

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS PROCESOS
DEL LADO HUMEDO EN LA FABRICACIÓN DE PAPEL TISSUE**

ORNEY ANTONIO PEÑARETE HIGUITA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA, ECBT
TECNOLOGÍA EN LOGÍSTICA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2018

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS PROCESOS
DEL LADO HUMEDO EN LA FABRICACIÓN DE PAPEL TISSUE**

ORNEY ANTONIO PEÑARETE HIGUITA

Proyecto de grado para optar al título de Tecnólogo en Logística Industrial

Asesor

VÍCTOR HUGO RODRÍGUEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA, ECBT
TECNOLOGÍA EN LOGÍSTICA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2018

Agradecimientos

Agradezco a mi familia que siempre me han apoyado y a la empresa Papelera, que me brindó su apoyo, a los docentes, en especial al profesor Víctor Hugo Rodríguez de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, a los operarios, ayudantes y personal de la empresa que, en las etapas del proceso con su esmero, me aportaron y guiaron en los problemas y dudas en la fabricación de papel, gracias por toda su colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	7
1. El problema de investigación	8
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2 Formulación del problema	8
2. Justificación	9
3. Objetivos	10
3.1 Objetivo general	10
3.2 Objetivos específicos	10
4. Marco Conceptual	11
4.1 WET END	11
4.2 Variables químicas	11
4.3 Medición del pH	11
4.4 pH del agua fresca	12
4.5 Efecto del pH en la solubilidad y sistema de aditivos	12
4.6 Acidez	13
4.7 Alcalinidad	13
5. Metodología	15
6. Caracterización de las interacciones de la parte húmeda en el proceso de fabricación de papel tissue	16
6.1 La fibra	17
6.1.1 Basura aniónica	18
6.1.2 Carga superficial y fenómenos electrocinéticas	19
6.1.3 Efecto del área superficial	21
6.1.4 Desarrollo de la carga	21
6.1.5 Carga superficial de algunos materiales utilizados en la elaboración de papel	21
6.1.6 Efecto de la carga superficial	22

6.1.7	Carga soluble y adsorción del aditivo	22
6.1.8	Elementos de la química del lado húmedo.....	23
6.1.8.1	<i>Depósitos microbiológicos</i>	23
6.1.8.2	<i>El proceso de coagulación</i>	24
6.1.8.3	<i>Retención de primer paso (finos)</i>	24
6.1.8.4	<i>Retención de los finos y materia coloidal</i>	24
6.1.8.5	<i>Química coloidal</i>	25
6.1.8.6	<i>Titulación coloidal</i>	26
6.1.8.7	<i>Retención de partículas coloidales</i>	26
6.1.8.8	<i>Clarificación de agua y remoción de sólidos</i>	27
6.1.8.9	<i>Coagulación</i>	27
6.1.8.10	<i>Floculación</i>	28
6.1.8.11	<i>Sedimentación</i>	29
6.1.8.12	<i>Clarificación por flotación</i>	29
6.1.8.13	<i>Caracterización de la parte húmeda</i>	30
7.	Recomendaciones que ayuden al personal de las máquinas a tomar acciones correctivas correlacionando síntomas observables con problemas específicos.....	31
8.	Aditivos, conocimiento y manejo	33
8.1	Retención e influencia de los aditivos	35
8.2	Turbidez y su importancia en el proceso	35
8.3	Dureza y su mal manejo	36
8.4	Presencia del hierro en el agua.....	36
8.5	Recomendaciones.....	37
9.	Problemas generales de la química del lado húmedo correlacionando síntomas observables con problemas específicos	39
9.1	Espuma	39
9.2	Depósitos	39
9.3	Limo	41
9.4	Caída de las propiedades físicas del papel.....	41
9.5	Problemas de perfil.....	42
	Conclusiones.....	43
	Referencias bibliográficas.....	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Equipo para medir el pH	14
Figura 2. Máquina de papel tissue 5.....	17
Figura 3. Equipo para medir las demandas de carga de las aguas de la máquina de papel en menor tiempo.....	20
Figura 4. Diagrama del proceso de fabricación de papel.....	30
Figura 5. Equipo para medir la turbidez	36

Introducción

Con la Guía de Buenas Prácticas se puede mejorar el proceso y darle un mejor manejo a las interacciones o reacciones iónicas de la parte húmeda de la maquina papelera para ello la evaluación de los parámetros de pH, turbidez, sólidos, consistencia, carga iónica, retención, en el proceso de fabricación del papel nos proporciona una información valiosa para diagnosticar el estado de carga eléctrica de la suspensión fibrosa y así evitar excesiva dosificación de químicos en el proceso, caídas de guía, acumulación de depósitos, reducción en costos de producción, etc. También que mediante este estudio el lector pueda diagnosticar y ayudar a solucionar los problemas que se presenten en la parte húmeda de la máquina. El conocimiento del estado de la carga superficial de las fibras, finos y materiales coloidales permite la optimización del proceso de fabricación.

1. El problema de investigación

1.1 Planteamiento del problema

Generalmente se presentan situaciones donde operarios, ayudantes o maquinistas desconocen o tienen un conocimiento muy básico en las interacciones iónicas entre fibras y químicos lo cual se intenta concientizar y mejorar el proceso y manejo de quienes hacen parte de él, ya que sin tener en cuenta el comportamiento o desconocer el proceso de las interacciones de la parte húmeda de las máquinas papeleras, se genera un costo adicional en el proceso en la fabricación de papel, ya que una sobre dosis de químicos aumenta el precio en el producto terminado, generando mayor consumo de los aditivos sin necesidad, en el cual también se podría revertir el proceso, dejando todo el sistema catiónico + el cual nos indica que los químicos no tendrían con quien interactuar en la suspensión fibrosa y también esto conlleva a verse afectado la retención y drenaje, las propiedades físicas del papel, rupturas en la máquina o inestabilidad. Debido a las interacción o enlaces de fibra a fibra, dejando como resultado un incremento en la producción, sobre costos, pérdida de tiempo y papel de menor calidad.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo elaborar una guía de buenas prácticas para los procesos del lado húmedo en la fabricación de papel tissue?

2. Justificación

La elaboración de la guía de buenas prácticas en los procesos del lado húmedo en la fabricación de papel tissue, (el proceso de elaboración tiene varias etapas, pulpers, destintado y la máquina que cuenta con su lado húmedo y seco) es conveniente para conseguir la aplicación y cumplimiento de los procesos, si bien hasta el momento los operarios encargados de la actividad hacen las tareas de manera empírica, se debe garantizar que se tenga la formación adecuado para que no se presenten gastos ni procesos adicionales.

En la empresa no existe una guía de buenas prácticas para el proceso de fabricación de papel tissue, en consecuencia, los operarios encargados del proceso hacen las tareas de manera empírica (o de acuerdo con su conocimiento o experiencia) ...

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Elaborar una guía de buenas prácticas en los procesos de la parte humedad en la producción de papel tissue en una empresa papelera de la región.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las interacciones de los aditivos químicos y de la fibra (parte húmeda) en el proceso de fabricación de papel tissue.
- Elaborar una lista de recomendaciones que ayude al personal de las máquinas a tomar acciones correctivas correlacionando síntomas observables con problemas específicos.

4. Marco conceptual

4.1 WET END

la química del lado húmedo es un término usado para describir las interacciones químicas entre la fibra con las demás partículas de la pasta. Cualquier sólido disperso en contacto con el agua asumirá una carga eléctrica. El principal factor que afecta la química del lado húmedo es la carga coloidal. (Guaqueta, 2001)

4.2 Variables químicas

Las condiciones de la química del lado húmedo deben ser controladas cuidadosamente para obtener el drenaje, encolado, resistencia, etc., que son deseadas. Muchas son las variables químicas, pero estas son las más importantes:

- pH
- Materiales suspendidos y disueltos
- Electrocínética y carga superficial
- Aditivos químicos
- Turbidez

4.3 Medición del pH

El pH es una expresión de la concentración del ion hidrógeno. El término pH se encuentra definido como el logaritmo negativo de la concentración del ion de hidrogeno: $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$. El pH es medido generalmente por un pH-metro, aunque también se puede hacer por titulación con químicos, lo cual requiere un mayor esfuerzo. Una definición breve del pH es que consiste en la medida de la acidez o alcalinidad de una solución, la cual varía en una escala de 0 a 14, en

la industria papelera el pH varía según el producto terminado. en la fabricación de papel tissue el pH está en un rango de 6,5 a 7,5 donde los extremos generan un consumo excesivo de productos químicos.

4.4 pH del agua fresca

La mayoría de las fuentes de agua fresca utilizadas en la industria del papel tienen un pH entre 6 y 8. En los sistemas neutros o alcalinos es necesario que el pH del agua utilizada se mantenga siempre en un rango estrecho, lo más cercano a la neutralidad.

Para el control de pH es mejor usar ácido sulfúrico en lugar de alumbre cuando éste está muy alcalino, ya que el alumbre puede acarrear gran acumulación de aluminio que finalmente provoca depósitos en el molino.

4.5 Efecto del pH en la solubilidad y sistema de aditivos

El efecto fundamental del pH es el impacto sobre grupos funcionales de materiales disueltos; el bajo pH incrementa la posibilidad de volatilización de gases como el CO₂, (dióxido de carbono) SO₂, (dióxido de azufre) H₂S, (sulfuro de hidrogeno) y Cl₂, (dicloro) pero no el amoniac, NH₃.

El pH alto afecta las pulpas blanqueadas, se incrementa la demanda catiónica del sistema debido al incremento de la repulsión entre partículas coloidales como lignina y otros materiales contenidos en la madera.

Materiales inorgánicos como sales de calcio y magnesio se hacen menos solubles a pH altos, lo cual puede provocar su precipitación.

Los cambios en el pH pueden afectar la absorción de materiales como son las cargas, resinas, agentes de resistencia en húmedo, ayudantes de retención y otros aditivos. (Jaramillo Correa & Atehortua Perdomo, 2002)

4.6 Acidez

Medida de la cantidad total de $[H^+]$ que se pueden producir por reacciones de ionización, contribuyen: ácidos orgánicos, ácidos minerales, hidrólisis de sales, dióxido de carbono. Cuando el pH está por debajo de 5.0 los iones de hidrógeno se pueden medir hasta mg/L, esto se hace mediante una titulación utilizando una solución estándar de álcali. El punto final puede detectarse mediante indicadores, el resultado se conoce como acidez. Cuando se utiliza alumbre para el control de pH o para encolado se puede observar que a pesar de que se utiliza cada vez más alumbre el pH no cambia, en estos casos se utiliza la acidez para el control de la cantidad de alumbre a utilizar. Efectos de la acidez en los sistemas papeleros pueden alterar el desempeño de algunos agentes químicos como ayudantes de retención, resinas para encolado, etc.

4.7 Alcalinidad

La alcalinidad es la presencia de minerales alcalinos en el agua. La alcalinidad en el agua se debe principalmente a bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. El contenido de estos materiales depende del rango de pH en el cual se encuentre el sistema.

Los efectos que trae la alcalinidad en el sistema paplero hacen que: el agua en el molino afecte el potencial de deposición o corrosión de un sistema, consumo de alumbre, reversión del ASA (agente de resistencia en húmedo), desempeño de la retención y recubrimiento en el Yankee. Si se tiene alta alcalinidad se puede observar la formación de espuma, corrosión en las

líneas de vapor, etc. Cuando el carbonato de calcio se utiliza en medios ácidos se puede formar espuma debido al desprendimiento de CO_2 y el calcio se puede depositar como sulfato de calcio. Esta condición se puede presentar en molinos que utilizan fibra secundaria que contiene carbonato de calcio como filler o Recubrimiento.

La alcalinidad aumenta el hinchamiento de las fibras y aumenta la accesibilidad y reactividad de los grupos hidroxilo. La alcalinidad del agua es un sistema importante para determinar si los minerales contenidos en dicha agua pueden causar corrosión o depósitos en el sistema. (ver Figura 1) para medir en menor tiempo el pH. (Ortega, 1997)



Figura 1. Equipo para medir el pH

Fuente: Laboratorio Químico, 2018

5. Metodología

Para el diseño de la guía en el proceso de las interacciones iónicas, se realizó un estudio en diferentes industrias papeleras existentes de papel tissue (higiénico), se analizaron las condiciones más favorables y las variables relevantes que intervienen en cada una de las etapas del lado húmedo.

La investigación inició con los problemas encontrados en la elaboración de papel tissue debido a la falta de conocimiento técnico de los operarios, ya que la información es tácita y no cumple un proceso de formación para ellos, con la elaboración de la guía y para ello se quiere dar conocimiento de las variables y explicar su comportamiento de una forma clara y específica en manuales de procesos y mejoras continuas.

En si cada mejora e incremento en el proceso es muy beneficioso y satisfactorio para la empresa ya que estandariza el proceso.

6. Caracterización de las interacciones de la parte húmeda en el proceso de fabricación de papel tissue

la fabricación de papel tiene varias secciones en su proceso o elaboración comenzando desde los pulpers, que es donde se adiciona la materia prima en este caso papel reciclado y de ahí sigue destintado, que es la encargada de quitar la tinta al papel más limpiarla y terminar su blanqueo y por último pasa a la máquina de papel, la cual cuenta con su sección de lado húmedo y la sección de lado seco. Lo cual esta guía se enfoca en la parte húmeda que es la formación, prensado y secado del papel en la máquina Papelera, la cual es la parte semifinal del proceso en la fabricación y no menos importante ya que acá se realizan las interacciones iónicas de químico a fibra es muy importante su control o manejo. (visualizar figura 1). Datos para tener en cuenta en estas secciones es la cantidad de agua que maneja en el Proceso y los aditivos del sistema en la suspensión fibrosa que tiene un porcentaje del 99% de agua la empresa papelera maneja un circuito cerrado ya que se puede manejar 500 galones de agua diaria para su proceso, un mal movimiento incrementa su consumo y vida útil en el proceso por ende, en la guía se encontraran, palabras como coloides que significa un sistema que está conformado por dos o más fases, se ve más frecuente una liquida y la otra dispersa (agua, fibra, químicos y basura).

Las **interacciones iónicas** significan los enlaces que se hacen entre químicos y fibra, ya que la fibra es de carga negativa (aniónica) y en si los químicos son de carga positiva (catiónica).

La **electrocinética** que también se da en este sistema por la carga en movimiento, de los químicos y la fibra. (Ver figura 2)

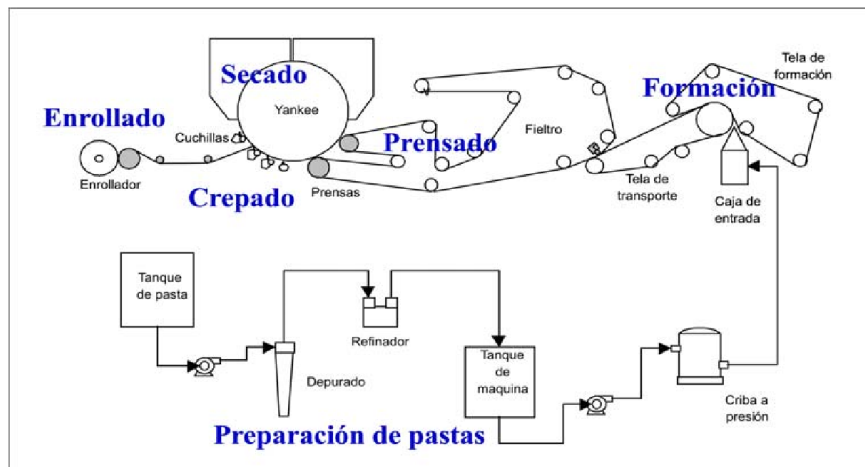


Figura 2. Máquina de papel tissue 5

Fuente: SCA, Papeles Higiénicos del Centro S. A., de C.V., s.f. p. 15

La máquina papelera maneja dos partes, la parte húmeda y la parte seca la cual esta guía se basa en el proceso de la parte húmeda ya que la parte seca es en el final, enrollador lo cual es donde ya sale formado el papel tissue (higiénico) y se hacen las pruebas de calidad para ver si cumple con las especificaciones del cliente además si están bien las condiciones del lado húmedo dado que si hay variaciones o se efectuó mal el proceso afecta el producto terminado.

6.1 La fibra

Un conocimiento específico y esencial de la fibra es que por naturaleza la fibra contiene carga aniónica.

Cuando se trabaja con fibra reciclada su carga aniónica es mayor debido al contenido de partículas como basura aniónica, cargas y aditivos adheridos a la fibra.

6.1.1 Basura aniónica

También se conoce como sustancias interferentes. La característica aniónica proviene de la carga negativa que presenta la mayoría de los hidrocoloides y materiales poliméricos de la madera, estas sustancias producen efectos altamente negativos en el uso de aditivos catiónicos como por ejemplo químicos funcionales y de control de proceso.

Las sustancias interferentes consisten en materiales disueltos y coloides que afectan adversamente la fabricación del papel.

El efecto negativo de la basura aniónica se debe en algunos casos a su reacción, con macromoléculas catiónicas formando complejos propensos a la precipitación o bien a la facilidad de estas sustancias de disminuir el carácter catiónico de los químicos empleados en el proceso, estas sustancias se encuentran en altos niveles en suspensiones fibrosas del papel reciclado, papel prensa, liner, y corrugado medio. En la mayoría de los casos se presenta como lignina y hemicelulosas disueltas (Provenientes de la madera, pulpa virgen).

Las sustancias interferentes pueden crear problemas de incrustaciones, limo, espumas y corrosión que con lleva a problemas de calidad y a dificultades operacionales.

Las fuentes más importantes de las sustancias interferentes incluyen elementos disueltos o dispersos durante operaciones de pulpeo, blanqueo, refinado y almacenado de pulpa. También se incorporan sustancias interferentes en el agua fresca utilizada en soluciones de aditivos o en la fibra reciclada usada como materia prima.

También se conoce como sustancias interferentes. La característica aniónica proviene de la carga negativa que presenta la mayoría de los hidrocoloides y materiales poliméricos de la madera, estas sustancias producen efectos altamente negativos en el uso de aditivos catiónicos como por ejemplo químicos funcionales y de control de proceso.

Las sustancias interferentes consisten en materiales disueltos y coloides que afectan adversamente la fabricación del papel.

El efecto negativo de la basura aniónica se debe en algunos casos a su reacción, con macromoléculas catiónicas formando complejos propensos a la precipitación o bien a la facilidad de estas sustancias de disminuir el carácter catiónico de los químicos empleados en el proceso, estas sustancias se encuentran en altos niveles en suspensiones fibrosas del papel reciclado, papel prensa, liner, y corrugado medio. En la mayoría de los casos se presenta como lignina y hemicelulosas disueltas (Provenientes de la madera, pulpa virgen).

Las sustancias interferentes pueden crear problemas de incrustaciones, limo, espumas y corrosión que con lleva a problemas de calidad y a dificultades operacionales.

Las fuentes más importantes de las sustancias interferentes incluyen elementos disueltos o dispersos durante operaciones de pulpeo, blanqueo, refinado y almacenado de pulpa. También se incorporan sustancias interferentes en el agua fresca utilizada en soluciones de aditivos o en la fibra reciclada usada como materia prima. (Rojas Gaona, 2003)

6.1.2 Carga superficial y fenómenos electrocinéticas

Los mecanismos de retención y drenaje en la máquina papelera dependen de la composición e interacciones entre los componentes de la suspensión fibrosa. Las interacciones son afectadas por factores electrocinéticas los cuales son determinados primordialmente por la carga eléctrica en la superficie de las partículas (finos, fibras, cargas, minerales) o la densidad de carga del material soluble y coloidal (polisacáridos, polímeros, y agregados de aditivos químicos, etc.).

Los efectos de las propiedades químicas y físicas de los finos tienen una especial importancia en la estabilidad y productividad de la máquina, respecto a la formación y retención.

La modificación de la electrocinética del proceso mediante la incorporación de aditivos químicos en la suspensión fibrosa repercute directamente en la formación, encolado, drenaje, retención, y la operación de la máquina.

En sistemas limpios la carga superficial a pH menores de 2.75 es nula, a pH del orden 7 a 8 las fibras como los finos poseen carga negativa.

Pulpas producidas a partir de diferentes materias primas y diferentes condiciones de pulpeo poseen diferentes cargas superficiales. En algunos casos la suspensión contiene productos de reacción y de blanqueo (normalmente aniónicos) que se adsorben sobre la pulpa y se suman en la producción de mayor carga negativa en la superficie de fibras y finos. Adicionalmente los aditivos funcionales y aditivos incorporados al proceso y que se adsorben en las superficies celulósicas contribuyen en forma importante a la carga neta de la superficie. (Ver figura 3)



Figura 3. Equipo para medir las demandas de carga de las aguas de la máquina de papel en menor tiempo

Fuente: Mütek Lab. Products (s.f.)

6.1.3 Efecto del área superficial

En la mayoría de los casos los aditivos químicos trabajan debido a la adsorción. La adsorción depende de las interacciones electrostáticas de cada aditivo y del área disponible para la adsorción. La adsorción ocurre sobre la superficie de las partículas. Los finos tienen una gran capacidad de adsorción y absorción, de hinchamiento y participan en los procesos de intercambio iónico originados por tener una alta área específica, alta carga eléctrica superficial y composición química superficial.

6.1.4 Desarrollo de la carga

La mayoría de las superficies desarrollan una carga característica en el agua. La carga se consigue por una o varias de las siguientes acciones:

- Ionización de grupos funcionales sobre la superficie de las moléculas.
- Mayor tendencia de algunos iones para disolverse.
- Absorción de iones de la solución.
- El desarrollo de la carga también se puede conseguir mediante el proceso mecánico de la refinación, en caso de la fibra virgen, la cual antes de ser sometida a este proceso tiene una carga aniónica y después de pasar este proceso su carga aniónica se incrementa.

6.1.5 Carga superficial de algunos materiales utilizados en la elaboración de papel

Todos los materiales que se utilizan en la elaboración de papel toman una carga eléctrica cuando se encuentran en agua. La fibra y los finos de fibra tienen características aniónicas debido a la ionización de los grupos carboxílicos estos grupos son de la fibra y se dan al contacto

con el agua. La mayoría de las cargas y algunos aditivos tienen naturalezas aniónicas cuando se encuentran en suspensión. (Ortega, 1997)

6.1.6 Efecto de la carga superficial

El efecto de la carga superficial es determinante para la selección y optimización de todos los aditivos que se utilizan en la elaboración de papel. Los finos y las fibras siguen las leyes de la química coloidal, la cual están disueltos y es un equilibrio de atracciones y repulsiones, que pueden facilitar o imposibilitar la generación de la hoja de papel.

- Las partículas coloidales permanecen dispersas debido a una fuerte repulsión de cargas negativas, como cuando se acercan polos iguales de un imán.
- Si la carga eléctrica es reducida y llevada cerca a cero, no existe repulsión entre las partículas permitiendo que éstas se acerquen unas a otras, coagulan.
- Las partículas pueden dispersarse si se adiciona en exceso una fuente catiónica, lo cual crea una carga catiónica fuerte.

La retención de aditivos que poseen la misma carga que la pasta es difícil, lo cual hace necesaria la utilización de productos que reduzcan la repulsión y permitan que los aditivos se atraigan eléctricamente a los finos. También se pueden dar el caso contrario en el cual se utilicen cantidades excesivas de alumbre y almidón provocando que se sobre cationice el sistema obteniendo una pobre retención de este aditivo.

6.1.7 Carga soluble y adsorción del aditivo

Los materiales aniónicos solubles pueden también afectar el consumo de aditivos. Los que son altamente aniónicos consumen grandes cantidades de material catiónico. Para mejorar la

retención de estos materiales aniónicos se debe reducir la repulsión con lo cual se obtendrá mejor retención y efectividad del aditivo. Después que la repulsión se reduce, la floculación es más efectiva. El consumo de aditivos como resina, suavizantes, almidón se pueden ver reducidos debido a la disminución de la repulsión.

6.1.8 Elementos de la química del lado húmedo

Los elementos principales son:

6.1.8.1 Depósitos microbiológicos

- **Nutrientes y bacterias:** Una parte importante de la química del lado húmedo está en minimizar los depósitos. Esto se logra con un buen control microbiológico combinado con un buen control de la carga coloidal, manteniendo el sistema limpio de impurezas.

Las contaminaciones microbiológicas resultan de los microorganismos que entran al sistema por el agua fresca, pulpa, materias primas, aditivos, aire, etc.

La identificación de los contaminantes, las selecciones de un programa de biosidas apropiado conllevan a un buen control microbiológico. Además, la coagulación será usada para disminuir la cantidad de nutrientes en el sistema y mantener el sistema limpio de microorganismos.

El material coloidal representa el principal nutriente para los microorganismos. La acumulación de estos materiales en el sistema del molino puede generar grandes poblaciones de organismos y reducir la efectividad de los trabajos de control microbiológico. (Jaramillo Correa & Atehortua Perdomo, 2002)

6.1.8.2 El proceso de coagulación

Las partículas coloidales pueden tomar carga negativa o positiva, las partículas son estabilizadas por una carga fuerte y permanecen dispersas, porque las partículas con la misma carga se repelen.

El proceso de coagulación es básicamente la reducción de la repulsión de las partículas. La coagulación es la parte más importante en el control de depósitos y programas de retención.

Una coagulación adecuada mejora la retención de partículas coloidales y minimiza la acumulación y su frecuente precipitación de materiales coloidales.

6.1.8.3 Retención de primer paso (finos)

Es una medida que indica que tanto material fue retenido en la hoja con respecto al material que entra a la cabeza de maquina (Head Box). Una pobre retención de primer paso puede provocar la formación de dos caras en el papel, así como una distribución no uniforme en la hoja.

6.1.8.4 Retención de los finos y materia coloidal

El método de retención llamado filtración o retención mecánica se da durante la formación de la hoja, las partículas de un tamaño mayor no alcanzan a traspasar los orificios de la malla ni los poros de la red fibrosa húmeda.

Los finos de fibra deben ser monitoreados permanentemente debido a que son materiales de mayor dificultad para ser retenidos y afectan el drenado. Los papeles en los cuales se utiliza mayor cantidad de cargas consumen más aditivos para poder retenerlos en el papel. Cuando se analizan algunos depósitos se observa cómo la mayor parte de ellos son finos que se han aglomerado con otros materiales para formar los depósitos.

El término fino se ha definido como todo aquel material que pasa a través de una malla de 200 mesh (70 micras). Todas las partículas que pasan a través de la malla y son visibles con un microscopio se clasifican como finos o cargas. Los materiales solubles se excluyen de la definición de finos ya que éstos no son detectados por una filtración.

La superficie de las fibras asegura las partículas coloidales. A menor repulsión entre las partículas incrementa el número de partículas aseguradas por la superficie de la fibra, pueden ser basura aniónica, rellenos, aditivos, etc., éstas se fijan a la superficie de la fibra por medio de las fuerzas de Van der Waal's. (son fuerzas de estabilización molecular; forman un enlace químico no covalente en el que participan dos tipos de fuerzas o interacciones, las fuerzas de dispersión (que son fuerzas de atracción) y las fuerzas de repulsión entre las capas electrónicas de 2 átomos contiguos). Para ayudar a asegurar estas pequeñas partículas existen productos químicos que sirven como coagulantes o floculantes los cuales actúan en la superficie de las partículas en sistemas aniónicos dado que pueden ser polímeros altamente catiónicos. A este proceso de retención se le llama agregación coloidal.

6.1.8.5 Química coloidal

La química de la fabricación del papel involucra principalmente interacciones entre las superficies y coloides que constituyen la suspensión de pulpa celulósica. Esto es evidente si se considera las especies presentes que incluyen: electrolitos disueltos, fibras suspendidas, finos suspendidos, partículas de carga minerales suspendidas, moléculas con actividad superficial (detergentes, dispersantes, extractivos de madera, antiespumantes, etc.), polímeros y polielectrolitos disueltos (poliacrilamidas, almidones o gomas naturales, resinas de resistencia en húmedo y en seco, etc.), agregados de moléculas de encolado.

Los componentes antes mencionados tienen la característica común de poseer dimensiones muy reducidas. Las pulpas recicladas contienen mucha variedad de partículas coloidales.

6.1.8.6 Titulación coloidal

La titulación consiste en neutralizar la carga de la muestra con un polímero catiónico, hasta observar el punto final de un cambio de color.

Esta titulación mide como se encuentra el sistema respecto al balance de cargas y se usa como una guía para la coagulación. Sistemas con altas cargas, aniónicas y catiónicas generalmente poseen poca retención de finos, aditivos, rellenos, la mejor retención ocurre cuando el sistema se encuentra cercano a la neutralidad.

6.1.8.7 Retención de partículas coloidales

La retención de partículas coloidales es alcanzada en la malla y el rechazo de estas partículas disminuye la eficiencia de la máquina papelera.

Si la repulsión puede ser minimizada al punto que todas las partículas dejen la máquina con el papel, la máquina debería estar libre de depósitos.

Para minimizar completamente la repulsión entre las partículas en la cabeza de la máquina, primero se deben neutralizar lentamente las partículas que lo necesitan las cuales pueden sobre cationizar otras partículas, entonces estas partículas sobre cationizadas se pueden neutralizar con una macropartícula adecuada.

La adición de un coagulante muy cerca de la cabeza de la máquina puede no tener el tiempo suficiente para neutralizar las partículas.

Diferentes coagulantes se comportan de manera diferente en sistemas diferentes.

Combinaciones de coagulantes pueden mejorar los resultados. (Guaqueta, 2001)

6.1.8.8 Clarificación de agua y remoción de sólidos

Las partículas coloidales pueden ser removidas utilizando la repulsión entre ellas. Esto se puede lograr con un clarificador, disminuyendo los sólidos del agua y haciendo que se pueda reutilizar en otros sistemas del mismo molino.

La clarificación del agua es la remoción de sólidos suspendidos de una corriente o fuente de agua mediante sedimentación o flotación con aire disuelto.

Para una remoción eficiente de los sólidos siempre se necesita de un tratamiento químico que consiste en coagulación y floculación. Mediante estos procesos se garantiza la operación estable y efectiva de los equipos dispuestos para este propósito.

6.1.8.9 Coagulación

La fibra y la mayoría de los aditivos para la elaboración de papel y preparación de pasta son de naturaleza aniónica (Carga negativa), lo cual provoca que las partículas se repelan unas a otras, de igual manera que lo hacen los polos de igual carga de un imán.

Las partículas que se mantienen dispersas en las corrientes se denominan coloides. Las cuales tienen cargas eléctricas negativas sobre la superficie que producen repulsión e impiden el proceso de clarificación.

La coagulación consiste en la neutralización de esta carga negativa que mantiene a las partículas separadas. Esto se consigue mediante la adición de un polímero coagulante de carga positiva el cual neutraliza la carga negativa, desintegrando la nube aniónica y disminuyendo la distancia entre ellas. La carga positiva del coagulante sirve como puente entre las partículas de

carga negativa, formando aglomerados de partículas los cuales son la base para la floculación y la flotación en los diferentes equipos.

Una sobre dosificación de los coagulantes provoca una desestabilización de las partículas mediante el cambio de la carga al extremo positivo.

6.1.8.10 Floculación

La floculación consiste en un proceso mecánico de absorción de las partículas coaguladas para formar un floc, debido a la acción de un producto químico floculante.

El floculante aglomera las partículas coaguladas en flocs, que se absorben sobre la superficie del polímero floculante, formando partículas de mayor tamaño, removiéndolas de la corriente de agua, permitiendo su sedimentación o flotación con aire disuelto.

Los floculantes pueden tener carga aniónica, catiónica o no tenerla, su efectividad depende del peso molecular o tamaño de la cadena del polímero.

Teniendo en cuenta que el proceso de floculación es mecánico existen algunos factores que afectan positiva o negativamente su efectividad:

- **Aplicación de energía:** La excesiva aplicación de energía puede provocar la desintegración del floc, afectando la clarificación y haciendo que las partículas se redispercen en el agua.
- **Tiempo de floculación:** Entre mayor sea el tiempo que se permita para la floculación, la aplicación de energía mecánica, se pueden formar más flocs de mayor tamaño, retirando así mayor cantidad de sólidos de la corriente de agua.
- **Cantidad de sólidos:** Entre menor sea la cantidad de sólidos disponibles para la floculación, será menor la probabilidad que el floc sea lo suficientemente estable.

- Velocidad de degradación: Si los floc no son retirados en un tiempo razonable después de su formación se correrá el riesgo de fragmentación y posterior desintegración.

6.1.8.11 Sedimentación

Este proceso ocurre cuando el material coloidal o contaminante que se encuentran en el agua se aglomera debido a la floculación y a la coagulación, creando una gran masa o floc, ocasionando así que por su tamaño y peso en vez de flotar tiende a depositarse en el fondo del clarificador.

6.1.8.12 Clarificación por flotación

La clarificación por flotación se hace mediante aire disuelto en la corriente de agua a tratar, para formar microburbujas las cuales quedan atrapadas dentro de los flocs formados por la acción de coagulantes y floculantes, promoviendo la flotación de los flocs hasta formar una capa de “lodo” o material sólido el cual es removido permitiendo la clarificación del agua.

Las macropartículas deben introducirse a la corriente de agua antes del momento de formación de los floc, con el que el aire haga parte de los flocs formados aprovechando la mayor cantidad de partículas.

Los sistemas de flotación pueden operar de tres formas diferentes:

- **Presurización total:** Disuelve aire en toda la corriente a tratar, haciéndola pasar por la unidad de presurización de aire.
- **Presurización parcial:** Consiste en hacer circular una fracción del agua a tratar generalmente de 30 a 40% a través del sistema de presurización de aire.

- **Presurización con recirculación:** Consiste en utilizar agua clarificada para alimentar el equipo para presurización de aire, la cual se une posteriormente a la corriente de agua a tratar.

Para tener un mejor concepto donde se aplican los aditivos (químicos) y poder visualizar el proceso de la suspensión fibrosa en el sistema, ver la figura 5, diagrama del proceso de fabricación de papel. (Ortega, 1997)

6.1.8.13 Caracterización de la parte húmeda

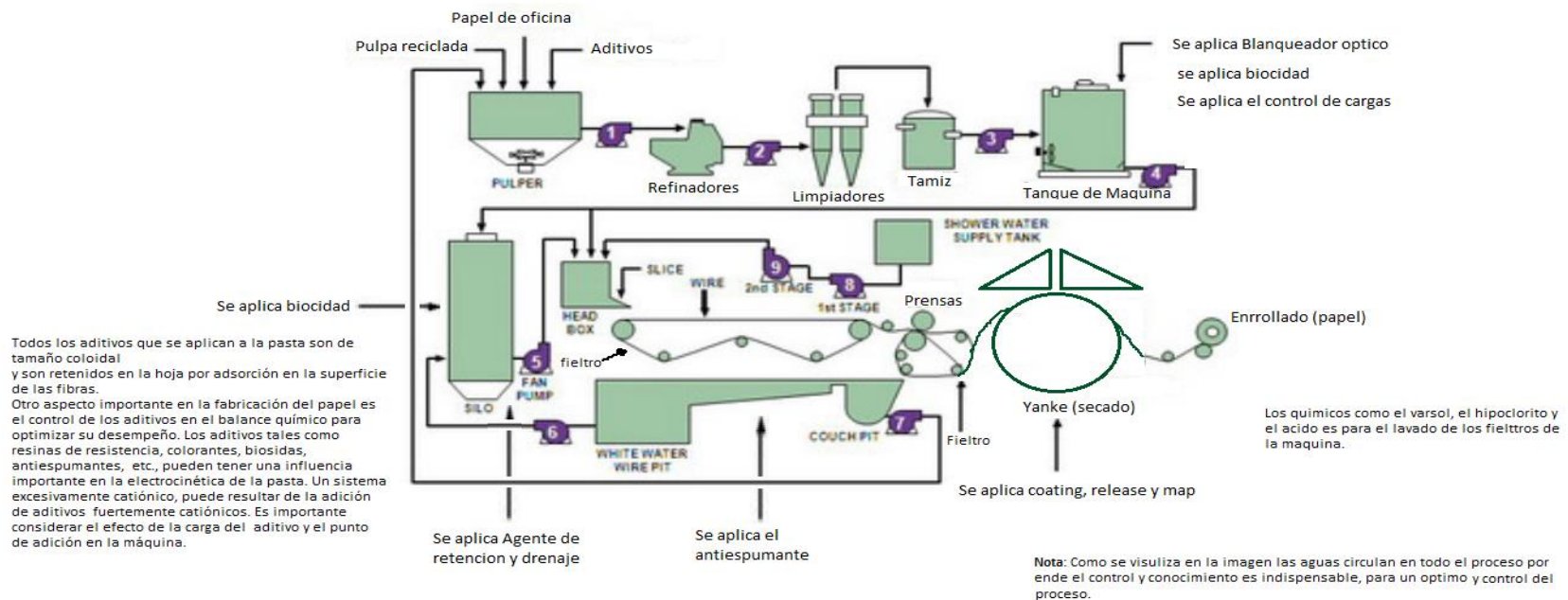


Figura 4. Diagrama del proceso de fabricación de papel

Fuente: Cosmocax, 2008

7. Recomendaciones que ayuden al personal de las máquinas a tomar acciones correctivas correlacionando síntomas observables con problemas específicos

en la fabricación del papel se utiliza una amplia variedad de aditivos químicos los cuales, deben tener un control y proceso adecuado por ende tienen algunas de las siguientes funciones:

- Suplir las deficiencias de la preparación de la pasta por ejemplo resistencia o blancura.
- Proveer propiedades específicas a la hoja de papel.
- Químicos para el control en el proceso, antiespumantes ayudantes de retención, control de incrustaciones.

Los aditivos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Aditivos Funcionales:** son para lograr las propiedades del papel, lo cuales puede ser:
 - ✓ Agentes de resistencia en húmedo o en seco
 - ✓ Encolantes
 - ✓ Pigmentos y rellenos
 - ✓ Colorantes
 - ✓ Blanqueadores ópticos

Se clasifican así para tener un mejor control ya que quienes trabajan con los aditivos no poseen conocimiento de ello, a la hora de almacenarlos y así poder identificarlos más fácil además que los aditivos funcionales son todos aquellos que se quedan en el papel, para mejorar su apariencia y ayudar a sus propiedades físicas.

- **Aditivos de Proceso:** son para mejorar la productividad de la máquina, los cuales pueden ser:
 - ✓ Agentes de retención
 - ✓ Promotores de drenaje

- ✓ Antiespumantes y des espumantes
- ✓ Acondicionadores de fieltro y lona

A diferencia de los funcionales los aditivos de proceso, como su nombre lo dice ayudan en el proceso dando más velocidad a la maquina un mayor drenaje de la aguas y retención de las fibras y aditivos en el papel. (Rojas Gaona, 2003)

8. Aditivos, conocimiento y manejo

estos son algunos aditivos utilizados en la fabricación del papel Tissue y sus cargas ya que es muy importante conocerlos lo cual no tenerlo en cuenta puede generar un mal manejo de los químicos, además se podría afectar la composición de la suspensión fibrosa por sobredosis o un mal manejo de los químicos, llevando a una mala formación de papel además sin aplicar en lugar indicado provocaría efectos negativos, dando solo pérdidas y desperdiciando los aditivos.

- **Hidróxido de sodio (soda cáustica).** Químico demasiado alcalino, retira el material orgánico.
- **Ácido clorhídrico (ácido muriático).** Se utiliza para retirar material inorgánico. El hidróxido de sodio y el ácido muriático se utilizan intercalados para no alterar el pH.
- **Varsol.** Solvente usado para la limpieza de stickies.
- **Hipoclorito.** Se usa en la limpieza.
- **Realse, derivado de amina de ácido graso.** Se usa como agente lubricante que facilita el desprendimiento de la hoja. Catiónico. +
- **Control de carga, Poliácridamida catiónica.** Se usa como agente de retención y drenaje y como coagulante en los sistemas de clarificación de aguas. Catiónico. +
- **Coagulante.** Se usa como neutralizante de carga para aglomerar las partículas coloidales que tienen cargas generalmente electronegativas. Catiónico. +
- **Floculante, Polímero de alto peso molecular.** Es utilizado en el sistema de clarificación para promover la formación de flóculos en el agua. Catiónico. +
- **Coating (Recubrimiento), poliamina.** Agente de adhesión al Yankee. Catiónico. +
- **Microbicida, isotiazolina.** Se usa en el control de depósitos de los microorganismos. Catiónico. +

- **Blanqueador óptico, derivado de ácido diestilbenzenico, tipo disulfonico.** Agente de blanqueo para la industria del papel, la función de este es convertir la luz violeta invisible en rayos visibles. Aniónico. -
- **Matizante violeta líquido, colorante mineral básico.** Da tonalidad azulosa al papel para hacerlo más blanco. Catiónico. +
- **Fosfato de amonio-Yankee.** Se utiliza como lubricante para darle más vida útil a la cuchilla crepadora. Catiónico. +
- **Macropartículas.** Mantiene las macropartículas dispersas y ayuda a la retención y el drenaje, incluso se usa para el control de micro stickies. Aniónica. -
- **Dispersantes, polímero, solución acuosa compuesto de amonio cuaternario.** Para el control de stickies. Catiónico. +
- **Suavizante en masa.** Son utilizados en grado de papel tissue los cuales son generalmente surfactantes. Catiónico. +
- **Colorante rojo básico, y azul básico.** Son aquéllos compuestos que proporcionan color al papel. Estos se pueden clasificar como tintas ácidas o directas. Catiónicos. +
- **Wet strength (Resina Resistencia en húmedo).** Producto usado como agente de Resistencia en Húmedo en papeles suaves, toallas, servilletas. Catiónica.
- **Antiespumante.** Su función es la de no permitir la entrada de aire a la pasta, lo cual causa problemas de formación y calidad del papel. Los antiespumantes pueden ser de base agua o aceite dependiendo de las necesidades y aplicación. Aniónica. -

8.1 Retención e influencia de los aditivos

Todos los aditivos que se aplican a la pasta son de tamaño coloidal y son retenidos en la hoja por adsorción en la superficie de las fibras. Sin retención provocaría mala formación, además que se perdería mucha cantidad de los aditivos usados en el proceso.

Otro aspecto importante en la fabricación del papel es el control de los aditivos en el balance químico para optimizar su desempeño. Los aditivos tales como resinas de resistencia, colorantes, biosidas, antiespumantes, etc., pueden tener una influencia importante en la electrocinética de la pasta.

Un sistema excesivamente catiónico, puede resultar de la adición de aditivos fuertemente catiónicos, revirtiendo el proceso y generando repulsión entre sí.

Es importante considerar el efecto de la carga del aditivo y el punto de adición en la máquina.

8.2 Turbidez y su importancia en el proceso

Esta prueba entrega información valiosa en la determinación del balance de carga de la pasta. Ésta determina la cantidad de material que no se retiene en la máquina debido a los esfuerzos que existen y las condiciones turbulentas, se debe hacer la prueba porque sin ella no se tendrá un control además habrá una sobredosis de los químicos sin necesidad y puede causar daños en la producción y en el papel. (Ver figura 4)



Figura 5. Equipo para medir la turbidez

Fuente: Fondriest Environmental (s.f.).

8.3 Dureza y su mal manejo

En sistemas con alta dureza (Ca-Mg) calcio y magnesio, se puede afectar la eficiencia de la resina de encolado. Cuando se precipita el carbonato de calcio se puede contribuir a la formación de pitch, incrementando su volumen. Una cierta cantidad de dureza es beneficiosa para el recubrimiento del Yankee.

La dureza es un indicador del potencial de formación de depósitos que pueden interferir con procesos como el encolado y con aditivos como los agentes de resistencia en húmedo. Este se da de los componentes de las aguas en el sistema se puede neutralizar con el antiincrustante para evitar corrosiones en las tuberías.

8.4 Presencia del hierro en el agua

Un alto contenido de hierro en el sistema causa reversión de la blancura. Como también puede reducir ciertas biosidas y afectar el recubrimiento del Yankee y demás aditivos en la máquina, debemos ser conscientes ya que sin un previo conocimiento estaríamos sobre

dosificando los aditivos y generando más daños en el proceso y la máquina. Se puede controlar también con el antiincrustante.

8.5 Recomendaciones

Se necesita de la guía de buenas prácticas ya que al tener un conocimiento más allá de lo empírico, ayuda a **no** realizar las tareas o acciones de una manera mecánica la cual es accionar un botón o verter un químico sin saber para qué sirve o que función cumple y que pasaría si no lo hace a tiempo y con la cantidad específica o establecida en los parámetros, ya que todo movimiento o proceso que se haga puede ocasionar o incurrir en el mal manejo de la producción dejando resultados como pérdidas o consumos mayores sin necesidad además que se refleja desde el inicio hasta el final del proceso.

- Realizar un diseño donde se tengan en cuenta los parámetros de pH, materiales suspendidos y disueltos, electrocinética y carga superficial, turbidez. Para hacer un seguimiento más controlado del proceso, este diseño se debe realizar en puntos claves del sistema, sitios donde hay distribución y recolección de aguas y a su vez sitios de distribución y recolección de pastas. Estos puntos arrojan datos que son esenciales en la fabricación del papel.
- Entrenar al personal dándole más conocimiento técnico y haciéndoles competencias laborales, motivándolos a crecer como personas y empleados en el área que les corresponda.
- Se debe establecer el máximo de datos en porcentaje de ceniza medida en el tanque colector, de tal manera que, con la acumulación del sistema cerrado, este porcentaje de ceniza no comience a afectarme el pH, el acondicionamiento del filtro, ni el recubrimiento del Yankee. Cuando se tenga este rango óptimo de trabajo de este parámetro del proceso se debe

establecer por medio de un procedimiento la apertura del sistema de aguas de tal manera que se disminuya el porcentaje de cenizas en el sistema. (material inorgánico en el sistema)

- El mantener los puntos de aplicación de los diferentes químicos en su lugar actual garantiza un proceso de fabricación estable siempre y cuando los resultados esperados estén en su rango.
- Mantener un registro de las pruebas, para optimizar el proceso mediante los cambios que se hace a cada producto o ensayo, con los diferentes materiales de fabricación. También se debe tener en cuenta la materia prima utilizada en el proceso.
- Mediante evaluaciones electrocinéticas en el proceso de fabricación se producen beneficios como una mejor retención (lo cual permite producir papeles con igual resistencia y encolado a menor costo), aumento en el drenaje (incremento en producción y ahorro de costos de prensado y secado) todo esto se puede dándole a conocer al personal su trabajo la importancias y características de cada labor y así evaluar con determinación cada área.
- Puede ser arriesgado proponer formulaciones o recetas para la optimización del proceso mediante evaluaciones de la carga eléctrica de la pasta, para casos en particular se puede tener secuencias de optimización de las variables del proceso, se recomienda:
- Mantener la carga iónica en el rango. de manera que el sistema pueda responder adecuadamente a adición de químicos, sin sobre consumos de ellos mismos.
- En sistemas de clarificación se debe tener en cuenta la aplicación de químicos para evitar la sobre floculación o dispersión de contaminantes, también se debe muestrear la entrada del clarificador para definir un valor de carga iónica óptimo con el que se debe trabajar para una mayor eficiencia de este.

9. Problemas generales de la química del lado húmedo correlacionando síntomas observables con problemas específicos

9.1 Espuma

Una espuma es un sistema disperso que consiste en burbujas de gas, separadas por películas de líquido. Estas pueden ser provocadas por movimientos mecánicos o por la incorporación de químicos en el proceso. Las espumas en la fabricación del papel pueden ser visibles o invisibles, dependiendo si estas están en la superficie líquida o atrapada debajo de esta. La espuma visible es menos perjudicial que la invisible y esta se puede eliminar mecánicamente. La espuma invisible representa un problema más serio y es de más difícil manejo, esto nos puede traer problemas de drenado en la medida que aumente su cantidad, sería aplicar el agente de anti espuma en zonas donde haya mayor caudal o este en cascada y así evitar la formación de espuma en el proceso. Ya que si hay espuma en el sistema puede generar rupturas en la máquina, además de dañar la formación del papel, por ende, es necesario tener un control y también controlar la dosis ya que una sobredosis del antiespumante genera taponamientos en la malla, fieltros y lonas de la máquina papelerera. (Rojas Gaona, 2003)

9.2 Depósitos

En primer lugar, es importante comprender las formas en que los propios depósitos se manifiestan durante la operación de las fábricas de pulpa y de papel. Tanto si los depósitos son fundamentalmente microbiológicos, no microbiológicos, o una combinación de ambos, lo que es más frecuentemente el caso, influirán en las operaciones de la fábrica de las maneras siguientes:

- **Pérdidas en el tiempo de producción:**

- ✓ Lavados y chorros de agua no requeridos por los cambios de orden.

- ✓ Limpieza de las telas y eliminación de manchas.
- ✓ Lavado del fieltro.
- ✓ Reparaciones y cambios más frecuentes de los fieltros.
- ✓ Rotura y eliminación del papel de los secadores y de los grupos calandrades.
- ✓ Limpieza de depósito en los depuradores de la máquina, desmontaje y limpieza de las cajas de succión; problemas con una materia prima pegajosa, en las prensas de limpieza, en las prensas doctores, en los secadores, y en los fieltros de los mismos; y dificultad al sacar el papel de la tela.

- **Disminución en el trabajo del equipo:**
 - ✓ Disminución en la velocidad promedio de operación de la máquina de papel, debido a las frecuentes roturas y/o la pérdida en eficiencia de las telas y de los moldes cilíndricos cegados por los depósitos.
 - ✓ Aumento en el vapor requerido para secar el papel que llega de las telas, los tejidos en formación, y los fieltros húmedos se operan con menor eficiencia.
 - ✓ Aumento en el vapor requerido para sobre secar el papel a fin de obtener uniformidad en el contenido de humedad, según especificaciones del cliente.

- **Aumento en el costo del calor, de los productos químicos de las cargas de las fibras y del agua:**
 - ✓ Pérdidas en el agua blanca que se envía al drenaje.
 - ✓ Costo del agua blanca del proceso enviada al drenaje.

✓ Empleo en aumento de agua fresca para sustituir el agua blanca enviada al drenaje a fin de reducir los problemas ocasionados por los depósitos.

- **Disminución en la vida del revestimiento y del equipo:**

✓ Disminución en la vida del fieltro húmedo a consecuencia de su deterioro por el ataque de microorganismos o por el taponado ocasionado por los depósitos.

✓ Corrosión del equipo metálico en descomposición y de la tendencia de los depósitos a crear celdas galvánicas.

Para evitar estos depósitos se debe implementar un biocida en donde haya tanques de preparación de pasta o recolectores para que en el proceso se disminuya y no afecte a los equipos.

9.3 Limo

El limo es un material suelto de forma granulada comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento transportado en suspensión por el agua y el viento, y este nos puede crear depósitos en tanques y en equipos, lo cual puede ser controlado por el biosida, pero así mismo también se debe tener un control en su aplicación, porque una sobredosis genera problemas en la clarificación del agua.

9.4 Caída de las propiedades físicas del papel

Los aditivos químicos como encolantes y rellenos interfieren con los enlaces de las fibras disminuyendo la resistencia del papel y ésta a su vez puede estar relacionada con la refinación.

Optimizar las dosis y refinar de acuerdo con los parámetros y así evitar daños en el proceso y papel. Un aumento en la refinación genera muchos finos en vez de mejorar las propiedades de la fibra y ocasionaría baja resistencia al papel, además de cargar el sistema más aniónico.

9.5 Problemas de perfil

Cuando se tiene una mala formación nos da un perfil heterogéneo, lo cual nos afecta disminuyendo las propiedades físicas.

Una mala formación puede ser provocada por la entrada de aire al sistema, el cual nos da formación de espuma y por este motivo es necesario tener un buen control, en el antiespumante y verificar los puntos de aplicación.

Conclusiones

Se concluye que la parte húmeda de la máquina es una de las partes más esenciales en el proceso de fabricación del papel, en el cual siempre se debe tener un buen control, una guía de los aditivos (químicos) funcionales y de control en el proceso, para lograr las mejoras en la máquina y propiedades deseadas en el papel, optimizando la productividad.

Para tener un buen desempeño es necesario capacitar o guiar a los empleados para efectuar análisis que proporcionen datos que determinen en qué estado se encuentra el proceso, cómo puede afectar y cómo poder mejorarlo. Basados en estos resultados en tener una buena guía de práctica, que permita modificar y efectuar las correcciones adecuadas para así tener una optimización referente a la aplicación de químicos.

Si las personas encargadas del control de la parte húmeda de la máquina tienen las bases fundamentales de la química en el proceso de la parte húmeda se obtendrá una mejor calidad en el papel, ahorro de costos y un incremento en la productividad.

La evaluación de los parámetros electrocinéticas en el proceso de la fabricación del papel proporciona información valiosa para diagnosticar el estado de carga eléctrica de la suspensión fibrosa. La carga absoluta y la demanda de carga iónica están directamente relacionadas con la naturaleza de los componentes fibrosos y no fibrosos de la suspensión en el lado húmedo de la máquina papelera (tipo de fibra, ambiente fisicoquímico, operaciones involucradas, cierre de circuitos, aditivos químicos incorporados y demás).

Referencias bibliográficas

- Cosmocax. (2008). *Un día en la papelera... ¿cómo se fabrica papel?* Recuperado de:
<https://cadcamcae.wordpress.com/2008/11/21/un-dia-en-la-papelera>
- Fondriest Environmental (s.f.). *Hach 200Q Portable Turbidity Meter*. Recuperado de:
<https://www.fondriest.com/hach-2100q-portable-turbidity-meter.htm>
- Guaqueta, E. (2001). *Química del lado húmedo: Cenpapel, Colombia*.
- Jaramillo Correa, L.F. , Atehortúa Perdomo, A. (2002). *Química del lado húmedo*. Acta núm. 3:
Cenpapel, Colombia.
- Laboratorio Químico, (2018). *pHmetro (medidor de pH)*. Recuperado de:
<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/phmetro.html>
- Mütek Lab. Products (s.f.). *Particle Charge Detector, P/N: PCD-04*. Recuperado de:
<https://www.pco2.com/product-p/pcd-04.htm>
- Ortega R., F.A. (1997). *Introducción de la química del lado húmedo*, Corporación Centro de Capacitación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Papelera: *Cenpapel, Colombia*.
- Rojas Gaona, O.J. (2003). *Química del papel*. Corporación Centro de Capacitación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Papelera: *Cenpapel, Colombia*.
- SCA, Papeles Higiénicos del Centro S. A. de C.V. *Manifestación de impacto ambiental*.
Proyecto Planta de elaboración de papel higiénico en el Municipio de Tepeapulco Hidalgo,
p. 15. Recuperado de: http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100331_nts_es.pdf