

**ORGANIZA E IMPARTE:**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE CASTILLA Y LEÓN**

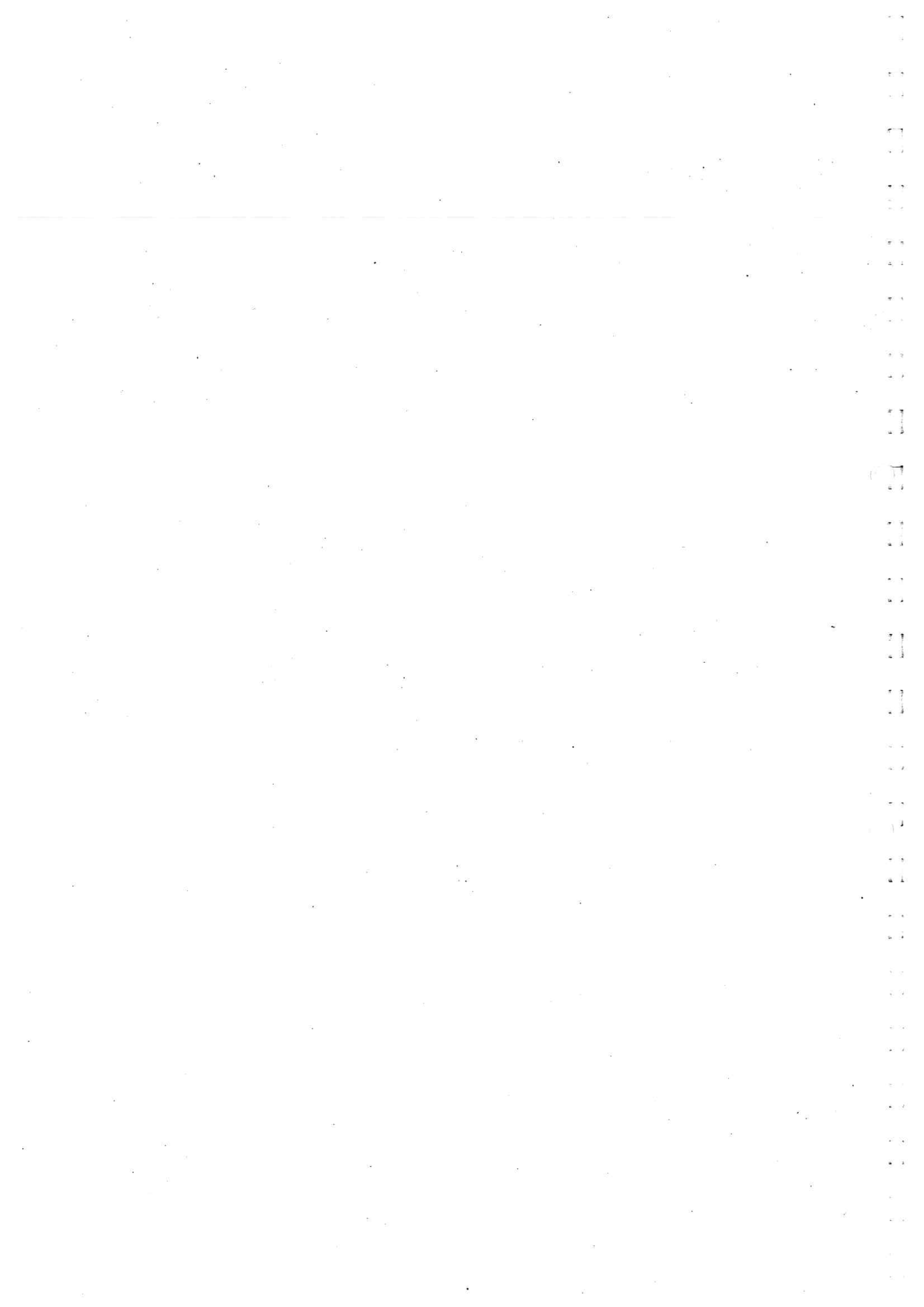


# **Rebobinado**



**CURSO:**

***Tratamientos Superficiales  
Manipulado del Papel***



## **3. REBOBINADORA**

### **INDICE**

#### **3.1. Introducción**

#### **3.2. Rebobinadora**

##### **3.2.1. Rebobinado**

##### **3.2.2. Rebobinadora**

###### **3.2.2.1. Componentes de una Rebobinadora**

###### **3.2.2.1.1. Sección de desbobinado**

###### **3.2.2.1.2. Sección de corte**

###### **3.2.2.1.3. Sección de rebobinado**

##### **3.2.3. Estructura de la bobina**

###### **3.2.3.1. Estructura no deseable**

###### **3.2.3.2. Estructura correcta**

##### **3.2.4. Velocidad de la bobina**

###### **3.2.4.1. Velocidad angular**

###### **3.2.4.2. Velocidad lineal**

###### **3.2.4.3. Relación entre velocidad lineal y velocidad angular**

##### **3.2.5. Peso de las bobinas**

##### **3.2.6. Diámetro de las bobinas hijas**

##### **3.2.7. Preparación del bobinado**

##### **3.2.8. Tratamiento de los bordes**

##### **3.2.9. Variables que intervienen en el bobinado**

###### **3.2.9.1. Tensión**

###### **3.2.9.2. Carga**

###### **3.2.9.3. Par diferencial**

##### **3.2.10. Ensayos en la bobina**

###### **3.2.10.1. Dureza**

###### **3.2.10.2. Medida del diámetro**

###### **3.2.10.3. Densidad de la bobina**

###### **3.2.10.4. Fuerza de fricción entre capas**

## 3.1. INTRODUCCION

### **3. REBOBINADORA**

#### **3.1. INTRODUCCION**

Los usuarios de papel necesitan que el papel les llegue de una forma adecuada a sus necesidades. Por ejemplo, en una imprenta se utilizan bobinas de papel con tamaños y diámetros apropiados para sus maquinas.

## **3.2. REBOBINADO**

### **3.2.1. Rebobinado**

### **3.2.2. Rebobinadora**

#### **3.2.2.1. Componentes de una rebobinadora**

##### **3.2.2.1.1. Sección de desbobinado**

##### **3.2.2.1.2. Sección de corte**

##### **3.2.2.1.3. Sección de rebobinado**

### **3.2.3. Estructura de la bobina**

#### **3.2.3.1. Estructura no deseable**

#### **3.2.3.2. Estructura correcta**

### **3.2.4. Velocidad de la bobina**

#### **3.2.4.1. Velocidad angular**

#### **3.2.4.2. Velocidad lineal**

#### **3.2.4.3. Relación entre velocidad lineal y velocidad angular**

### **3.2.5. Peso de las bobinas**

### **3.2.6. Diámetro de las bobinas hijas**

### **3.2.7. Preparación del bobinado**

### **3.2.8. Tratamiento de los bordes**

### **3.2.9. Variables que intervienen en el bobinado**

#### **3.2.9.1. Tensión**

#### **3.2.9.2. Carga**

#### **3.2.9.3. Par diferencial**

### **3.2.10. Ensayos en la bobina**

#### **3.2.10.1. Dureza**

#### **3.2.10.2. Medida del diámetro**

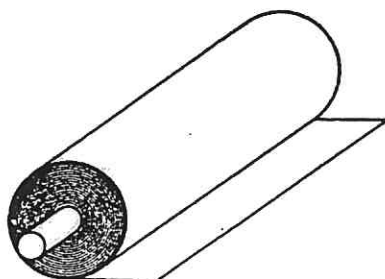
#### **3.2.10.3. Densidad de la bobina**

#### **3.2.10.4. Fuerza de fricción entre capas**

## 3.2. REBOBINADORA

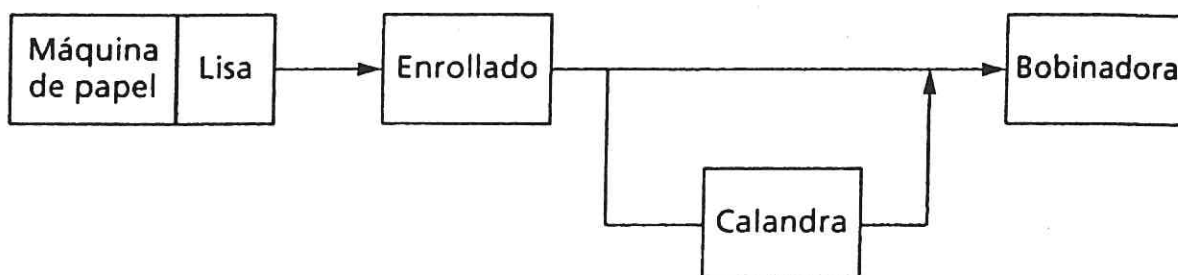
### 3.2.1. REBOBINADO

El papel que sale de la maquina de papel o el que sale de la calandra, en caso de realizarse el calandrado, se enrolla en forma de bobinas para facilitar su transporte y utilización en las demás operaciones. (Fig. 3.2.1.)



Una bobina es un rollo de papel con unas dimensiones (diámetro, ancho, longitud de papel) y unas características determinadas.

En la Fig. 3.2.2. se puede ver el camino que lleva el papel hasta la bobinadora.



La bobina madre se lleva desde la sección de almacenaje hasta la sección de desenrollado de la bobinadora mediante una grúa.

Lo que se hace básicamente a la bobina es desenrollarla con una tensión y presión determinadas, y cada cierta longitud se corta y se vuelve a enrollar sobre un mandril, dando lugar a bobinas más pequeñas.

Estas nuevas bobinas se envían directamente a los clientes o pueden ser llevadas a cortar en hojas de formato determinado.

Los dos bordes de la bobina madre (de 1 a 3 cm por cada lado) se cortan y se separan para utilizarlo nuevamente en el pulper.

Durante su almacenamiento y transporte las bobinas se encuentran sometidas a golpes y a la humedad. Para evitar su deformación es necesario que estén bien formadas, con la dureza necesaria. De esta forma, ni los golpes ni la humedad serán capaces de perjudicarlas.

### 3.2.2. REBOBINADORA

La bobinadora es la maquina donde se desarrolla la operación de bobinado. Se basa en un dispositivo mecánico que transforma la "bobina madre" procedente de la maquina de papel en varias bobinas más pequeñas de diámetro, tamaño y dureza apropiados.

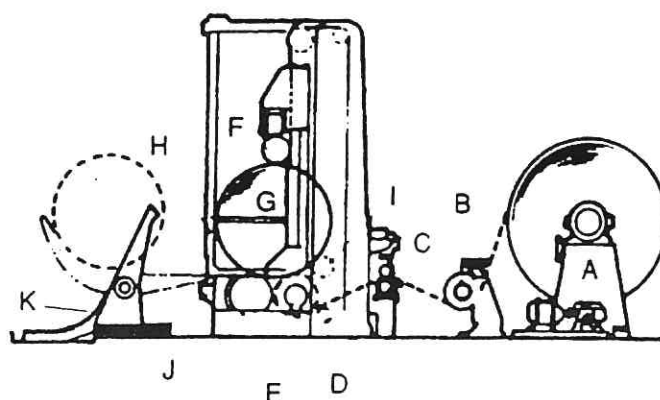
Estas características serán determinadas por los requerimientos del cliente o por las acciones que posteriormente se vayan a hacer (almacenado, transporte, reutilización).

En la bobina madre habrá influido:

- Las características del papel.
- Defectos en la formación, bordes, etc.
- Características de la maquina de papel.

La bobina madre va a influir en el bobinado. Los defectos que esta pueda traer son difíciles de corregir en la bobinadora, con lo cual, dará lugar a defectos en la bobina final.

El tipo más común de bobinadora es la bobinadora de dos tambores, que se utiliza en casi todos los tipos de papel. (Fig. 3.2.3.).



- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| A. Estación de enrollado  | G. Mandrill                        |
| B. Rodillo conductor      | H. Protector                       |
| C. Cortadora longitudinal | I. Expulsor de la bobina           |
| D. Barra de desplegado    | J. Insertador del eje de enrollado |
| E. Enrolladora            | K. Mesa de descenso de la bobina   |
| F. Rodillo prensor        |                                    |



### 3.2.2.1. COMPONENTES DE UNA REBOBINADORA

En toda bobinadora podemos distinguir las siguientes partes:

- Sección de desenrollado o desbobinado.
- Sección de corte.
- Sección de enrollado o bobinado.

#### 3.2.2.1.1. SECCION DE DESBOBINADO

En esta sección se realizan las siguientes fases:

- Se acopla el mandril de la bobina madre mediante un embrague que se desplaza transversalmente.
- La bobina madre se apoya sobre un bastidor.
- Se regula la tensión de desenrollado mediante un generador de freno.
- Se retira el mandril una vez desenrollada la bobina madre mediante un expulsor de mandriles.

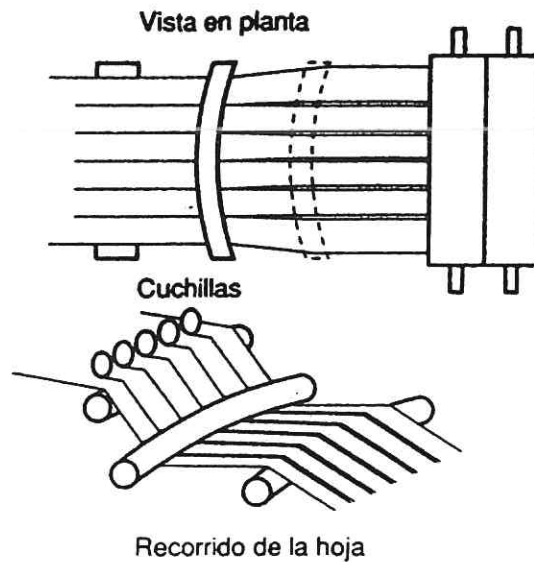
El mandril soporta la bobina durante la fase de desenrollado.

Existe una regulación en la tensión proporcionada por el frenado, de tal forma que permite que haya la suficiente tensión en el papel como para que este no quede flojo (sin tensión).

#### 3.2.2.1.2. SECCION DE CORTE

En esta sección se hace lo siguiente:

- Hay una acción de tensión que introduce la hoja en esta sección mediante un rodillo-guia.
- Se produce la acción de corte (mediante cuchillas ajustables) a lo ancho de la bobina que esta apoyada en la mesa de corte.
- Se separan los bordes mediante un conductor de orillas.
- Se abren los cortes con ayuda de una regla.
- Se despliega el papel con una barra curva (Fig 3.2.4.).
- Se introduce la hoja en la sección de rebobinado.



En esta sección el papel se conduce a través de los rodillos tensores, las cuchillas ajustables realizan los cortes y la barra desplegada despliega la hoja tras el corte para evitar que se vuelvan a unir los bordes de la hoja.

### 3.2.2.1.3. SECCION DE REBOBINADO

En esta sección se realiza lo siguiente:

- Fijación de los mandriles.
- Se apoya la bobina sobre los rodillos portadores.
- Se acciona la bobinadora.
- Una vez terminada la bobina se saca mediante un expulsor.
- Se controla la estructura final de la bobina.

### 3.2.3. ESTRUCTURA DE LA BOBINA

El comportamiento de una bobina en sus posteriores aplicaciones depende de como este hecha. La bobina madre es transformada en otras más pequeñas de las cuales habrá que tener en cuenta su longitud, anchura, diámetro, dureza y homogeneidad.

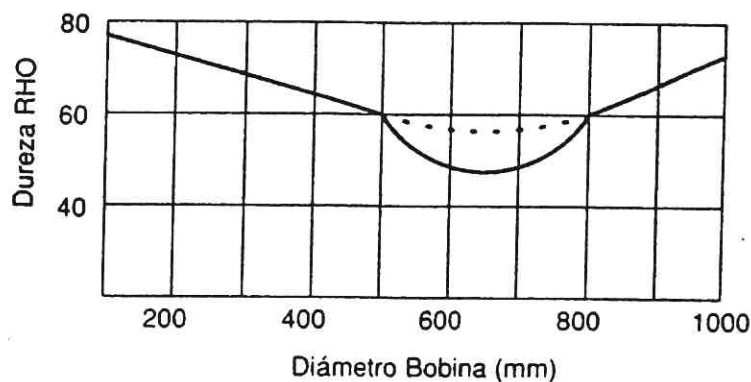
La tendencia natural (no deseable) de una bobinadora de dos tambores es formar una bobina blanda en el núcleo y más dura a medida que aumenta su diámetro. Esto es debido a que la bobina, a medida que va creciendo, es mas pesada y esto hace que aumente la presión y la tensión de enrollado, y con ello su dureza.

Para conseguir una bobina correcta será necesario actuar sobre ella variando parámetros como tensión, presión, etc.

### 3.2.3.1. ESTRUCTURA NO DESEABLE

Una estructura no deseable (Fig. 3.2.5.) es aquella que:

- Tiene una banda de papel floja en el medio de la bobina. Puede producir vibraciones en la bobina.
- Tiene un progresivo aumento de dureza desde la banda media hacia las bandas extremas.

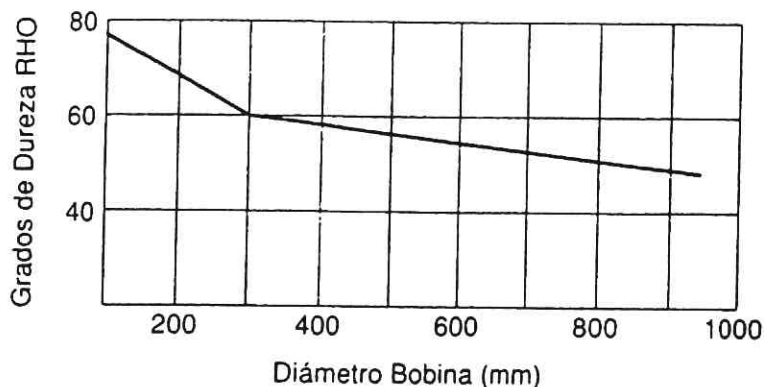


En el gráfico se observa el ejemplo de una bobina no deseable, la cual, hacia la mitad de su formación (unos 500 – 800 mm de diámetro) su dureza es menor que cuando alcanza su diámetro definitivo (unos 1000 mm).

### 3.2.3.2. ESTRUCTURA CORRECTA

Una estructura correcta (Fig. 3.2.6.) en la bobina es aquella que:

- Es lo mas tirante posible (dura) cerca de su núcleo.
- Es menos tirante a medida que se aleja de él. Es decir, en el exterior.



En el gráfico se observa que a un diámetro de 200 mm la dureza se acerca a 70 RHO mientras que cuando su diámetro se acerca a 1000 mm su dureza ha disminuido progresivamente.

Es muy importante que presente una gran dureza en su núcleo (al principio del enrollado) ya que en ese punto es donde se apoya la bobina en el mandril y quien soporta el peso de la misma.

Además, si no esta correctamente tensa, en el momento del desenrollado corre el riesgo de que se produzca un deslizamiento interno de las capas.

Si las fuerzas no son completamente simétricas el deslizamiento se produce de lado, es decir, se abre del mismo modo que lo hace un telescopio.

### 3.2.4. VELOCIDAD DE LA BOBINA

Antes de seguir con el estudio del bobinado es preciso hacer un pequeño estudio de la velocidad de la bobina durante el proceso.

La bobina, durante su desenrollado y enrollado tiene una velocidad de giro que es necesario controlar. Pero hay que tener en cuenta que en una bobina (como en cualquier otro cuerpo que gire) se diferencian dos tipos de velocidades:

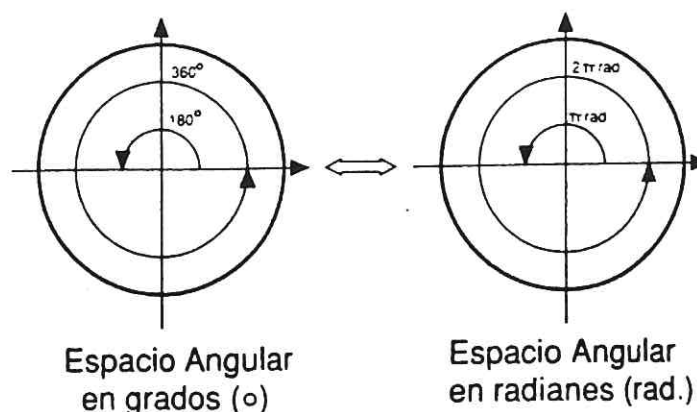
- Velocidad circular o angular.
- Velocidad lineal.

#### 3.2.4.1. VELOCIDAD ANGULAR

La bobina tiene movimiento giratorio, es decir, que da vueltas sobre su eje.

El numero de vueltas que da sobre su eje en la unidad de tiempo es lo que se denomina velocidad angular.

Una circunferencia esta dividida en 360 grados. Si un cuerpo da una vuelta entera diremos que ha girado un ángulo de  $360^{\circ}$ , si da media vuelta habrá girado la mitad, o sea,  $180^{\circ}$ , y así sucesivamente (Fig. 3.2.7.).



El ángulo que barre el cuerpo (bobina) durante su giro es lo que se llama espacio angular.

La velocidad angular se expresa como:

$$\omega = a / t \quad \text{donde:}$$

$\omega$  = velocidad angular.

$a$  = espacio angular.

$t$  = tiempo empleado.

El espacio angular se suele expresar de varias formas, por ejemplo: en grados ( $^{\circ}$ ), en radianes (rad) o en revoluciones (rev). La equivalencia entre ellas es la siguiente:

$$1 \text{ revolución } 360 \text{ grados} = (2\pi) \text{ radianes.}$$

El tiempo se suele expresar en minutos (min) o en segundos (s); por lo tanto, la velocidad angular viene expresada normalmente en:

- revoluciones/minuto (rev/min o r.p.m.)
- radianes/segundo (rad/s)
- grados/segundo (grados/s)

y la relación entre ellas es:

$$1 \text{ rev/min} = (n/30) \text{ rad/s} = 6 \text{ grados/s.}$$

#### 3.2.4.2. VELOCIDAD LINEAL

La velocidad lineal es el espacio lineal recorrido en la unidad de tiempo.

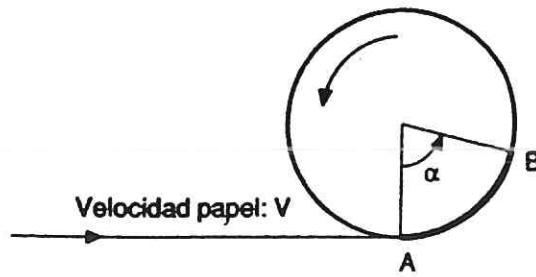
Un cuerpo que se desplaza con una velocidad lineal de 80 Km/h nos dice que recorre un espacio de 80 Km en un tiempo de 1 hora.

El papel, en la maquina de fabricación, se mueve con una determinada velocidad lineal a lo largo de la mesa.

En la bobina, aunque se trate de un movimiento circular, nos encontramos con que el papel también tiene un recorrido lineal.

En la Fig. 3.2.8. observamos que cuando el papel toma contacto con la bobina (punto A) lo hace con una determinada velocidad lineal. Al enrollarse sobre la bobina va tomando distintas posiciones, es decir, hace un recorrido lineal por la superficie exterior de la misma.

Cuando se desplaza desde el punto A hasta el punto B habrá barrido un ángulo  $a$ , que es lo que en el apartado anterior llamábamos espacio angular.



Espacio lineal: arco  $\widehat{AB}$   
Espacio angular: ángulo  $\alpha$

Este ángulo  $\alpha$  abarca una longitud de arco de circunferencia (AB) en la periferia de la bobina que es lo que llamamos espacio lineal.

La velocidad lineal se expresa de la siguiente manera:

$$v = e / t \quad \text{siendo}$$

$v$  = velocidad lineal (m/s).

$e$  = espacio lineal recorrido (m<sup>2</sup>).

$t$  = tiempo empleado (s).

### 3.2.4.3. RELACION ENTRE VELOCIDAD LINEAL Y VELOCIDAD ANGULAR

Como hemos visto, en un movimiento circular, como ocurre en el caso de una bobina, aparecen dos tipos de velocidades: angular y lineal. Estas velocidades están relacionadas entre sí.

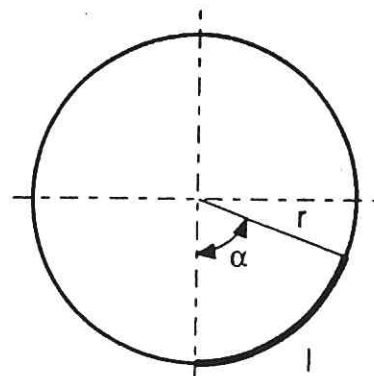
La longitud de arco de una circunferencia (Fig. 3.2.9.) es igual a:

$$l = \alpha \times r \quad \text{siendo:}$$

$l$  = longitud de arco.

$\alpha$  = ángulo (rad).

$r$  = radio de giro.



Angulo:  $\alpha$   
Radio:  $r$   
Arco:  $l$

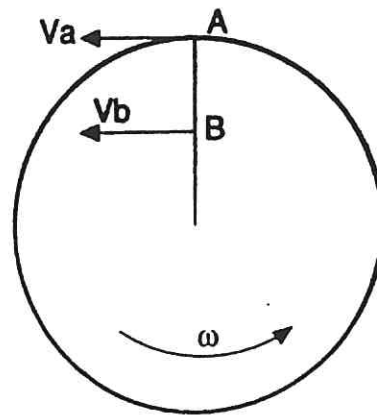
De la expresión anterior se puede deducir la relación que hay entre los dos tipos de velocidades, que es la siguiente:

$$v = \omega \times r \quad \text{siendo:}$$

$v$  = velocidad lineal (m/s).

$\omega$  = velocidad angular (rad/s).

$r$  = radio de la circunferencia (m<sup>2</sup>).



Esta expresión nos dice que con una misma velocidad angular (velocidad de giro) tendremos diferentes velocidades lineales (velocidad del papel) dependiendo del radio de giro que se considere. Por tanto, en la Fig. 3.2.10. el punto A tendrá una velocidad lineal ( $V_a$ ) mayor que el punto B ( $V_b$ ) aunque su velocidad angular ( $\omega$ ) sea igual.

### 3.2.5. PESO DE LAS BOBINAS

La máquina de papel tiene una velocidad lineal de fabricación que será la que tiene la bobina madre durante su enrollamiento. Si una bobina tarda en enrollarse un tiempo "t", la longitud de la bobina se puede calcular mediante la fórmula de la velocidad lineal que ya hemos visto. (El espacio recorrido es en este caso la longitud de la bobina, por lo que lo sustituiremos por "L"):

$$v = L / t \quad \text{siendo:}$$

$v$  = velocidad del papel (m/min).

$L$  = longitud de la hoja de la bobina (m<sup>2</sup>).

$t$  = tiempo que tarda en formarse la bobina (min).

Despejando "L" tendremos el valor de la longitud de la hoja.

$$L = v \times t$$

La máquina proporciona el ancho de la hoja. De ahí se puede calcular la superficie total de la hoja de la bobina:

$$S = L \times A \quad \text{siendo:}$$

S = superficie de la hoja (m<sup>2</sup>).

L = longitud de hoja enrollada (m).

A = ancho de la hoja (m<sup>2</sup>).

Finalmente el peso de la bobina se calcula multiplicando la superficie total por el gramaje del papel. El peso de la bobina será, por tanto:

$$P = S \times G \quad \text{siendo:}$$

P = peso de la bobina (g).

S = superficie total de la hoja (m<sup>2</sup>).

G = gramaje del papel (g/m<sup>2</sup>).

Hay que tener en cuenta que, en realidad, durante la formación de la bobina se producen pérdidas. Por eso, una cosa es el peso teórico de la bobina (calculado) y otra es el peso real que se obtiene al pesarla directamente.

$$P_r = P_t \times n \quad \text{siendo:}$$

P<sub>r</sub> = peso real obtenido al pesarlo.

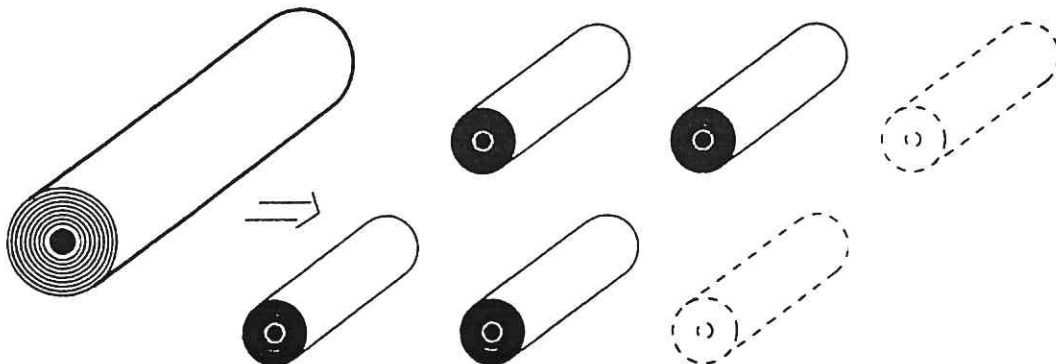
P<sub>t</sub> = peso teórico.

n = rendimiento.

Si el rendimiento se da en %, para utilizarlo en la fórmula habrá que dividirlo por 100 (80% será n = 0,8).

### 3.2.6. DIAMETRO DE LAS BOBINAS HIJAS

De una bobina madre se obtienen bobinas más pequeñas, no solo de menor anchura sino también de menor diámetro (Fig. 3.2.11.).





Conociendo el diámetro inicial, el diámetro de los mandriles y el número de bobinas que se desea obtener a partir del diámetro inicial podemos calcular el diámetro final de las bobinas hijas mediante la siguiente fórmula:

$$d = ((D^2 - M^2)/n) + m^2 \quad \text{siendo:}$$

d = diámetro de las bobinas hijas.

D = diámetro de bobina madre.

M = diámetro de mandril de bobina madre

m = diámetro de mandril de bobinas hijas.

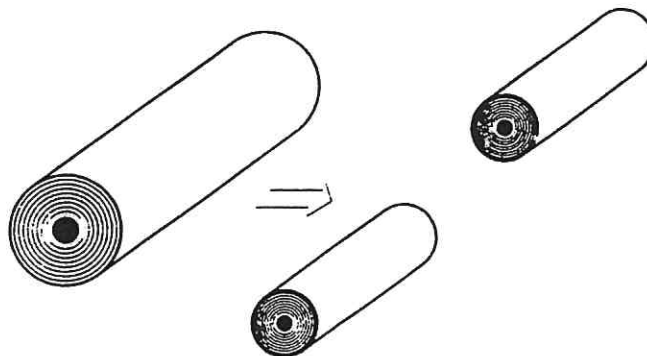
n = número de bobinas obtenidas.

### 3.2.7. PREPARACION DEL BOBINADO

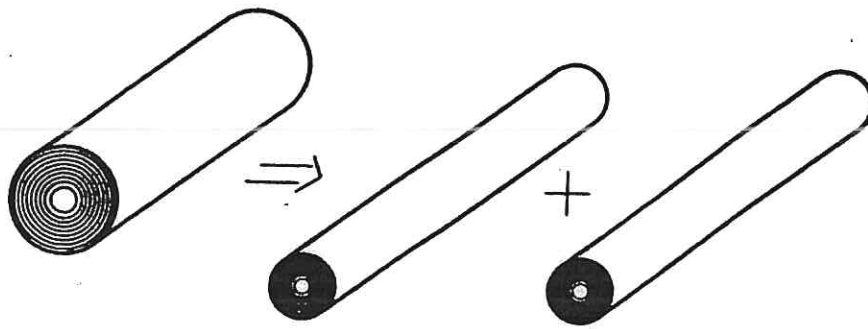
La bobina madre que llega de la máquina de papel se introduce en la bobinadora con el fin de transformarla en una serie de bobinas más pequeñas. Las bobinas obtenidas deberán cumplir las especificaciones de tamaño previstas.

Las características que se han de tener en cuenta al construir las nuevas bobinas son:

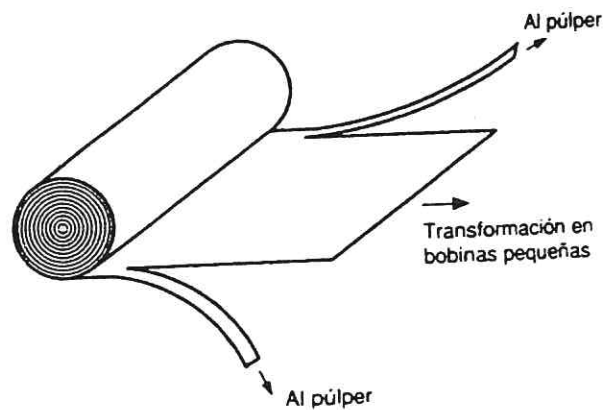
- **Anchura de la bobina.** Mediante cortes longitudinales de la bobina madre se obtienen bobinas más estrechas (Fig. 3.2.12.)



- **Diámetro de la bobina.** Partiendo del diámetro de la bobina madre, y en función de las bobinas que se desee obtener, se puede saber cuál es el diámetro de las nuevas bobinas (Fig. 3.2.13.).



- **Anchura del borde.** Es necesario preparar la bobinadora para que elimine los bordes del papel (papel inservible). Estos restos de papel se llevan al pulper para volver a desintegrarlo y utilizarlo nuevamente en el proceso de fabricación.

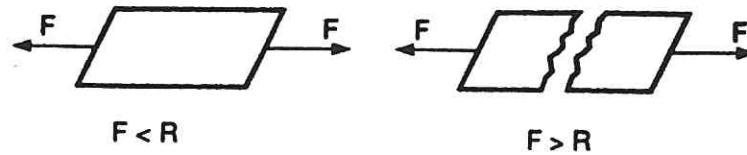


Al entrar en la sección de bobinado, el diámetro de la bobina nueva es el que determinará el final de la operación. A lo largo de la operación es necesario verificar periódicamente que los efectos y medida de los cortes son correctos. Hay que tener en cuenta que, con el uso, las cuchillas se van desgastando y dan lugar a cortes defectuosos.

El papel, como cualquier otro cuerpo, tiene una determinada resistencia a la tracción.

*Resistencia a la tracción es la capacidad que tiene un cuerpo para resistir sin romperse cuando se tira de él por los dos extremos.*

Por tanto, si sometemos al papel a un efecto de tensión (tiro) soportara mas sin romperse cuanto mayor sea su resistencia a la tracción. Si la tensión es mayor que la resistencia del papel este se rompe (Fig. 3.2.15.).



Para conseguir una bobina compacta y dura es necesario enrollarla con una tensión y presión fuertes. Pero todo tiene un límite, ya que si se aplica al papel una tensión mayor de la que puede soportar este se rompe.

Si la hoja tiene puntos débiles en su formación, estos favorecen que se produzca la rotura. Durante la operación se dan una serie de parámetros que nos van indicando como se va desarrollando el proceso, así como el resultado final de la operación.

Algunos de estos parámetros son constantes a lo largo del proceso (anchura de la nueva bobina) y otras variables (diámetro, tensión, presión).

Si se producen perturbaciones en estos parámetros hay que regularlos. Para ello se utilizan:

- **Medidores**, que mandan la señal.
- **Transmisores**, que es por donde va la señal.
- **Receptores**, que es donde se recibe la señal.
- **Mecanismos de regulación**, que actúan sobre el parámetro a corregir.

Para seguir la evolución de los parámetros (presión, tensión, diámetro...) se utilizan gráficos que nos representan el valor de cada parámetro en cualquier momento de la operación. De esta forma se puede saber el estado de la bobina en cualquier momento y corregirla en la medida que se pueda.

### 3.2.8. TRATAMIENTO DE LOS BORDES

Como hemos dicho antes, los bordes de la bobina madre tienen una serie de irregularidades que afectan a la calidad de la bobina y que no pueden ser corregidos durante el bobinado.

Para evitar estos problemas, estos bordes son cortados y eliminados del proceso de bobinado. Sin embargo, no se tiran como material de desperdicio, sino que se aprovechan llevándolos nuevamente al pulper mediante el conductor de orillas.

El pulper desintegra las tiras de papel buscando la individualización de las fibras (dentro del agua). La agitación continua de la suspensión fibrosa (fibra y agua) evita que las fibras vuelvan a unirse.

Esta solución de fibra y agua (pasta) se envía de nuevo al circuito de formación de la hoja.

### **3.2.9. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL BOBINADO**

Los parámetros que nos indican la evolución del proceso van variando a lo largo del mismo. Esta variación puede realizarse:

- Manualmente (accionando comandos de control).
- Automáticamente (con sistemas de regulación).

Para corregir la estructura natural (no deseada) a la que tiende a formar la bobinadora de dos tambores se actúa regulando una serie de factores. Esta variación se puede hacer accionando manualmente los comandos de control o automáticamente mediante los sistemas de regulación.

Los factores básicos que intervienen son tres:

- Tensión.
- Carga.
- Par diferencial.

Estas tres variables no van a actuar nunca independientemente una de otra, aunque si vamos a estudiarlas por separado.

#### **3.2.9.1. TENSION**

Imaginemos dos bobinas en las que la hoja de papel pasa de una a otra. Si la velocidad en la periferia de la bobina (punto en que toma contacto el papel con la bobina) es igual en ambas bobinas resultara que la hoja pasa de una bobina a otra sin tensión alguna.

Ahora bien, si la velocidad es mayor en una de las bobinas aparecerá una tensión en la hoja

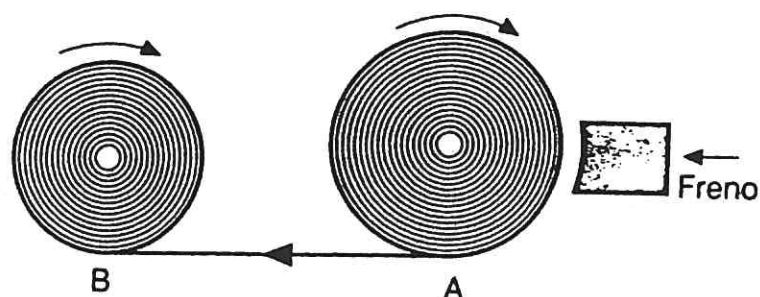
En la operación de bobinado entenderemos que tensión es la fuerza que actúa longitudinalmente sobre la hoja de papel. También se conoce con el nombre de tiro.

Si sujetamos una hoja de papel por un extremo y aplicamos una tensión por el otro extremo pueden suceder dos cosas:

- Que la fuerza (tensión) sea menor que la resistencia del papel. En este caso el papel no se rompe, todo lo mas se estira ligeramente.
- Que la fuerza sea mayor que la resistencia del papel. En este caso el papel se rompe.

La tensión nunca puede ser mayor que la resistencia del papel ya que se rompería.

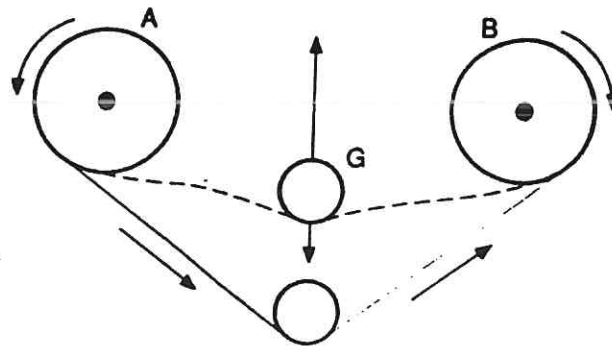
Para observar el efecto de la tensión imaginemos dos bobinas de papel. A la bobina madre la llamaremos "a" y a la bobina final la llamaremos "b" (Fig. 3.2.16.).



Imaginemos que la velocidad de la hoja en la periferia de la bobina "b" es, en principio, mayor que en la bobina "a". En este caso la bobina "a" es arrastrada por la bobina "b", y durante este arrastre aparece una tensión de desbobinado en la hoja.

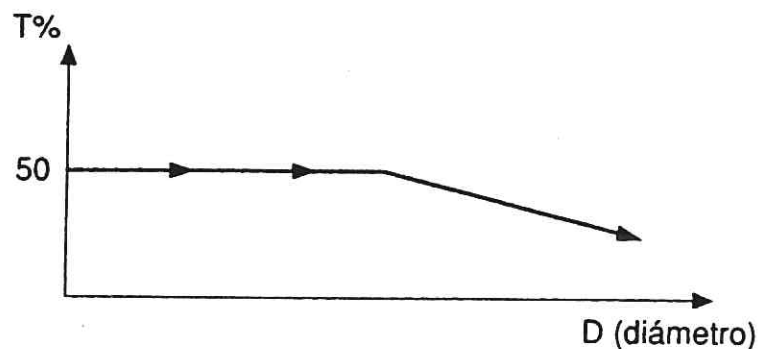
Para conseguir esta diferencia de velocidad en ambas bobinas se adapta un freno en la bobina madre que mediante el rozamiento produce una resistencia que tiende a disminuir su velocidad.

A veces, durante el proceso de bobinado la tensión de trabajo disminuye y el papel queda descolgado por soltar mas papel la bobina madre del que recoge la bobina nueva. Para corregir esta disminución de tensión se dispone de unos rodillos guía (Fig. 3.2.17.) que suben o bajan, según sea necesario, para ajustar la tensión.



La tensión en la bobina se mide mediante la célula de carga, la cual manda una señal a un sistema de regulación. Su valor se expresa en tanto por ciento (%).

En el siguiente gráfico se observa el desarrollo de la tensión en el papel debido al desbobinado.



La tensión hace que el papel se enrolle fuertemente resultando una bobina de gran dureza. Lógicamente, con tensiones fuertes la bobina será más dura y con tensiones bajas la bobina será más blanda.

Es necesario ajustar la tensión constantemente, ya que al variar el diámetro de la bobina, la velocidad cambia, y con ello la tensión.

La tensión de desbobinado no es la única que actúa sobre el papel. En el punto de contacto del tambor con la bobina (el punto de contacto se conoce como nip) se produce una tensión adicional, independientemente de la de desbobinado. Incluso si la tensión de desbobinado fuera nula, el "nip" produciría un aumento de tensión a medida que la bobina crece.

Esta tensión se produce al presionar el tambor contra la bobina. La bobina, al ser un cuerpo deformable se comprime, enrollándose a un diámetro menor del que lo haría si no estuviera en contacto con el tambor.

Al salir del punto de presión la bobina tiende a extenderse de nuevo y esto hace que la última capa de papel enrollada se estire, apareciendo la tensión adicional.

La tensión del papel bobinado es la que determina la dureza de la bobina. Esta será la suma de la tensión de desbobinado y la tensión adicional producida por el "nip".

### 3.2.9.2. CARGA

La carga en el bobinado es la presión a que se somete el papel durante su enrollamiento.

Aparece nuevamente el concepto de presión lineal, es decir, una carga por unidad de longitud. Esta longitud equivale a la línea de contacto entre rodillo y bobina.

La presión depende de:

- El propio peso de la bobina.
- Una carga adicional aplicada en la parte superior.

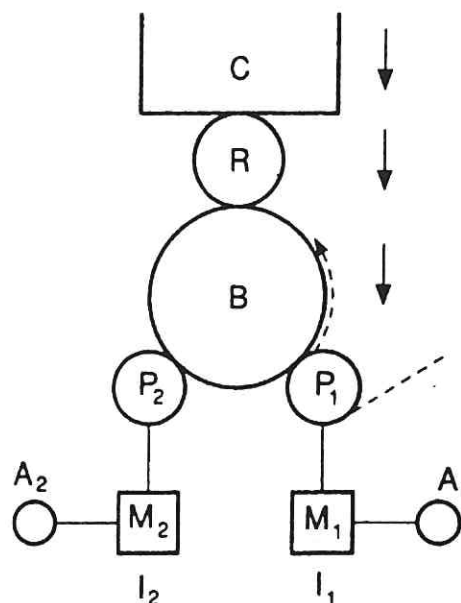
La bobina durante su enrollamiento se apoya sobre dos tambores, llamados rodillos portadores. Debido al propio peso de la bobina el papel soporta una presión en los puntos de apoyo con los rodillos.

A medida que la bobina crece, aumenta de peso. Debido a ello, la presión en estos puntos de apoyo también aumenta. Por esto, hay una limitación en el diámetro máximo de las bobinas hijas.

La dureza del papel también se verá influida por la carga adicional que se aplica sobre la bobina.

(Fig. 3.2.18.)

- C. Carro de presión
- R. Rodillo de presión (rodillo pisón)
- B. Bobina
- $P_1, P_2$ . Rodillos portadores
- $M_1, M_2$ . Motores de accionamiento
- $A_1, A_2$ . Amperímetros



Esta carga se realiza mediante un carro de presión situado en la parte superior que empuja a un rodillo de presión sobre la bobina. Este rodillo aplica la presión a medida que el papel se va enrollando en la bobina. De esta forma la hoja se compacta adquiriendo una dureza de manera homogénea.

Estas variaciones exigen un sistema de regulación adecuado.

La carga debe ser:

- Homogénea en el sentido transversal.
- Constante a lo largo del bobinado.
- Debe combinarse con otros factores (tensión, par diferencial...).
- Su valor es función de la máquina y del papel.

Al principio del bobinado se utiliza el rodillo pisón para proporcionar la presión suficiente que permita accionar la bobina por medio del rozamiento con el rodillo tambor.

La carga sobre el papel debe ser constante durante todo el proceso, pero como la bobina va aumentando de peso esa carga también tiende a aumentar. Para compensar ese aumento de presión es necesario disminuir la carga auxiliar del rodillo de presión (rodillo pisón), es decir, se produce un alivio en la presión.

Si tenemos que:

$$P_t = P_r + P_b \quad \text{siendo}$$

$P_t$  = presión total.

$P_r$  = presión del rodillo de presión.

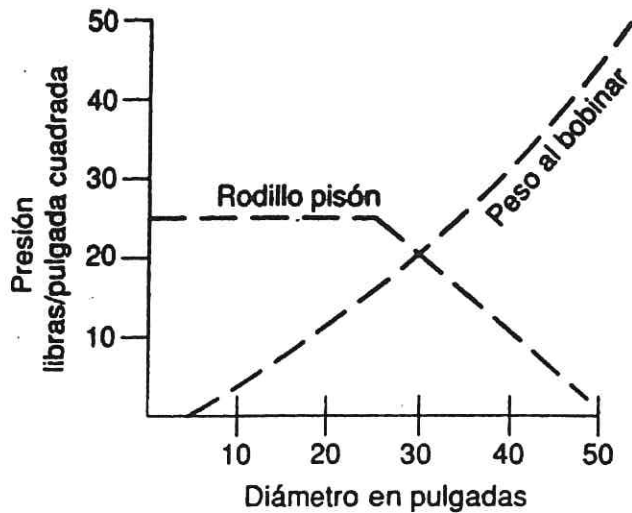
$P_b$  = presión del peso de la bobina.

Para mantener  $P_t$  constante, si aumenta  $P_b$  habrá que disminuir  $P_r$  (de esta forma se mantienen constantes los dos términos de la igualdad).

El rodillo pisón da la presión necesaria en las primeras vueltas para que el papel se enrolle con tensión, ya que el efecto del peso de la bobina es nulo cuando empezamos a bobinar.

En el siguiente gráfico se observa el desarrollo de la carga durante el bobinado. Se puede diferenciar por un lado la carga debida al peso de la bobina, cuya gráfica aumenta progresivamente a medida que aumenta su diámetro. La presión debida al rodillo superior es constante al principio para después ir disminuyendo uniformemente.





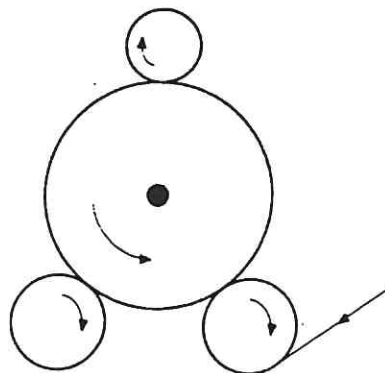
### 3.2.9.3. PAR DIFERENCIAL

El par diferencial es la acción que van a ejecutar los rodillos portadores.

Un par es una fuerza que hace girar un cuerpo sobre un punto determinado. Un motor acoplado a un rodillo es capaz de hacerlo girar sobre su eje, es decir, le transmite un par que lo hace girar.

El efecto del par se produce por la diferencia de esfuerzos entre los rodillos portadores.

Los rodillos portadores son los rodillos que se encuentran debajo de la bobina que sé esta formando y que sirven de apoyo, además de proporcionar el movimiento de giro de la bobina. (Fig. 3.2.19.).

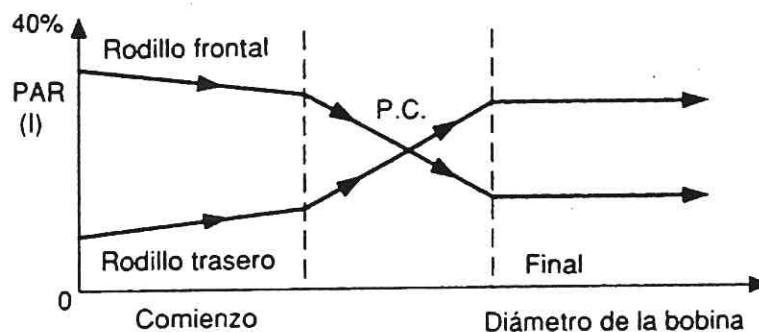


El conjunto de bobina y rodillos portadores forman un todo, luego la velocidad es la misma. Además los rodillos portadores son de igual diámetro.

El giro de los rodillos se consigue por medio de unos motores eléctricos. Estos motores transmiten un "par" que hace mover los rodillos proporcionando la velocidad necesaria para la operación. Este par, y por tanto, la velocidad, depende de la intensidad de la corriente (Amperios) que es suministrada al motor.

Al comienzo del bobinado, el primer rodillo actúa con un esfuerzo que es mayor que en el segundo rodillo. Esta diferencia de esfuerzos hace que el primero, a través del papel, tire del segundo, apareciendo la tensión.

Cuando la bobina esta llegando a su diámetro definitivo debe suavizarse la acción de esta tensión. Para ello se invierte el par, es decir, el segundo rodillo comienza a desarrollar un esfuerzo mayor incluso que el primer rodillo, disminuyendo así la tensión en el papel. En el siguiente gráfico se puede observar la inversión del par.



La intensidad en los motores es un parámetro que se puede medir en un amperímetro. Por tanto, la diferencia de intensidades entre los dos rodillos se puede medir. De ello se puede deducir la diferencia de esfuerzos y con ello la diferencia entre las fuerzas de giro (par).

El valor del par se calcula mediante la siguiente expresión y se da en tanto por ciento (%):

$$\% \text{ par} = (\Delta I / I_2) \times 100 = ((I_2 - I_1) / I_2) \times 100 \quad \text{siendo:}$$

$\Delta I$  = variación de intensidad de los motores.

$I_2$  = intensidad del motor de mayor velocidad.

$I_1$  = intensidad del motor de menor velocidad.

### 3.2.10. ENSAYOS EN LA BOBINA

La bobina, una vez terminada, debe estar preparada para soportar los tratamientos y esfuerzos a que va a estar sometida: almacenamiento, transporte...

La calidad de su formación depende de dos factores:

- Del papel base (bobina madre).
- Del desarrollo del bobinado.

Una vez terminada la bobina se realizan una serie de ensayos que indicaran la calidad final de la misma.

#### 3.2.10.1. DUREZA

Una forma de ver como ha quedado su formación (compactación, homogeneidad, uniformidad) es midiendo su dureza.

Debemos verificar su dureza a lo ancho de la bobina y también en la dirección radial (desde la parte exterior hasta el interior de la bobina).

Los procedimientos más empleados para medir la dureza de las bobinas son:

##### Por golpeo

Consiste en golpear la superficie de la bobina con la mano o con un palo. La respuesta que obtenemos al efecto de golpeo es un sonido o una reacción en el rollo.

Este método no nos proporciona valores numéricos de comprobación.

##### Por rebote

Consiste en soltar una bola, desde cierta altura, sobre la superficie de la bobina. La bola rebota sobre ella y el valor de la altura que alcanza en el rebote nos proporciona la dureza de la bobina.

La altura es proporcional a la dureza, por eso, cuanto más dura es la bobina mayor será el rebote.

##### Con medidores de dureza (de impacto)

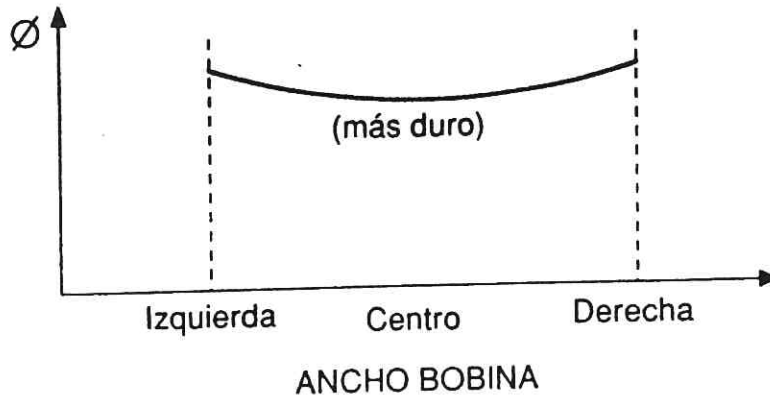
Son aparatos que registran un gráfico de durezas (RoMeter). Miden la resistencia al impacto.

#### 3.2.10.2. MEDIDA DEL DIAMETRO

Consiste en verificar el diámetro de la bobina a todo lo ancho de la misma.

En una misma bobina pueden aparecer zonas de mayor o menor diámetro. Las

zonas de mayor diametro nos indican que la dureza es menor que en las demás zonas. (Fig 3.2.20.).

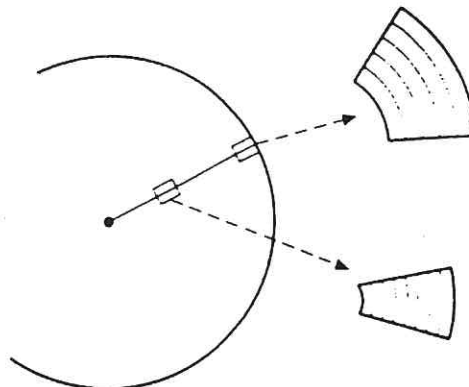


### 3.2.10.3. DENSIDAD DE LA BOBINA

Consiste en mirar el numero de capas que hay en una longitud determinada sobre el radio de la bobina.

Cuantas más capas haya más densa (compacta) será y, por tanto, mas dura.

Por ejemplo, verificamos dos longitudes iguales de 2 cm (Fig. 3.2.21.), una en el exterior de la bobina y otra en el interior; en el exterior contamos 150 capas y en el interior 170 capas. Esto quiere decir que la zona interior esta mas compacta (mas dura) que la exterior.



### **3.2.10.4. FUERZA DE FRICCIÓN ENTRE CAPAS**

Este método consiste en introducir una serie de tiras de plástico en distintas capas de la bobina durante su enrollado.

Cuando la bobina está terminada se intentan extraer las tiras de plástico. Cada tira presentará una resistencia (por rozamiento) al ser sacada, que será mayor cuanto más dura sea la zona de la bobina donde está metida.

### **3.2.11. DEFECTOS**

En las bobinas se pueden encontrar algunos defectos de fabricación. Algunos de ellos son:

#### **Defectos del bobinado**

- Bobina floja (blanda) al principio del enrollamiento.
- Arrugas de bobinadora.
- Base irregular.
- Papel suelto.
- Desgarros en el borde.

#### **Defectos en el corte**

- Corte deficiente.
- Doble, pliegue.

#### **Empalmes defectuosos**

- Empalme sobresaliente.
- Empalme adherente.

#### **Bobina no uniforme**

- Bordes blandos
- Cordones

#### **Defectos del mandril**

- Mandril salido.
- Mandril corrido.
- Mandril deteriorado.

**Otros**

- Mandril aplastado.
- Bobina excéntrica.
- Bobina en estrella