Perú</i>	20
Ilustración 6 <i>Máquina Papelera 4 – Softys Perú</i>	21
Ilustración 7 <i>Componentes encontrados en stickies, ...</i>	22
Ilustración 8 <i>Cámara Neubauer</i>	25
Ilustración 9 <i>Recortes ingresando al Pulper 100</i>	26
Ilustración 10 <i>Puntos de dosificación de la Enzima Control Stickies C Ultra</i>	28
Ilustración 11 <i>Layout MP4 – Softys Perú</i>	29
Ilustración 12 <i>Tendencia conteo de stickies Entrada del proceso</i>	32
Ilustración 13 <i>Tendencia conteo de stickies HB.</i>	32
Ilustración 14 <i>Tendencia porcentaje de remoción de stickies.</i>	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Puntos de muestreo en MP4</i>	27
Tabla 2 <i>Conteo de stickies tratamiento actual</i>	30
Tabla 3 <i>Consumo de solvente antes de la prueba</i>	31
Tabla 4 <i>Consumo de solvente durante la prueba</i>	33
Tabla 5 <i>Comparación del consumo de solvente</i>	34
Tabla 6	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	39
Anexo B	39

RESUMEN

El papel tissue es un componente esencial presente en todas las familias a nivel mundial, siendo crucial para mantener adecuadas condiciones de higiene. En el proceso de fabricación del papel, se emplean equipos de vanguardia que posibilitan la obtención de un producto destacado por su calidad, suavidad y blancura, utilizando fibras recicladas. Las instalaciones productivas aplican estrictos controles de calidad a la materia prima en cada fase, con el objetivo de generar un producto que no solo cumpla con los estándares de calidad prometidos al consumidor, sino que también reduzca al mínimo los desperdicios asociados a materiales no idóneos para el proceso. Los "stickies", contaminantes presentes en todas las etapas del proceso de fabricación del papel, tienen su origen en impurezas que ingresan con la fibra reciclada y que no pueden ser eliminadas al inicio del proceso.

En el contexto de este trabajo, se presenta una detallada descripción del proceso de fabricación de papel Tissue, además de las operaciones unitarias fundamentales para la separación de contaminantes, incluyendo los "stickies". Estos últimos representan un desafío en la eficiencia del proceso, ya que su presencia puede afectar la calidad del papel final y generar problemas operativos en la máquina papelera.

La sección de metodología expone la técnica del hematocitómetro utilizada para llevar a cabo el conteo operativo de los "stickies" la cual es ampliamente utilizada en la industria. Además, se describe los puntos del proceso donde se decidió dosificar la enzima de Control Stickies C-Ultra

El enfoque central del trabajo reside en la mejora de la eficiencia de producción de la Máquina Papelera 4 de Softys mediante el ahorro que se tendrá con el tratamiento propuesto para controlar los stickies. Para alcanzar este objetivo, se propone incrementar el porcentaje de remoción de los "stickies" en el proceso mediante la implementación de un tratamiento

enzimático y solo usar el solvente como acción preventiva.

La enzima de Control Stickies C-Ultra es un producto orgánico- enzimático compuestos por biomoléculas y una serie de enzimas que van a permitir que se presenten los fenómenos de sincronización de los stickies, desactivación de la tactosidad por el recubrimiento de los stickies que evita su reaglomeración y por último la degradación de la misma en moléculas más pequeñas. Con estos tres efectos, la enzima de Control Stickies C-Ultra contribuye a un control más específico que permite tener un porcentaje de remoción superior al 95%, contribuyendo a la estabilidad de la máquina y la productividad y calidad de la misma.

En la actualidad este tratamiento se viene aplicando en diferentes plantas papeleras ubicadas en Perú, Colombia, Costa Rica, entre otros, aportando beneficios al proceso productivo. Partiendo de estas experiencias de éxito deseamos poder aportar y contribuir con mejoras en el proceso de la máquina de Softys Perú.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el consumo de fibra reciclada para la fabricación de papel ha ido en aumento, impulsado por sus numerosas ventajas medioambientales, económicas y sociales. Sin embargo, desde una perspectiva social, existen realidades contrastantes en relación con el funcionamiento del sistema de recolección y depuración de fibras recicladas. En EE.UU, se observa que el proceso de recolección está a cargo de empresas bien estructuradas que buscan fuentes nuevas con la certificación FSC, asegurando así nuevas oportunidades laborales, retribuciones económicas más altas y sobre todo mejores condiciones de trabajo (Council, 2009).

En la actualidad, se observa un aumento en el consumo de fibras recicladas en el país, dado que se busca reducir progresivamente el uso de fibras vírgenes (celulosa) para mitigar tanto el impacto ambiental como económico. No obstante, se enfrenta a la limitación de una infraestructura insuficiente en la cadena de recolección de reciclaje a nivel nacional, lo que resulta en una falta de existencias adecuadas de material y la necesidad de importar papel reciclado desde los EE. UU y Centroamérica. Esto conduce a que las empresas se vean obligadas a utilizar diversos tipos de materiales reciclados, generando un impacto directo en el aumento de contaminantes como las gomas (stickies).

La acumulación de gomas en las etapas finales del proceso de papel base tiene un impacto negativo tanto en la eficiencia como en la calidad del producto final. de productos rechazados. Debido a la problemática que se origina a causa de las gomas, se hizo estudios para eliminar los problemas determinando en primer lugar las condiciones para eliminar las gomas del proceso de fabricación de papel base, ubicando los puntos clave para la dosificación de los químicos y la concentración exacta.

1.1. Datos del Lugar Donde se Desarrolla el Trabajo

SOFTYS PERU S.A.C. constituye una entidad perteneciente al conglomerado CMPC, especializada en la manufactura de papeles tissue y productos derivados. La empresa cuenta con una fuerza laboral de más de 1.200 empleados distribuidos entre Lima y Cañete. Su incursión en el mercado peruano se remonta a 1995, inicialmente dedicándose a la importación de productos como papel higiénico, servilletas, papel toalla, faciales y pañuelos. Posteriormente, la compañía amplió sus operaciones con la apertura de una planta de conversión en Chorrillos y, en 1998, estableció su actual planta en Lima (Santa Anita). (Página Web de Softys Perú S.A.C)

En la planta Santa Anita Softys Perú SAC cuenta con 3 máquinas papeleras (MP2, MP3 y MP4) las cuales en la actualidad cuentan con un tratamiento para el control de los stickies presentes en máquina de papel; sin embargo, continúan en la búsqueda de nuevas alternativas que le brinden mayor control de los stickies presentes y de esa manera que contribuya en la productividad y calidad tanto en máquina como en conversión. Es por ello que esta destacada empresa se convirtió en el escenario para la ejecución de mi trabajo de suficiencia profesional durante un período de tres meses.

El profesional que supervisó el desarrollo de la prueba fue el Ing. Carlos Ccanto que es actualmente ingeniero de procesos de la máquina de papel MP4, cuyo correo electrónico es cccanto@softys.com el cual se encuentra disponible para consultas adicionales.

II. PROBLEMÁTICA

2.1. Planteamiento del Problema

La presencia de "stickies" en la utilización de fibra reciclada para la fabricación de papel emerge como una problemática técnica significativa, generando complicaciones tanto en la calidad del producto como en el rendimiento operativo de la maquinaria. Estos inconvenientes se manifiestan en defectos tales como agujeros en el papel, lo que puede resultar en un aumento de rechazos o reclamaciones por parte de los clientes. Asimismo, se experimentan problemas operativos recurrentes, como la ruptura de hojas, que afectan la eficiencia de la maquinaria de papel. La acumulación de depósitos pegajosos y oscuros en los cilindros secadores es una ocurrencia común, y aunque el tratamiento de estos cilindros ofrece cierto alivio, no resuelve completamente la problemática. La necesidad de tiempos de inactividad para llevar a cabo lavados y limpiezas se deriva directamente de estos problemas operativos.

Estos desafíos generan no solo pérdida de tiempo de producción, sino también costos adicionales para los fabricantes de papel. En 1996, Friberg señaló que los costos anuales asociados a los "stickies" en Estados Unidos ascendían a 700 millones de dólares. McHugh y colaboradores (2001) calcularon pérdidas anuales de 218 millones de dólares para la industria del cartón liner y del corrugado, atribuibles al tiempo de inactividad provocado por el uso de cartón corrugado reciclado. Bajpai (2006) informó costos de 400 millones de euros en Estados Unidos, siendo las principales fuentes de estos costos las disminuciones en la calidad del suministro y los tiempos de parada de la máquina de papel. La estimación precisa de los costos relacionados con los adhesivos presenta desafíos, ya que no siempre es seguro determinar si, por ejemplo, los adhesivos fueron la causa directa de la rotura (Friberg, 1996; McHugh et al.,

2001; Bajpai, 2006).

2.2. Descripción del Problema

En la actualidad, en la máquina de papel base MP4 de Softys, se experimenta una pérdida de eficiencia cercana al 5% debido a la acumulación de gomas en las fases finales del proceso de fabricación de papel. Este fenómeno impacta directamente en los costos de producción y compromete la calidad del producto resultante.

Por consiguiente, resulta necesario identificar un tratamiento apropiado para gestionar de manera efectiva estos contaminantes durante el proceso, con el objetivo de mitigar el impacto de los mismos en la máquina de papel base MP4.

Para lograr este objetivo, es fundamental identificar los puntos en el proceso donde se registra una mayor concentración de gomas y, en última instancia, hacer seguimiento de los conteos luego de la aplicación del tratamiento enzimático en esos puntos críticos encontrados.

2.3. Justificación

El interés de investigar sobre los contaminantes inherentes a la fibra reciclada se da en primer lugar por los efectos negativos que impactan tanto en la eficiencia como en la calidad del producto (papel base) de una máquina papelera. Teniendo en cuenta esta problemática se realizó la investigación para reducir los efectos negativos como las roturas constantes de papel, acumulación de stickies en tela de formación, fieltro, rodillos de prensado, rodillos de secado, cuchillas, etc. El tratamiento que se propone es un tratamiento enzimático el cual tiene entre sus beneficios la reducción del tamaño de los stickies, la desactivación de stickies al recubrirlos de un compuesto que evita su reaglomeración y hacen que pierdan su pegajosidad, etc.

Al dar solución a esta problemática se redujo el tiempo de tener papel procesable (sin defectos) luego de un arranque de máquina, ya que se tendrá menor presencia de gomas en la

tela llevando a que la cantidad de hoyos en la hoja disminuyan o desaparezcan.

Adicional al aporte que se hará en el proceso de fabricación de papel, también se propone una reducción de costos con respecto al tratamiento actual de estas gomas, manteniendo un mejor control de los stickies en el proceso. También se propone reducir el consumo de solvente utilizado para el lavado de vestiduras de la máquina. Esta mejora beneficia directamente al operador de máquina, ya que tendrá menos contacto y se disminuirá el impacto ambiental causado por el mismo.

Finalmente, los resultados de esta investigación contribuirán a las otras dos máquinas mejorando el rendimiento total de la planta, así como los costos de producción.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivos Generales

- Reducir los stickies presentes en el proceso de papel mediante la aplicación de un tratamiento enzimático para mejorar la eficiencia de producción de la máquina papelera 4 en Softys Santa Anita.

2.4.2. Objetivos Específicos

- Incrementar el porcentaje de remoción de stickies a valores entre el 90 al 95% y estabilizar el proceso productivo.
- Reducir el costo del tratamiento de control de stickies en respecto al actual tratamiento aplicado.
- Reducir el consumo de solvente usado para el lavado de vestiduras a causa de la presencia de stickies con respecto al consumo con el actual tratamiento.

III. ANTECEDENTES Y MARCO TEORICO

3.1. Antecedentes

Gómez García (2021) llevó a cabo un estudio centrado en la mejora de la eficiencia de producción en una máquina de papel mediante la reducción de la presencia de stickies (adhesivos) en el proceso de destintado de pulpa.

Domenico Licursi et al. (2016) estudiaron a los tratamientos mecánicos/químicos que necesita el papel reciclado para su reutilización en el proceso de fabricación del papel. Algunos de ellos producen considerables fracciones de residuos rechazados, como los “rechazos *de pantalla*”, que incluyen tanto fibras de celulosa como contaminantes orgánicos no fibrosos o “pegajosos”, representando estos últimos un defecto tanto para el proceso de fabricación del papel como para la calidad del producto final.

Venditti et al. (2002) estudiaron los diferentes métodos de prueba para la evaluación de stickies en la pulpa de envases corrugados viejos. Los métodos de ensayo evaluados incluyeron un ensayo de deposición, dos métodos de hojas de mano y dos métodos que utilizaron exámenes de laboratorio. Estos ensayos se realizaron en una serie de mezclas de OCC reciclado y rechazos de cribado cuaternario como modelo para pulpas contaminadas. Las pruebas también se realizaron en una serie de mezclas de pulpa kraft virgen y OCC reciclado como modelo para pulpas con bajos niveles de contaminación.

Ackermann et al. (2002) investigaron sobre las fuentes pegajosas más importantes en los tipos de papel recuperado ordinario y sobre su potencial para generar stickies. La evaluación se realizó mediante cribado sin presión a escala de laboratorio, según un método INGEDE modificado, permitiendo una detección completa de pegajosos cribables industrialmente y una

evaluación prácticamente útil de su eliminabilidad. Además, el artículo aborda el origen de los adhesivos en papel recuperado mixto y papel y cartón ondulado de supermercado, teniendo en cuenta las aplicaciones adhesivas más importantes. Además de adhesivos para montar y cerrar cajas de cartón, La evaluación adhesiva incluyó adhesivos para la costura primaria de cajas plegables, para aplicaciones antideslizantes, para la fabricación de cartón corrugado y cintas de embalaje.

3.2. Marco Teórico

3.2.1. Proceso de Fabricación de Papel tissue

La producción del papel base se lleva a cabo a través de dos fases fundamentales. En la primera etapa, se concentra en la eliminación de impurezas de las fibras recicladas con el fin de asegurar condiciones de calidad óptimas, asegurando así la generación de un producto que satisfaga las expectativas del cliente. La segunda fase se desarrolla en la máquina de papel, donde se logran los niveles deseados de las variables de resistencias y blancura del producto final destinado a la comercialización.

3.2.2. Limpieza de Contaminantes de las Fibras Recicladas

La materia prima, compuesta por fibras recicladas y fibras vírgenes, es introducida al pulper mediante un sistema de transporte que emplea una banda conformada por correas metálicas. Esta banda traslada los fardos de papel reciclado desde la zona de almacenamiento de la materia prima hasta las unidades de pulpeo (Figura N°11). Los porcentajes de fibras recicladas y vírgenes que son ingresados al pulper dependen de la receta elaborada por el jefe de preparación pasta para cada tipo de producción de papel base. Esta receta es estimada de acuerdo a los rangos que la especificación de cada producción de papel base requieran así aseguran por ejemplo los niveles de suavidad y resistencia en el producto final.

Ilustración 1

Fajas transportadoras de fardos – Softys Perú



Nota. Softys Perú – Planta Santa Anita

Softys Perú S.A.C. tiene entre sus equipos de pulpeo: 2 pulpers (olla) de 3.5 toneladas cada uno, para procesar la fibra reciclada, y 2 pulpers de menor tamaño que procesan aproximadamente hasta 2 toneladas fibra virgen cada uno. Después de ingresar tanto la fibra reciclada como la fibra virgen a sus pulpers correspondientes, se adiciona agua clarificada proveniente de la planta de tratamiento de aguas, la cual se recupera del proceso. Tras llevar a cabo los respectivos procesos de pulpeo, la fibra reciclada se dirige hacia la pera de vaciado, encargada de separar la fibra de contaminantes de mayor tamaño, como stickies, plásticos, metales y otros materiales no fibrosos. Por otro lado, la fibra virgen se transporta directamente al tanque de mezcla de la máquina de papelera.

Ilustración 2

Pulper hélico de fibra virgen – Softys Perú



Nota. Softys Perú – Planta Santa Anita

La pulpa formada a partir de fibra reciclada continúa su proceso de limpieza en equipos acondicionados con tamices de diferente diámetro como la pera del pulper, screen one, etc. Es en estos equipos donde se separan los materiales no fibrosos de diferentes tamaños.

La etapa de limpieza más minuciosa se encarga de separar los contaminantes de menor tamaño presentes en la materia prima, como la arena. Este proceso se lleva a cabo mediante el empleo de cuatro depuradores (Figura N°3), los cuales logran la separación de la fibra útil de los contaminantes gracias a las diferencias de densidad.

La eliminación de agua de la pulpa se realiza mediante la presurización de la misma a través de un tornillo sin fin, elevando así la consistencia del material para su posterior ingreso a las etapas de dispersión y blanqueo.

Durante la etapa de dispersión, se consigue disminuir el tamaño de las tintas que no fueron eliminadas en las anteriores etapas de limpieza. Para alcanzar este propósito, la pulpa es sometida a través de diversos dedos metálicos, lo que facilita la disminución del tamaño de partícula de la tinta hasta no poder percibir las en el papel base.

Posteriormente, la pulpa es blanqueada mediante un proceso de blanqueo oxidativo que consiste en adicionar a la pulpa ya limpia, peróxido de sodio y soda cáustica así daremos origen al ion perhidroxilo. Este ion, se encarga de romper los dobles enlaces de los grupos cromóforos que hay en la pulpa, eliminando así el color natural de la madera. Seguidamente se da el blanqueo reductivo, el cual consiste en agregar bisulfito de sodio y boro hidruro de sodio, generando así el metaborato de sodio, el cual termina de eliminar toda carga de color que quedó en la pulpa.

En esta fase, se concluye con el blanqueo de la pulpa, en esta etapa del proceso se tiene ya la pulpa con la blancura y pureza adecuada para ser trasladada al tanque de mezcla de la máquina papelera.

Ilustración 3

Depuradores – Softys Perú



Nota. Softys Perú – Planta Santa Anita

Ilustración 4

Scren One – Softys Perú



Nota. Softys Perú – Planta Santa Anita

3.2.2.1. Máquina de Papel

Después de completar el proceso de blanqueo, se logra la combinación de pulpa virgen y pulpa reciclada en proporciones apropiadas para asegurar las propiedades físicas necesarias en el papel. Esta mezcla se transporta al refinador, cuya función principal es inducir ramificaciones en las fibras (fibrilación), así estas ramificaciones se cruzan entre sí durante la formación de la hoja y puedan formar redes de fibra más resistentes.

La formación de la hoja se lleva a cabo en la tela de formación que viene a ser una malla con un tejido de alta permeabilidad permitiendo también la extracción de agua y transportando hacia el fieltro solo la fibra útil. En esta etapa se determina el formato del jumbo a ser producido. La hoja de papel se transfiere inmediatamente a la sección de prensado, donde, mediante el uso de un fieltro papelerero (pañó), se lleva a cabo la presión contra la cara del secador rotatorio (yankee) y el rodillo de presión-succión. Esto asegura la humedad deseada en la hoja después del proceso de secado.

El secado del papel se realiza a través de distintas configuraciones determinadas por la tecnología implementada. En este método, la hoja de papel se seca mediante la transferencia de calor, tanto del vapor introducido en el cilindro yankee como del calor inyectado por gases calientes provenientes de la capota.

Finalmente, después del proceso de secado descrito líneas arriba, la hoja de papel base se enrolla para formar un rollo grande (jumbos) que posteriormente se trasladan a las líneas convertidoras de papel para su transformación en producto final.

Ilustración 5

Yankee y Capota de la MP4 – Softys Perú



Nota. Softys Perú – Planta Santa Anita

Máquina Papelera 4 – Softys Perú

Nota. Softys Perú – Planta Santa Anita

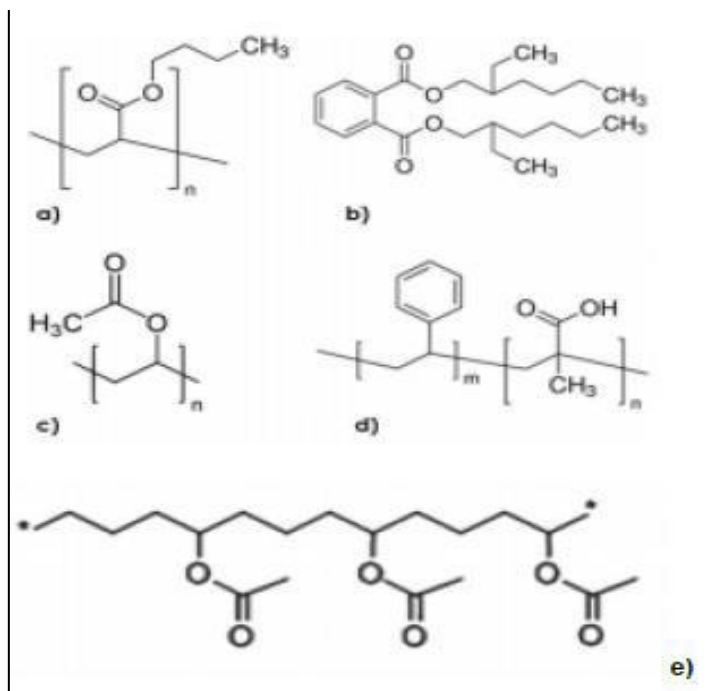
3.2.3. Stickies

Son contaminantes que se originan principalmente por el uso de fibra reciclada, aunque, pueden aparecer también por la presencia de resinas en el uso de fibra virgen. Generalmente se han considerado como agregados poliméricos amorfos cuyas fuentes principales son los adhesivos (Gonzalez Pachon, 2018), estas estructuras son también flexibles y su solubilidad en agua dependen de la naturaleza química del mismo, es importante mencionar que los stickies tienen una amplia gama de puntos de fusión y diferentes grados de pegajosidad debido a la gran variedad de compuestos que los conforman, además de ser sumamente sensibles a los cambios de carga, pH y temperatura.

Los stickies están compuestos de muchas moléculas por ello describir estas ha resultado ser un gran desafío entre las comunidades científicas, pero se ha logrado determinar algunos componentes repetitivos en estos. Se identificó que todas las moléculas tienen en común los enlaces de tipo éster, además de que la mayoría son de origen orgánico y polimérico ramificado. Por ello si se buscara reducir el tamaño de los stickies es lógico atacar los enlaces de tipo éster para generar moléculas más pequeñas, esto en gran escala representará una reducción significativa en el área de los stickies tratados que lleva consigo una reducción de la tactosidad.

Ilustración 7

Componentes encontrados en stickies,



Nota. a) PBA; b) Dioctil ftalato c) Acetato de polivinilo; d) acrilato de poliestireno; e) EVA.

(Ballinas, Gonzales, Eguiarte, Siqueiros, & Flores, 2020) (Farry, Delagoutte, Schelcher, 2014)

Los stickies se pueden categorizar según su tamaño en macro-stickies (con un diámetro superior a 100 μm), micro-stickies (con diámetros comprendidos entre 100 y 5 μm) y stickies coloidales (con diámetros inferiores a 5 μm) (Gonzalez Perdomo, s.f.). Otra clasificación común se basa en su origen, donde se distinguen entre stickies primarios y stickies secundarios.

Los stickies primarios se manifiestan al inicio del proceso, presentes en la materia prima reciclada, mientras que los stickies secundarios surgen debido a cambios abruptos en parámetros como pH, conductividad, carga, entre otros, que provocan la desestabilización de la materia disuelta y coloidal, propiciando la formación de depósitos adhesivos (Miranda Carreño, 2009).

Es importante que los stickies que son los principales contaminantes del proceso deban ser separados durante los procesos de limpieza descritos anteriormente, ya que si estos contaminantes logran llegar en mezcla a la zona de formación de la máquina de papel generaría pérdidas a la compañía papelera.

La eficacia en la eliminación de stickies puede experimentar variaciones dependiendo del tipo de material que constituye el contaminante. En el caso de los stickies viscoelásticos, su capacidad de remoción se ve influenciada por la deformación que experimenta al someterse a las presiones generadas por el rotor. Durante este proceso, el stickie se desplaza hacia la pared del tamiz, deformándose para atravesarlo. Este fenómeno puede ocasionar la obstrucción del paso de la pulpa o permitir que el stickie pase al otro lado y se mezcle con la fibra aceptada. (Hubbe, Rojas y Venditti, 2006).

Los stickies termosensibles exhiben un comportamiento viscoelástico, y la distinción principal reside en el aumento de la capacidad de fluidización del adhesivo con respecto al incremento de temperatura experimentado durante las diversas fases de operación en la planta de destintado. (Hubbe, Rojas y Venditti, 2006).

3.2.4. *Enzima Control Stickies C-ultra*

Producto orgánico - enzimático diseñado para la reducción de micro stickies en los procesos de fabricación de papel tissue a partir de fibra reciclado. Esta enzima actúa catalizando la hidrólisis de los enlaces éster presentes en las moléculas orgánicas, debido a que son enzimas solubles en agua deben estar unidas a interfaces lípido-agua que permitan actuar sobre sustratos insolubles y agregados, esta inmovilización generada por la unión a dichas interfaces crean ciertas ventajas como la obtención de un producto no contaminado con la enzima y el incremento de la estabilidad operacional del biocatalizador (Gonzales, Rodriguez, & del MMonte, 2020)

Adicional, cuenta con base acrílica, dicha base brinda también una afinidad química que sirve para atraer los stickies para que la enzima pueda tratarlos.

Mecanismos de acción:

- Liberación de stickies de la superficie de la fibra
- Reducción de tamaño
- Desactivación de stickies al recubrirlos de un compuesto que evita su reaglomeración y hacen que pierdan su pegajosidad.

IV. METODOLOGÍA

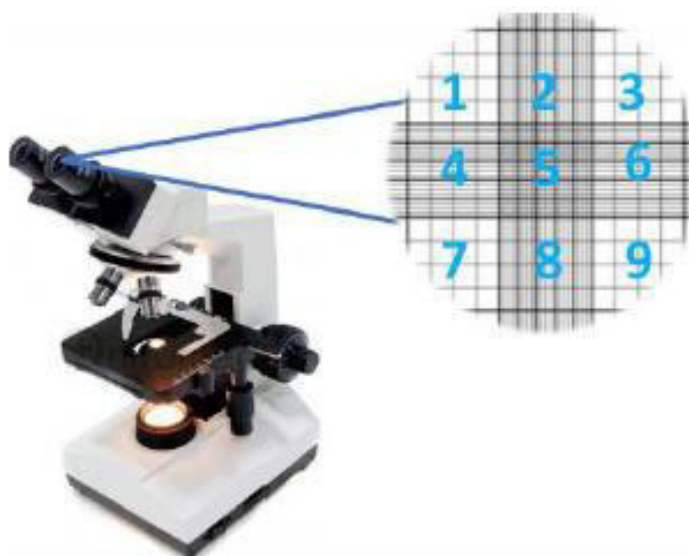
4.1. Métodos de Análisis

En Softys Perú S.A.C, el control de stickies se lleva a cabo mediante el método de conteo por hematocitometría, que implica una evaluación visual. Este enfoque depende exclusivamente de la capacidad del evaluador para identificar stickies, y dado los niveles elevados de contaminantes en el proceso, es común que estos contaminantes formen parte del recuento final. A pesar de esta limitación, este método se considera una aproximación eficaz para determinar el número de stickies presentes en el proceso.

Este enfoque metodológico comienza con la toma de una muestra del punto de interés, seguida de la colocación de una gota de esta muestra en una cámara de Neubauer. La cámara de Neubauer está compuesta por una cuadrícula micrométrica que facilita el proceso de conteo, este conteo se realiza utilizando un microscopio, siguiendo el orden establecido por la ilustración proporcionada. (Licursi et al. (2016)

Ilustración 8

Representación de conteo de stickies por medio del método de Neubauer como se muestra en la zona



Nota. Informe – Universidad Nacional de Colombia

Luego se debe aplicar la siguiente ecuación para determinar el contenido de stickies en millones de stickies por centímetro cúbico.

$$\frac{\text{Millones de stickies}}{\text{cm}^3} = \left(\frac{\sum \text{Stickies por cuadrícula}}{9} \right) * 1,4$$

4.2. Metodología del Proceso

Se inicia monitoreando desde la receta ingresada al Pulper 200 para la producción del papel base con código TPN552 (Higiénico noble 72 15gr) hasta la evaluación de variables y atributos del papel base final (calidad del producto).

Ilustración 9

Recortes ingresando al Pulper 100



Nota. Softys Perú S.A.C – Planta Santa Anita

Se realizó la prueba en la máquina MP4 durante 10 días consecutivos en los que se monitorearon diferentes puntos de preparación pasta y máquina de papel los cuales fueron:

Tabla 1

Puntos de muestreo en MP4

Ítems	Puntos
Línea de pasta	Ingreso Scren One
	Salida Scren One
	Ingreso Tanque 106
	Salida Tanque 106
	Tanque 202
	Caja de entrada
Línea de agua	Tanque 08
	Tanque 802

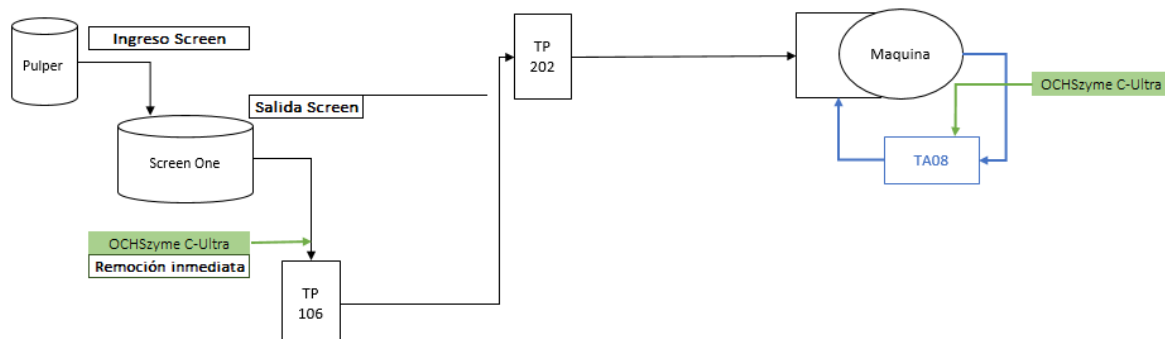
Nota. Elaboración propia

En estos puntos se realizaron un conteo de los stickies por la metodología de Hemancitometría que permitirá conocer la reducción de los stickies antes y después de la aplicación. Estos puntos serán monitoreados antes y durante la aplicación, para lo cual se impactará la fibra con una dosis inicial de 70 gr/ton de producto; la cual se ajustará de acuerdo a las condiciones de proceso y lo observado en cuanto a la calidad de papel tanto máquina como en conversión. Para esto, se propone la siguiente metodología de aplicación:

- Se dosificó el producto en dos puntos estratégicos de la máquina, los cuales fueron: 50 ppm en la salida del dispersor para que en el Tanque 106 sea homogenizado mediante su agitación y 20 ppm en el circuito corto de máquina (Tanque 08), con el fin de saturar

Ilustración 10

Puntos de dosificación de la Enzima Control Stickies C Ultra

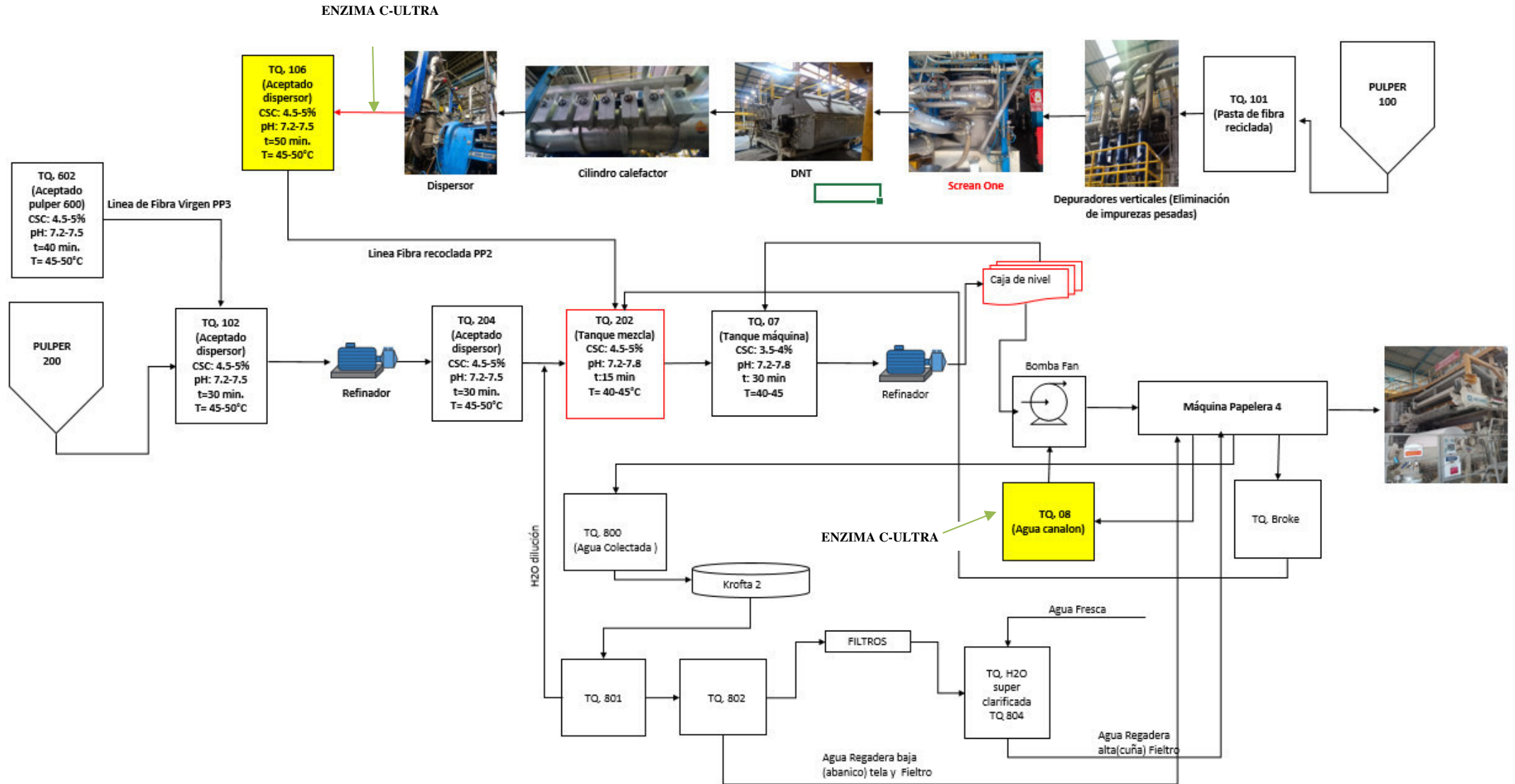


Nota. Elaboración propia

- A lo largo de la prueba, se interactuó mucho con los operadores en máquinas con el objetivo de sacar el máximo provecho a los beneficios y/o cambios generados por la Enzima Control Stickies C-Ultra.
- Se realizó el seguimiento constante a los puntos de interés para identificar los cambios en el control de los stickies. (Conteos de stickies constantes en cada punto)
- Se realizó el seguimiento a los jumbos que van a conversión y comportamiento respecto a reventones y estabilidad en la productividad de los mismos.

Ilustración 11

Layout MP4 – Softys Perú



V. RESULTADOS

5.1. Tratamiento Actual

Tabla 2

Conteo de stickies tratamiento actual

Ítems	Puntos	Conteo Stickies (Mill/cm ³)	Remoción (%)	Tratamiento actual
Línea de pasta	Ingreso Sren One	51	84	Enzyforte ES, Cartaspers SHC, Nalco 65000
	Salida Sren One	38.2		
	Ingreso Tanque 106	23.02		
	Salida Tanque 106	19.16		
	Tanque 202	16.8		
	Caja de entrada	8.08		
Línea de agua	Tanque 08	5.13		
	Tanque 802	1.86		

Nota. Elaboración propia

En la tabla N°01, se muestra los conteos obtenidos antes de la aplicación, en el que se obtuvo un porcentaje de remoción de stickies del 84%, teniendo como conteo en la Caja de entrada 8.08 mill/cm³, los tamaños encontrados fueron muy grandes, siendo estos los principales causantes de hoyos en el papel base. Este defecto afecta tanto en máquina como en conversión por ello los operados hacen uso de solvente para controlar estos hoyos.

Por tanto, para poder corregir problemas de depósitos de stickies en la tela de formación o paño, los operadores hacen uso continuo de solvente para lavar las vestiduras de la máquina papelera (tela, paño) que es donde se depositan estos contaminantes.

Antes de la prueba, el consumo de solvente durante la producción de higiénico noble 72-15 gr fue de 777 kg/día como se señala en la tabla N° 02.

Tabla 3*Consumo de solvente antes de la prueba*

Fecha	Ítems	Referencia	Consumo día (Kg/Día)	Total de consumo promedio (Kg)	Costo Promedio (USD/día)	Costo tonelada promedio (USD/ton)
22/08/2023	Tratamiento actual	Higiénico Noble 72 15gr	851	777.71	983.26	11.7
23/08/2023			459			
24/08/2023			730			
25/08/2023			682			
26/08/2023			926			
27/08/2023			578			
28/08/2023			1218			

Nota. Elaboración propia

Los datos mostrados en la tabla N°02 y table N°03 son estimados; para el cual se tomó como base de cálculo una producción de 80 ton/día y el costo de solvente 1.2 USD/Kg. Este análisis de consumo de solvente corresponde a la última producción de higiénico noble 72-15 gr, desarrollado con tratamiento actual.

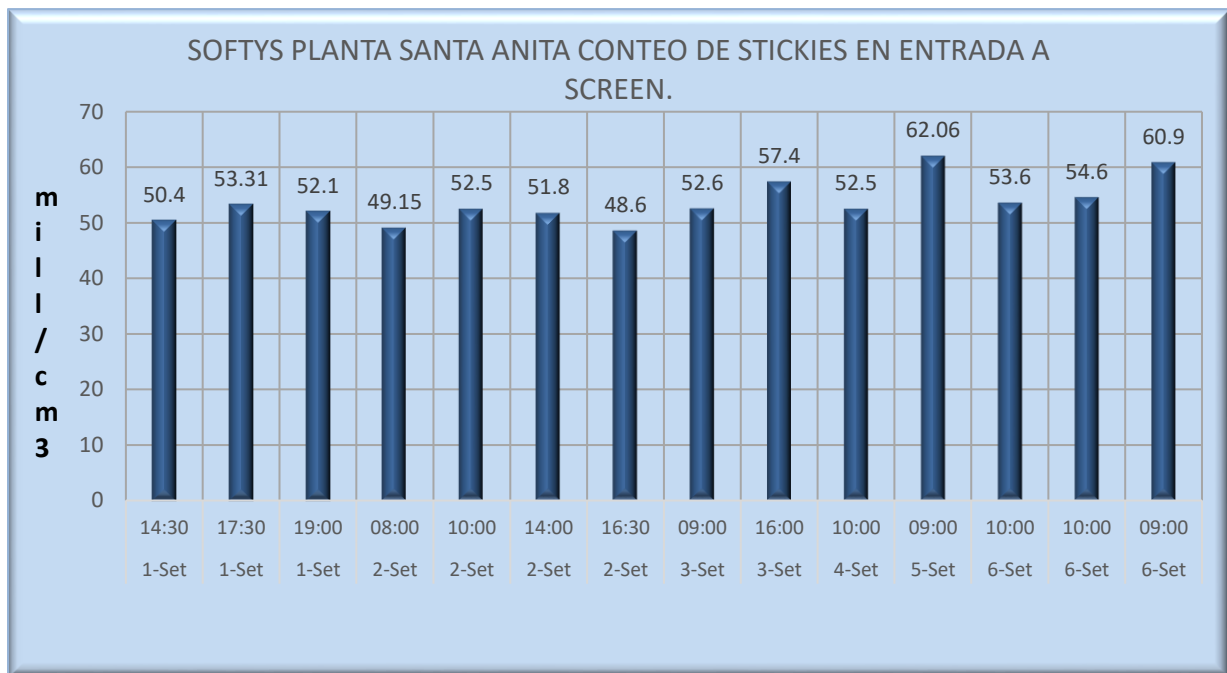
5.2. Tratamiento Propuesto

Durante la aplicación del control de stickies C-Ultra se puede apreciar que se tuvo bajo total control los stickies del proceso productivo, manteniendo un porcentaje de remoción por encima de 93%, manteniendo a los stickies dispersos, reducidos en tamaño y quitándole su pegajosidad (ver anexo 01 y 02). Los gráficos N°12, 13 y 14 muestran la tendencia de los conteos de stickies durante la aplicación.

En el gráfico N°12, se observa la tendencia de ingreso de stickies al proceso productivo:

Ilustración 12

Tendencia conteo de stickies Entrada del proceso

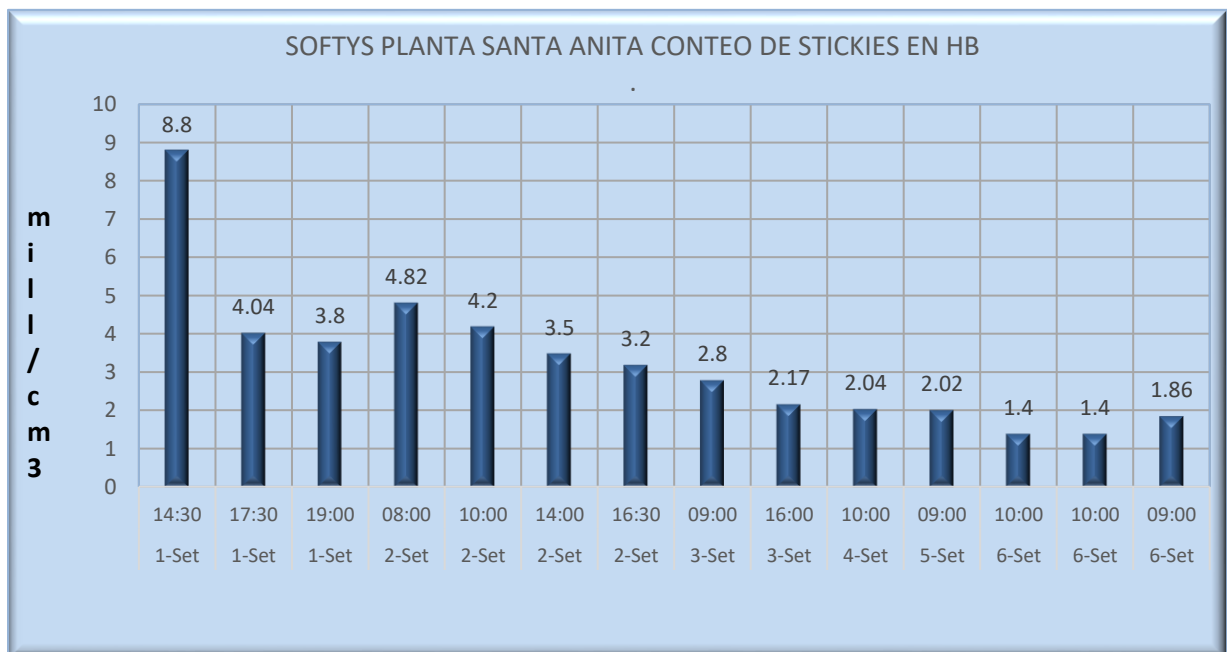


Nota. Elaboración propia

En el gráfico N°13, se evidencia la tendencia del conteo en el head box

Ilustración 13

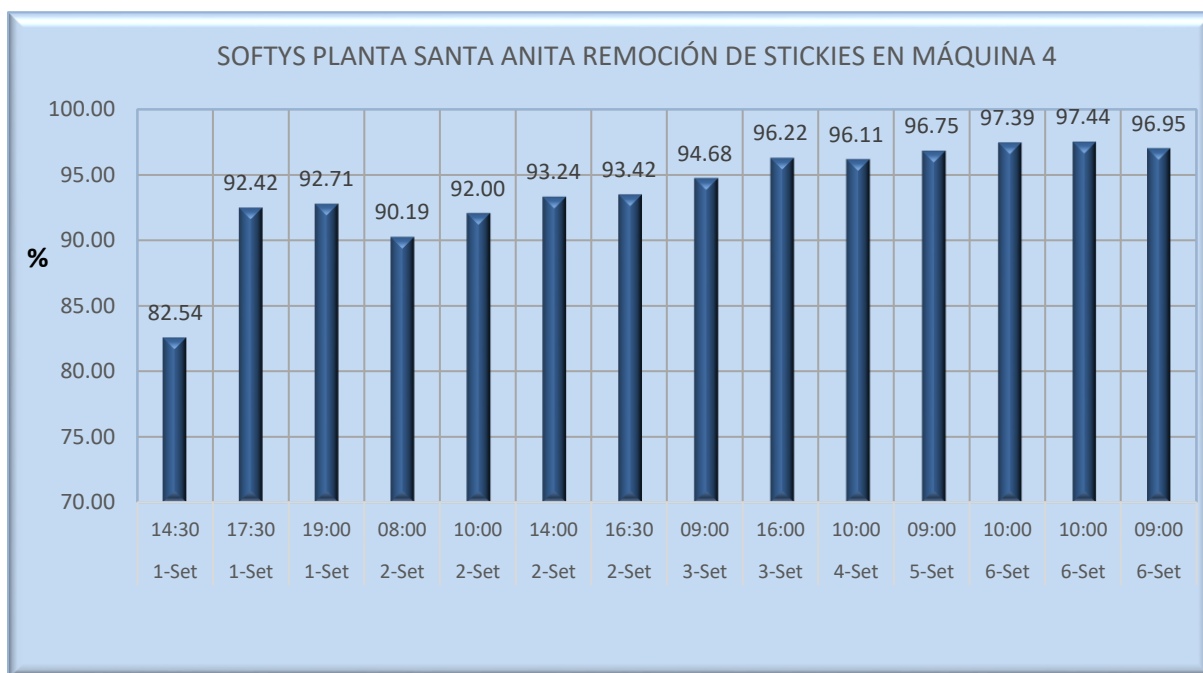
Tendencia conteo de stickies HB.



Nota. Elaboración propia.

Ilustración 14

Tendencia porcentaje de remoción de stickies.



Nota. Elaboración propia

Durante la aplicación del tratamiento propuesto, el consumo de solvente durante la producción de higiénico noble 72-15 gr fue de 122.5 kg/día como se señala en la tabla N° 04.

Tabla 4

Consumo de solvente durante la prueba.

Fecha	Ítems	Referencia	Consumo día (Kg/Día)	Total de consumo promedio (Kg)	Costo Promedio (USD/día)	Costo tonelada promedio (USD/ton)
1/09/2023	Tratamiento propuesto	Higiénico Noble 72 15gr	51	122.5	147	1.8
2/09/2023			170			
3/09/2023			128			
4/09/2023			124			
5/09/2023			112			
6/09/2023			150			

Nota. Elaboración propia

VI. PROPUESTA DE SOLUCION

6.1. Análisis Costo/Beneficio aplicación Control de stickies C-Ultra.

Para este análisis se consideró el promedio de producción de la MP4, el cual es de 80 ton/día. Antes de la prueba, el consumo de solvente que se utilizaba para corregir problemas de depósitos de stickies en la tela de formación, durante la producción de higiénico noble 72-15 gr, fue de 777 kg/día en promedio y durante la aplicación del tratamiento propuesto fue de 122 kg, esta disminución representa una reducción en el consumo de solvente del 84%, como se señala en la tabla N°05.

Tabla 5

Comparación del consumo de solvente

Fecha	Ítems	Referencia	Consumo día (Kg/Día)	Total de consumo promedio (Kg)	Costo Promedio (USD/día)	Costo tonelada promedio (USD/ton)	Reducción (%)
22/08/2023	Tratamiento actual	Higiénico Noble 72 15gr	851	777.71	983.26	11.7	84.2
23/08/2023			459				
24/08/2023			730				
25/08/2023			682				
26/08/2023			926				
27/08/2023			578				
28/08/2023			1218				
1/09/2023	Tratamiento propuesto	Higiénico Noble 72 15gr	51	122.5	147	1.8	
2/09/2023			170				
3/09/2023			128				
4/09/2023			124				
5/09/2023			112				
6/09/2023			150				

Nota. dadawad

La tabla N°05, muestra el costo del tratamiento actual; el cual está conformado por tres productos y un solvente que es usado de manera correctiva, este tratamiento representa un costo promedio de 21.34 USD/Tonelada de papel producido, el tratamiento propuesto tiene un costo de 6.3 USD/ton de papel producido; este representa una reducción en el costo del tratamiento 71% con respecto del tratamiento actual. Cabe indicar que a esta valorización se debe también considerar la productividad de la máquina, ya que no se presentó rechazos por hoyos en fabricación como en conversión, lo que indica que se tuvo mayor cantidad de toneladas de papel vendible.

Tabla 6

Costo del tratamiento propuesto.

COSTO BENEFICIO DE TRATAMIENTO PROPUESTO						
ITEMS	PRODUCTO	COSTO COMERCIAL (USD/KG)	DOSIS (KG)	COSTO APLICADO POR TONELADA DE PAPEL PRODUCIDO (USD/TN)	COSTO APLICADO O TOTAL (USD/TN)	REDUCCIÓN RESPECTO DEL TRATAMIENTO ACTUAL (%)
Tratamiento actual	Nalco 65000	3.6	2	7.2	21.34	71
	Castarperse	3	1.1	3.3		
	Enzy Forte Es	50	0.02	1		
	Solvente	1.2	8.2	9.84		
Tratamiento Propuesto	Control de Stickies C-Ultra	41.5	0.151	6.2665	6.3	

Nota. abuebbea

VII. CONCLUSIONES

- Con la aplicación del tratamiento propuesto, se logró dar un control completo de los contaminantes que llegan a máquina, permitiéndoles una alta productividad; además de mejorar los estándares ambientales y de seguridad en la parte operativa de máquina.
- Se reduce el tratamiento actual de 21.34 USD/ton a 6.3 USD/ton de papel producido, el cual representa una reducción en el costo del 71%.
- Se logra reducir el consumo del solvente de 11.7 USD/ton a 1.8 USD/ton, este

representa una reducción del 84%. Con esto se reduce el impacto ambiental producido por el mismo y se mejora la seguridad de los operadores.

- La remoción de stickies del sistema de producción, se mantiene por arriba del 95%.
- Se redujo los rechazos por hoyos por parte de calidad, mejorando papeles de nivel A.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda monitorear el tratamiento de aguas, ya que con la aplicación debe de haber mejoras en la parte de clarificación y mejora en la DQO, este último por la disminución de uso de solvente.
- Con el uso continuo de la aplicación del C- Ultra en el control de stickies el circuito de la pulpa y sobre todo del agua se va saturando llevando a que se reduzca las paradas para limpieza.
- Aplicando en continuo el tratamiento con el C-Ultra los arranques de la máquina tendrán menor presencia de stickies en la malla llevando a que la cantidad de hoyos en la hoja disminuyan o desaparezcan.
- Para los arranques de la máquina en paradas largas se recomienda adicionar en el agua blanca (tanque de agua TQ08), headbox, en el tanque TQ202 alrededor de 300 ml de C-Ultra diluido en un litro de agua con lo cual se reduce el impacto de los stickies en la malla.
- En lugar de usar solventes para la limpieza de la malla para la remoción de los stickies, se recomienda utilizar un producto a base de agua elaborado con materias primas de origen natural especialmente formulado para esta aplicación.
- Se recomienda realizar los lavados de la tela, para problemas puntuales de depósitos de

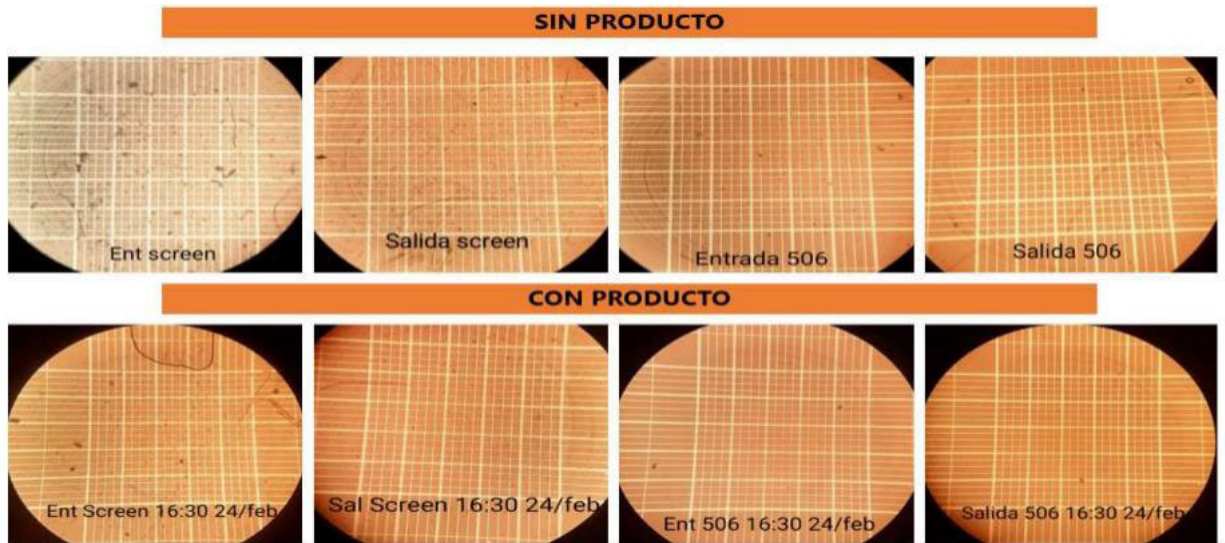
stickies, con uso de agua a presión. Esto gracias a que el producto les quita la tactosidad y permite su fácil remoción. Esto permitirá reducir o hasta eliminar el consumo de solvente.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

- Council, F. S. (2009). Enfoque del FSC para la colocación y valorización de fibra de papel recuperada pre-consumo en productos de papel certificados.
- Hubbe, M., Rojas, O., & Venditti, R. (2006). Control of tacky deposits on paper machines—A Review. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 21(2), 154–171.
<https://doi.org/10.3183/npprj-2006-21-02-p154-171>
- Licursi, D., Antonetti, C., Martinelli, M., Ribechini, E., Zanaboni, M., & Raspolli Galletti, A. M. (2016). Monitoring/characterization of stickies contaminants coming from a papermaking plant - Toward an innovative exploitation of the screen rejects to levulinic acid. *Waste Management*, 49, 469–482.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.026>
- Venditti, R.A.; Chang, H.M.; Copeland, K.L. Evaluation of various adhesive contaminant (stickies) analysis methods for use in old corrugated container recycling plants. *Prog. Pap. Recycl.* 2002, 11(2), 38-46.
- Venditti, R.A.; Chang, H.; Copeland, K.L. Evaluation of various adhesive contaminant (stickies) analysis methods: tracking stickies concentrations across unit operations in old corrugated container recycling plants. *Prog. Pap. Recycl.* 2005, 14(2), 9-16.
- Gonzales, J., Rodriguez, J., & del Monte, A. (2020). Las lipasas enzimas con potencial para el desarrollo de biocatalizadores inmovilizados por absorción interfacial. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 124-140.
- M. Douek y col. (2003). Estudio de depósitos y contaminantes en fábricas que utilizan fibra reciclada. *Prog. Papilla. Reciclar*.

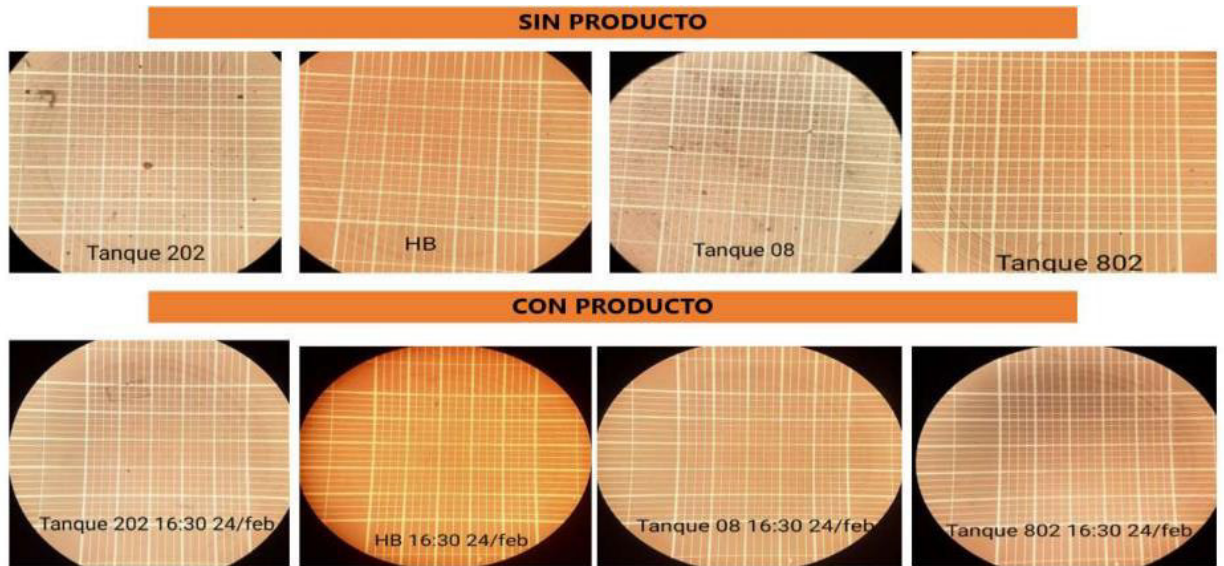
X. ANEXOS

Anexo A



Evidencias fotográficas del tratamiento. (**Anexo A**)

Anexo B



Evidencias fotográficas del tratamiento. (**Anexo B**)