

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLÓGICA**

**MANUAL DE OPERACIONES DEL PROCESO DE  
TREFILADO DE ALAMBRE DE ACERO Y ALUMINIO  
APLICADO A LA EMPRESA IDEAL ALAMBREC**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE TECNÓLOGO EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN  
MECÁNICA**

**LUIS FERNANDO MATEUS AYALA**

**DIRECTOR: ING. WILLAN MONAR**

**QUITO, NOVIEMBRE 2006**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Luis Fernando Mateus Ayala, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Luis Fernando Mateus Ayala.**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Fernando Mateus Ayala bajo mi supervisión.

---

**Ing. Willan Monar.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## *Dedicatoria*

*A mi hija Sofía Alejandra, quien ha sido mi fortaleza para realizarme como profesional, entregando mi esfuerzo y sacrificio a esta importante carrera profesional.*

## *Agradecimiento*

*A Dios, por haberme dado su luz, para llevar acabo este importante proyecto. A mis padres y hermanos, quienes me han apoyado incondicionalmente para culminar con éxito esta meta, de llegar a ser un excelente profesional.*

## RESUMEN

Este Proyecto de Titulación se realizó, debido a la inexistencia de un manual de operaciones en las secciones de decapado y trefilado de la empresa Ideal Alambrec, que permita tener un orden lógico en el ritmo del proceso de producción, y así evitar: errores muy seguidos durante el proceso, accidentes, repeticiones con la consecuente pérdida de tiempo.

Es preciso decir que los cuatro primeros capítulos contienen el marco teórico para la elaboración de los manuales de decapado y trefilado que se encuentran en los capítulos 5 y 6 respectivamente.

En el primer capítulo se encuentra detallado como es el proceso de preparación de la materia prima (alambrón), para que esta quede lista para ingresar a las máquinas trefiladoras. Este proceso solo se aplica en alambres de acero y no en los de aluminio. El segundo capítulo se trata de la herramienta que trabaja directamente en la trefilación, que es el dado o hilera, en el cual podemos encontrar: sus partes, su geometría y los tipos. En el tercer capítulo se detalla el proceso de trefilado, en el que se ven: los principios, cálculos y tipos de máquinas trefiladoras. El cuarto capítulo muestra todo lo referente a la lubricación y enfriamiento durante el proceso de trefilado. En el quinto y sexto capítulo está elaborado el manual de decapado y trefilado, aplicado a la empresa Ideal Alambrec, en el que consta todo el proceso, desde la programación de la producción, hasta el tipo de embalaje final que se les da a los productos trefilados.

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Definiciones generales	1
Objetivo general	1
Objetivos específicos	2
Ejecución	2
CAPÍTULO 1: PREPARACIÓN DEL LA MATERIA PRIMA (ALAMBRÓN)	3
1.1 Superficie metálica del alambre	3
1.2 Limpieza del alambre	4
1.2.1 Descascarillar o limpiar mecánicamente (decaminado)	4
1.2.2 Limpieza química (decapado)	5
1.2.3 Cepillado del alambre	8
1.3 Recubrimiento del alambre	8
1.3.1 Recubrimiento de alambres desnudos (cal, bórax o bonderita)	9
1.3.1.1 Cal y bórax	9
1.3.1.2 Bonderita (fosfato de cinc)	9
1.3.2 Capas metálicas	11
CAPÍTULO 2: HILERAS (DADOS)	12
2.1 Partes del dado	12
2.1.1 El núcleo	12
2.1.2 Material de la encajadura	15
2.2 Geometría del dado	15
2.2.1 Ángulo de entrada ( $2\alpha$ )	16
2.2.2 Ángulo de salida ( $2\beta$ )	17
2.2.3 Punto de encuentro (meeting point)	17
2.3 Procedimiento para la reparación de los dados	20
2.3.1 Limpieza del dado	20

2.3.2 Reparación	21
2.3.3 Almacenamiento	21
2.4 Datos que se utilizan en máquinas	22
2.4.1 Datos de presión	22
2.4.2 Datos fijos	23
2.4.3 Datos rotativos	24
2.5 Causas de problemas con dados	24
2.5.1 Central bursting (estallido central)	24
2.5.2 Deformación no céntrica	25
CAPÍTULO 3: LA TREFILACIÓN	27
3.1 ¿Qué es la trefilación?	27
3.2 Tipos de máquinas trefiladoras	27
3.2.1 Máquinas con acumulación y torsión	27
3.2.2 Máquinas con acumulación sin torsión	28
3.2.3 Máquinas de tiro directo – JÚPITER	29
3.2.4 Máquinas trefiladoras Tipo NDB y NDR	30
3.3 Principio de invariabilidad de volumen en la operación	31
3.3.1 Flujo del material	32
3.3.2 ¿Cómo se deforma?	32
3.3.3 Fricción	33
3.4 Efectos de la deformación	33
3.4.1 Restauración y recristalización	34
3.5 Potencia	36
3.6 Temperatura	37
3.6.1 Temperatura del alambre	37
3.6.2 Temperatura del dado en la trefilación	37
3.7 Cálculos	39
3.7.1 Porcentaje de alargamiento (V%)	39
3.7.2 Porcentaje de reducción (R%)	40
3.7.3 Relación entre el porcentaje de reducción (R%) y el porcentaje de alargamiento (V%)	40
3.7.4 Cálculo de la serie de dados utilizando las velocidades reales de la máquina	41

3.7.4.1 Alargamiento	41
3.7.4.2 Reducciones	41
3.7.4.3 Serie de datos	42
3.7.4.4 Ejemplo del cálculo de una serie de datos	43
CAPÍTULO 4: LUBRICACIÓN Y ENFRIAMIENTO	45
4.1 Lubricantes para trefilación	45
4.2 Tipos de lubricación	46
4.2.1 Lubricación hidrodinámica	46
4.2.2 Lubricación en la interfase (de borde)	47
4.3 ¿Qué es un lubricante?	47
4.4 ¿Qué influye en un lubricante?	48
4.5 Tipos de lubricantes	48
4.5.1 Lubricantes sódicos	48
4.5.2 Lubricantes cálcicos	49
4.5.3 Lubricantes para trefilado en húmedos	50
4.6 Propiedades de los lubricantes	50
4.7 Transportadores de lubricante	51
4.7.1 Bórax	51
4.7.2 Fosfato	51
4.8 Lubricante residual	51
4.9 Enfriamiento	52
CAPÍTULO 5: MANUAL DE DECAPADO	54
5.1 Procedimiento decapado	54
5.2 Aspectos que se deben tomar en cuenta antes durante y después del decapado	59
5.2.1 Instrucción de ajuste de parámetros y preparación de tinas	59
5.2.1.1 Preparación de la tina de ácido clorhídrico y análisis de la solución	60
5.2.1.2 Preparación de la tina de bórax y análisis de la solución	62
5.2.1.3 Preparación de la tina de fosfato y análisis de la solución	64

5.2.2 Instrucción de decapado de alambres	66
5.2.2.1 Alambres de acero de alto y bajo carbono	71
5.2.2.2 Alambres fosfatados	72
5.2.3 Actividades del decapador	73
5.2.4 Seguridad industrial en el área de decapado	74
5.2.5 Control de herramientas y compuestos para las recargas	75
CAPÍTULO 6: MANUAL DE TREFILADO	76
6.1 Procedimiento trefilado	76
6.2 Enhebrado de las máquinas	80
6.3 Ensayos de laboratorio para alambres trefilados y retrefilados	81
6.3.1 Ensayo de tracción	81
6.3.2 Pruebas de diámetro y ovalidad	86
6.3.3 Ensayo de torsión	86
6.3.4 Ensayo de flexión	88
6.3.5 Ensayo de enrollado y doblado	89
6.3.6 Ensayo del espesor de la capa de zinc	90
6.4 Control de calidad correctivo	92
6.5 Prueba de tolerancia de diámetro y ovalidad de alambres trefilados	93
6.6 Seguridad industrial en la sección de trefilado	94
6.7 Herramientas utilizadas	95
6.8 Actividades del dadero	95
6.8.1 Rectificado de dados	95
6.8.2 Cambio de serie	100
6.8.3 Entrega y recepción de turno	102
6.8.4 Actividades durante el turno	102
6.8.5 Seguridad industrial en el taller de dados	103
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFÍA	107



## **INTRODUCCIÓN**

Este Proyecto de Titulación se realizó, debido a que las secciones de decapado y trefilado de la empresa Ideal Alambrec carecen de un documento de apoyo que permita trabajar con eficiencia y eficacia, que permita tener un orden lógico en el ritmo del proceso de producción. La inexistencia de un manual de operaciones en estas áreas provoca: errores muy seguidos durante el proceso, accidentes, repeticiones con la consecuente pérdida de tiempo.

### **DEFINICIONES GENERALES**

Se entiende por trefilar a la operación de conformación por deformación plástica en frío o en caliente que consiste en la reducción de sección de un alambre o varilla normalmente de acero haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o dado.

La fuerza impuesta es de tracción que actúa en sentido longitudinal paralela al flujo, es la que obliga al alambre a fluir a través del dado, esta fuerza es paralela al flujo y no deforma al alambre, en este proceso existe una fuerza creada como consecuencia de la reacción del dado sobre el material, la cual es de compresión, que actúa en sentido transversal y es la que deforma al alambre. Esta fuerza creada cambia la estructura granular del material y ocasiona un aumento de su resistencia debido al endurecimiento por deformación en frío.

Para la producción de alambre trefilado es necesario realizar la limpieza química del alambrón, lo que se conoce como decapado y consiste en sumergir el alambrón en soluciones ácidas que atacan a la capa de óxido que se forma en la superficie del alambrón.

### **OBJETIVO GENERAL**

Estandarizar los pasos a seguir en las áreas de decapado y trefilado para la obtención de alambre trefilado, con la implementación del manual operativo del proceso, de modo de modificar las formas de trabajo erróneas.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar flujogramas de los procesos de producción de decapado y trefilado para que los trabajadores sigan un orden establecido para la producción de alambre trefilado.
- Establecer los pasos a seguir para el ajuste de parámetros en las secciones de decapado y trefilado.
- Obtener el diámetro deseado; la reducción del diámetro es lo mismo que reducción de la sección, llamado simplemente la reducción.
- Cambiar las propiedades: al deformar plásticamente el material también se deforma la estructura granular y se producen presiones, por las cuales aumentan considerablemente la dureza, resistencia mecánica, fragilidad y el límite de fluencia.

## **EJECUCIÓN**

El trefilado consiste en la deformación plástica por compresión indirecta del alambre en frío, pasando sucesivamente a través de hileras o dados de carburo de tungsteno colocados en una máquina trefiladora, cuyo diámetro es paulatinamente menor. Esta disminución de sección da al material una cierta acritud en beneficio de sus características mecánicas.

La disminución de sección en cada paso es del orden de un 20% a un 25% lo que da un aumento de resistencia entre 10 y 15 kg/mm<sup>2</sup>. Alcanzado cierto límite, variable en función del tipo de acero, no es aconsejable continuar con el proceso de trefilado pues, a pesar que la resistencia a tracción sigue aumentando, se pierden otras características como la ductilidad. Si es imprescindible disminuir el diámetro del alambre, se hace un tratamiento térmico que devuelve al material sus características iniciales.

La lubricación y el enfriamiento son necesarios para la buena marcha técnica del proceso.

# CAPÍTULO 1

## PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (ALAMBRÓN)

### 1.1 SUPERFICIE METÁLICA DEL ALAMBRÓN

Al fabricar el alambón, el acero entra en contacto con el aire a una temperatura alta de modo que surge una oxidación térmica.

Así se forma en la superficie del alambre una capa de óxido. Su composición difiere según: la temperatura a la que se fabrica y de las circunstancias del enfriamiento

La figura 1.1 muestra las capas de óxidos que se forman sobre la superficie del alambre debido al ataque atmosférico, en donde:

FeO es óxido con el mayor porcentaje de hierro, capa más espesa y menos dura. Reacciona bien con ácidos. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> es una capa dura, porosa y frágil. No reacciona bien con ácidos. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es una capa con el menor porcentaje de hierro. Reacción difícil con ácidos.

El peso total de la capa de óxido es de  $\pm 2\%$  del peso total del alambre.

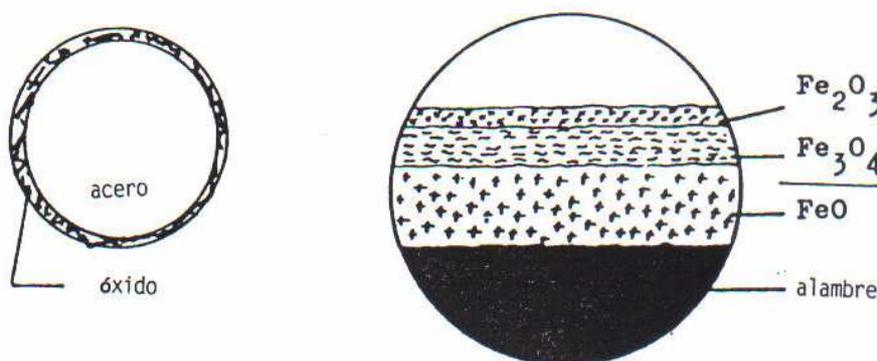


Figura 1.1: Oxidación del alambre

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

Las impurezas se dan debido al transporte y al almacenaje, como por ejemplo: polvo, grasa, pintura. También aparecen manchas de herrumbre, lo que incluso puede resultar en una descamación parcial o total de la capa de óxido porosa.

Antes de arrancar el proceso de la trefilación, siempre se limpiará el alambón: eliminar de la superficie metálica y de las impurezas.

## 1.2 LIMPIEZA DEL ALAMBRÓN

Antes de pasar a la trefilación es preciso eliminar la superficie de óxido metálico del alambón. Si no: la capa de óxido dura penetra en la superficie del alambre, lo que resulta en una mala calidad de la superficie; se produce un gran desgaste de la hilera y gran frecuencia de rotura de alambón, para lo que se utilizan distintos métodos de limpieza.

Cabe recalcar que la limpieza del alambón solo se realiza a alambones de aceros, y no a los de aluminio, debido a que el grado de corrosión del aluminio es muy bajo y al momento de procesar el aluminio, este se encuentra limpio.

### 1.2.1 DESCASCARILLAR O LIMPIAR MECÁNICAMENTE (DECALAMINADO)

Al plegar el alambón descama la capa de óxido frágil, una posterior restregadura eliminar escamas restantes por medio de cucharas metálicas, limpiar eventualmente los residuos del óxido mediante el aire comprimido mejora el resultado. La figura 1.2 muestra el procedimiento de decalaminado del alambre por medio de rollos.

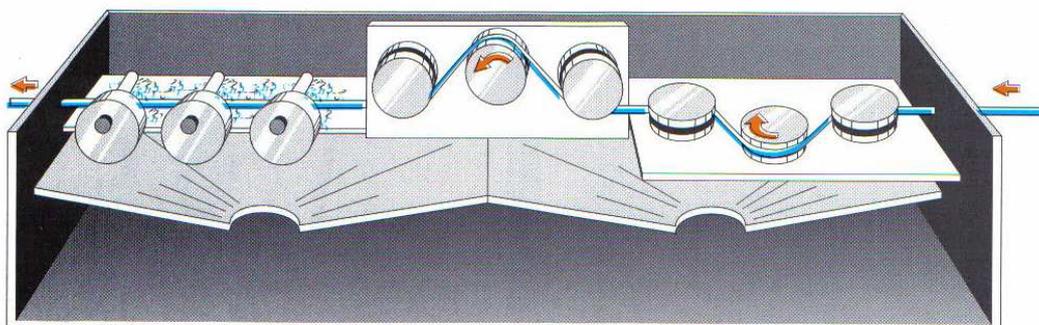


Figura 1.2: Decalaminado del alambre

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

**Ventajas:** El descascarillar se hace al entrar el alambón en la trefiladora. Por ende, es barato y produce ganancia de tiempo.

**Desventajas:** El alambón es cargado mecánicamente quedando óxidos residuales en el alambón. Por eso existen casos de rotura de alambón, sobre todo en el caso de una trefilación con alta reducción.

**Observación:** Para un buen descascarillado la capa de óxido tiene que ser frágil, es decir que tenga poco óxido de hierro en la superficie.

### 1.2.2 LIMPIEZA QUÍMICA (DECAPADO)

En este proceso el alambre es sumergido durante un cierto tiempo en un baño de ácido, de modo que se corra y se rechace la capa de óxido.

La figura 1.3 muestra el procedimiento de decapado con la ubicación de las tinas y el contenido de estas.

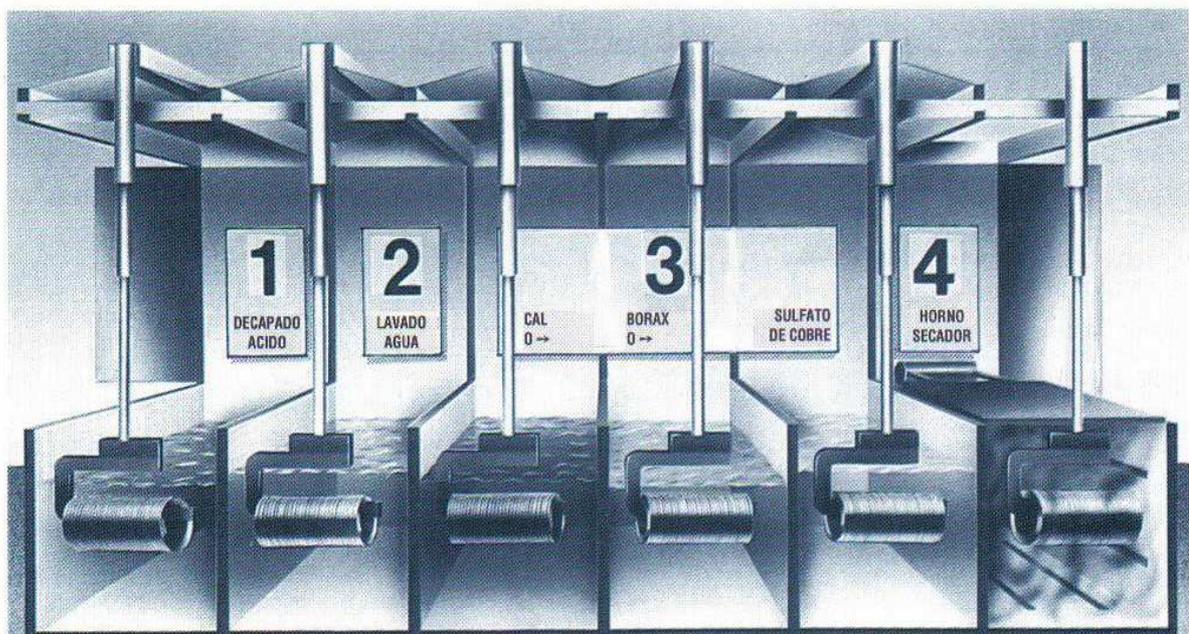


Figura 1.3: Decapado del alambre

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

El ácido reacciona con el hierro formando moléculas de hidrógeno que desprenden la corteza de oxido de la superficie del alambre.

La figura 1.4 muestra la reacción que forma el óxido al ponerse en contacto con el ácido.

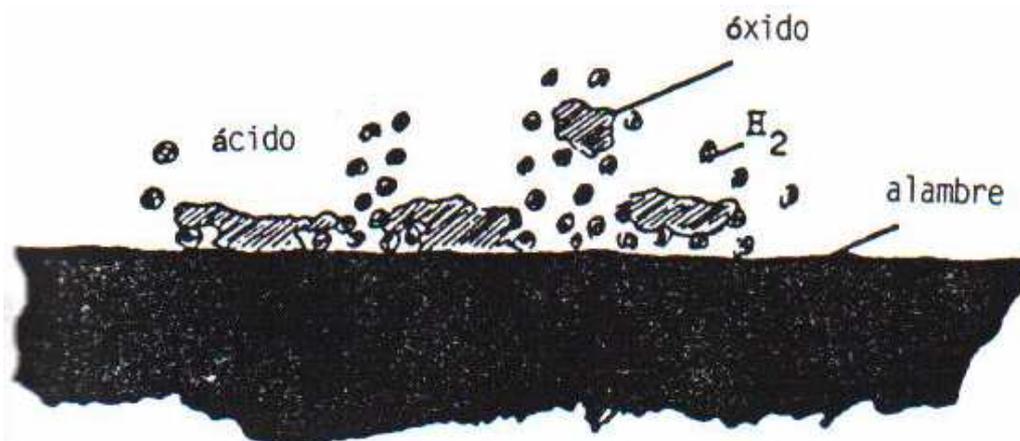


Figura 1.4: Reacción entre óxido y ácido  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

Los ácidos utilizados para el decapado son: ácido sulfúrico o clorhídrico para alambre de bajo carbono y ácido clorhídrico para alambres de acero de alto carbono

El tiempo máximo de decapado es una hora. Si se decapa menos tiempo del indicado, da como resultado una limpieza imperfecta y si se decapa durante demasiado tiempo, se corroe la superficie del alambre.

La velocidad con la que se limpia el alambre depende de: la clase y concentración del ácido, la temperatura a la que se encuentra el ácido y la concentración de hierro en el ácido.

### **Fragilidad de Hidrógeno con Alto Carbono:**

Al decapar debido al rechazo del óxido se forma una presión que permite una penetración de átomos de hidrógeno en el acero entre los granos, justo donde se encuentran defectos en la red cristalina, incluso pueden juntarse átomos y llegar a formar moléculas (H<sub>2</sub>). Esto produce una gran presión de gas en el acero, que lo hace más frágil.

Esta fragilidad tiene una mala influencia en las propiedades mecánicas, especialmente en la flexión, torsión y tracción.

Para reducir o evitar esa fragilidad es recomendable: reducir el tiempo de decapado, utilizar inhibidores (Ej. NEP, paracidina, hexametilentetramina) y decapar en ácido clorhídrico (HCl), de preferencia frío.

### **Decapado en Ácido Sulfúrico $H_2SO_4$ (Para aceros de bajo carbono)**

En la tina de decapado anterior, la concentración recomendada es de 160 g de ácido por cada litro de agua a una temperatura de 60° C. Este tratamiento elimina la mayor parte de óxido y forma sulfato de hierro ( $FeSO_4$ ). Sulfatar es trasladar a un baño de enfriamiento en que el sulfato de hierro se cristaliza. El ácido residual será regresado y se añadirá  $H_2SO_4$  hasta que la composición sea correcta.

En la tina de decapado posterior, la concentración recomendada es de 140 g de ácido por cada litro de agua a una temperatura de 60° C, es ácido más limpio.

Como resultado después del decapado se obtendrá una buena porosidad de la superficie, para que se pueda adherir el lubricante al momento de la trefilación.

### **Decapado en Ácido clorhídrico HCl (Para aceros de alto y bajo carbono)**

La concentración recomendada es de 150 hasta 200 g de ácido por cada litro de agua y se puede tener hasta 4 cubas de decapado consecutivas en frío. Cada tratamiento durará 15 minutos.

El óxido de hierro se disuelve en el ácido clorhídrico dando como resultado cloruro de hierro ( $FeCl_2$ ). El primer baño contiene la mayor cantidad de cloruro de hierro y es necesario titular el contenido de hierro en las cubas de decapado, debido a que la alta concentración de hierro hace que el tiempo de decapado se prolongue.

### **Lavar y Neutralizar**

El residuo de ácido que queda en el alambroón tiene que ser retirado con la ayuda de un lavado. En este procedimiento se utiliza el lavado en cascada, que es muy efectivo y consiste en introducir el alambroón en varias tinajas de agua consecutivamente para que se enjuague en cada una de ellas, saliendo así de la última sin residuos de ácido. Es importante realizar una serie de movimientos dentro del agua para que el ácido sea retirado con mayor efectividad.

### **1.2.3 CEPILLADO DEL ALAMBRÓN**

Los defectos del alambroón pueden situarse en la superficie o debajo de ella, como por ejemplo: errores de laminación, descarburación en bajo carbono, etc.

Al cepillar la superficie del alambroón, esta se reduce más o menos 2 mm del diámetro, estos 2 mm. son necesarios para que se elimine la mayor parte de defectos. Este procedimiento se lo realiza únicamente si es para productos de alta calidad.

#### **Ventajas:**

- Al cepillar se obtiene una calidad excelente de la superficie.

#### **Desventajas:**

- La superficie del material queda con una capa de martensita, por lo que es necesario realizar un tratamiento térmico antes de la trefilación.
- Se obtiene muchos desechos en forma de viruta que van del 8 al 10% del peso total.

### **1.3 RECUBRIMIENTO DEL ALAMBRÓN**

Posterior al decapado del alambre, es necesario recubrirlo con una capa, cuya función es: proteger al alambre limpio del óxido, neutralizar ácidos residuales, arrastrar jabón en el proceso de trefilación y también sirve como lubricante en el proceso de trefilación.

**Tipos de Recubrimientos:**

Se utiliza recubrimientos de cal, bórax y bonderita en alambres desnudos y cinc, estaño, cobre y aleaciones en recubrimientos metálicos.

**1.3.1 RECUBRIMIENTO DE ALAMBRES DESNUDOS (cal, bórax o bonderita)**

El recubrimiento a utilizarse en alambres desnudos dependen de:

- las características requeridas de la superficie del alambre (lubricante residual después de la trefilación)
- las propiedades de la capa (dureza, adhesión al alambre, etc.)
- los tratamientos térmicos que se darán posteriormente a los alambres.
- la composición del alambre (alto o bajo carbono)

**1.3.1.1 CAL Y BÓRAX**

En el ANEXO 1 se presenta información sobre la aplicación, propiedades, espesor de capa, adhesión, protección de oxidación, superficie del alambre, tratamientos térmicos y limitaciones de la cal y el bórax. (BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.)

**1.3.1.2 BONDERITA (FOSFATO DE CINCO)**

Otra capa utilizada después del decapado es la de bonderita.

**APLICACIÓN:**

La capa de bonderita es un buen medio auxiliar para el posterior trefilado y se aplica para:

- trefilar aceros de alto carbono
- trefilar bajo carbono con alta reducción

**CARACTERÍSTICAS:****Adhesión:**

La adhesión de la banderita es buena ya que esta se queda en el alambre aún después de la laminación, trefilación o vuelta de muelles.

**Superficie del alambre:**

La bonderita hace que la superficie del alambre se vuelva áspera haciendo que arrastre bien el jabón para la trefilación (Buena lubricación), pudiendo así trefilar a gran velocidad y con baja frecuencia de rotura, aunque el lubricante residual constituye muchas veces un problema en los procesos que se realizan después del trefilado, como por ejemplo en el galvanizado.

**Cantidad:**

La cantidad de bonderita en el alambre depende del tiempo de inversión en el baño. Los tiempos pueden ser de 1, 5 hasta 15 minutos.

**Bonderizar:**

Al bonderizar el alambre se forma una emulsión ácida que es necesario neutralizarla, es por eso que al alambre se lo debe sumergir en un baño de bórax o cal después de bonderizarlo.

**LIMITACIONES:**

- Los residuos de la bonderita causan problemas luego de la trefilación.  
Ejemplo: Durante un tratamiento térmico se pueden obstruir los tubos del horno o puede obtenerse una superficie áspera.
- Los residuos de la bonderita solo se los puede retirar con un decapado muy intensivo.
- El costo de la bonderita es sumamente alto.
- Los restos dificultan la purificación de las aguas residuales.

### 1.3.2 CAPAS METÁLICAS

La capa metálica se la aplica a veces antes de trefilar, esto ayuda a obtener en el alambre una alta resistencia debido a una retrefilación del mismo.

#### **Tipos de Recubrimientos:**

Tipos de recubrimiento para alambón:

- Cinc (galvanizar térmicamente)
- Cobre (encobrar en ácido)

Tipo de recubrimiento para producto intermedio:

(Después del tratamiento térmico)

- Cinc
- Estaño
- Cobre
- Latón
- Bronce

#### **Aplicación:**

Se aplica como auxiliar durante la trefilación

#### **Características:**

- Adhesión muy fuerte al alambre
- Buena capa deslizante

## CAPÍTULO 2

### HILERAS (DADOS)

La trefilación se realiza por medio de una hilera o dado, el ángulo de esta hilera y el tipo de lubricación son importantes en el procedimiento. Una serie de dados en las trefiladoras son necesarios para la deformación y el alargamiento del alambre. La lubricación y enfriamiento son necesarios para la buena marcha técnica del proceso.

#### 2.1 PARTES DEL DADO

En la figura 2.1 se muestra las 2 partes principales que tiene un dado de trefilación.

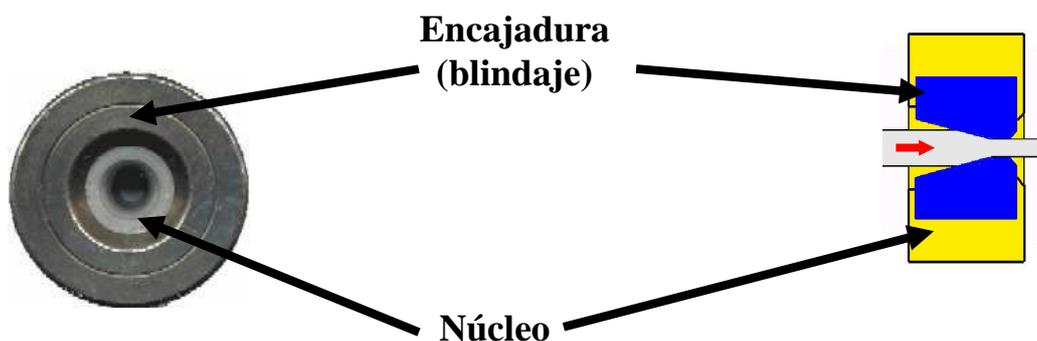


Figura 2.1: Partes del dado

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

#### 2.1.1 EL NÚCLEO

En trefilación se usan dos tipos de material para fabricar el núcleo: carburo de tungsteno y diamante.

##### El carburo de tungsteno

Es el material más usado para dados, es duro y resistente al desgaste, es resistente al calor y el núcleo es largo con relación al diamante, esto da mejor arrastre de lubricante produciendo mejor lubricación.

En la figura 2.2 se muestra el proceso que se sigue para la fabricación de dados de carburo de tungsteno.

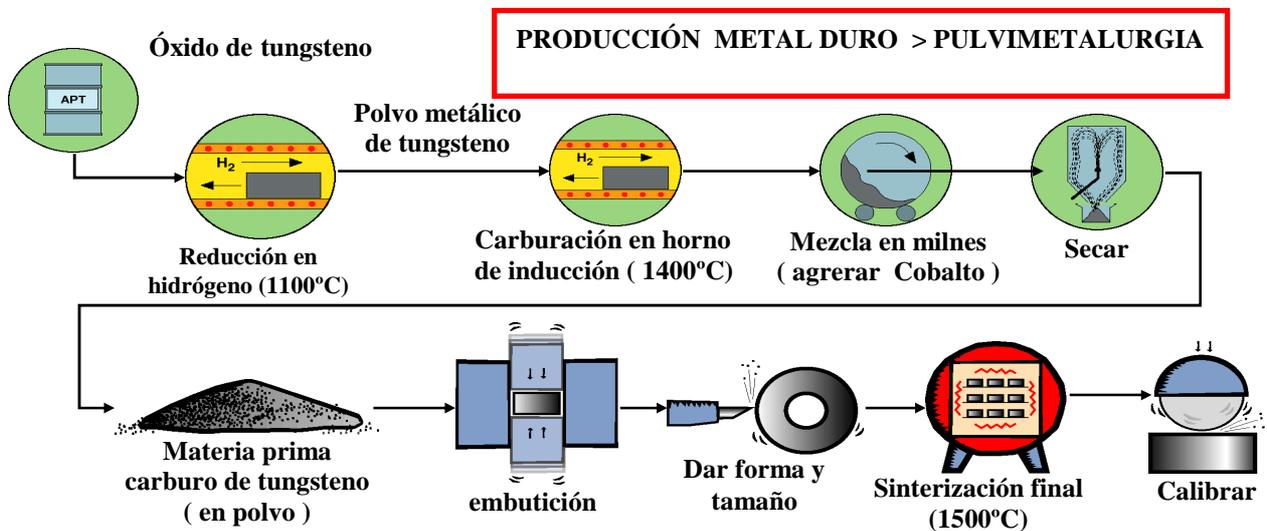


Figura 2.2: Fabricación de dados de carburo de tungsteno  
BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

Propiedades según la cantidad de cobalto en el material:

Cuando posee más Cobalto (91%WC+ 9% Co), es blando y corrosivo, su desgaste es rápido y sufre menos roturas.

Cuando posee menos Cobalto (94%WC+ 6%Co = 6%), es duro y frágil, su desgaste es lento y sufre agrietamientos.

### El diamante

Para alambres muy finos es muy difícil fabricar dados en widia, de manera que son más recomendables los dados de diamante.

En los rangos finos (0.15 en adelante) las altas velocidades hacen que el desgaste del carburo sea muy alto y no es viable económicamente, es por esto que se utilizan dados de diamante debido a la gran resistencia al desgaste que posee el diamante y al excelente acabado superficial del mismo. Además permite reducciones altas con menor lubricación.

Es habitual el uso de hileras de diamante en el trefilado de alambres recubiertos, debido a la alta abrasión de estos materiales. En algunas empresas su uso está dedicado también a la trefilación de aluminio y extrapulidos (grapas clips, estropajos, mallas etc.)

### **Comparación entre el carburo de tungsteno y el diamante:**

La vida útil del dado de carburo tungsteno es de 10 toneladas de alambre diámetro 1mm de SAE 1065 mientras que el de diamante es de 180 toneladas del mismo alambre

En lo que tiene que ver con los costos, el dado de diamante cuesta 100 veces el costo del de carburo de tungsteno y para la reparación los costos tienen una relación de 1 a 30 siendo más caro el de diamante.

En la figura 2.3 se puede observar los núcleos de los dados de carburo de tungsteno dentro y fuera de la encajadura.



Figura 2.3: Núcleos de carburo de tungsteno  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

En la figura 2.4 se puede observar dados cortados por la mitad para poder visualizar los núcleos de diamante.

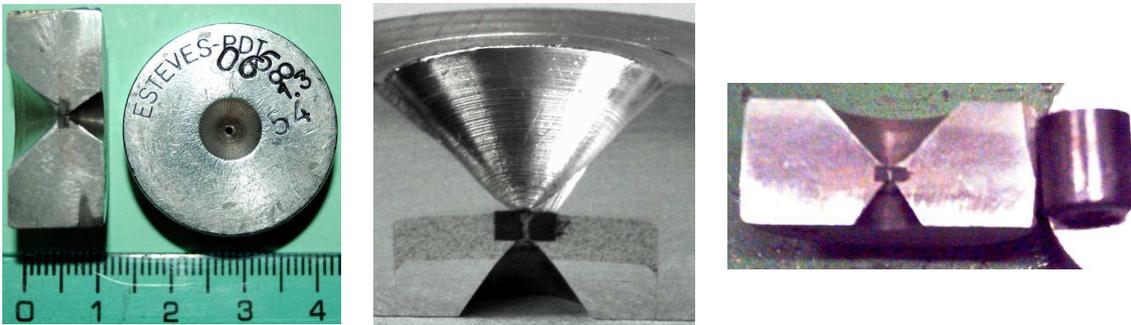


Figura 2.4: Núcleos de diamante

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 2.1.2 MATERIAL DE LA ENCAJADURA

El material de la encajadura es un acero normal (ST37) y puede ser comparado con un material 1040 hasta 1060 (normalmente con una aleación para evitar la oxidación).

La función básica es transferir el calor y proteger el núcleo.

En la figura 2.5 se muestra la encajadura del dado también conocida como blindaje.

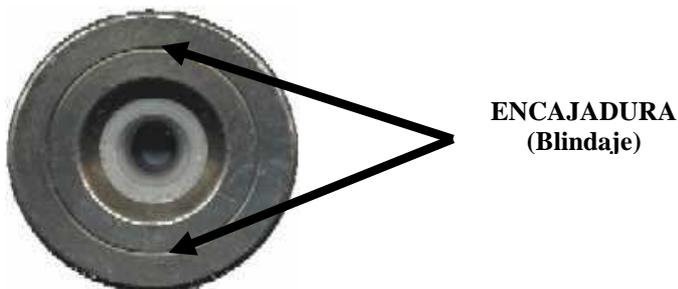


Figura 2.5: Encajadura

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 2.2 GEOMETRIA DEL DADO

En la figura 2.6 se muestra la geometría del dado y se señalan los parámetros que se controlan.

$2\alpha$  : ángulo de entrada ( $6^\circ$ ,  $9^\circ$  o  $12^\circ$ )

$L_1$  : redondez de ángulo , entrada de lubricación .

$L_2$  : cono de entrada

$L'_2$  : longitud de proximidad; construcción de presión en jabón

$L''_2$  : longitud de deformación (ideal :  $L'_2 = L''_2$ )

$L_3$  : resistencia

$L_4$  : longitud de tracción libre

$2\beta$  : ángulo de salida ( =  $40^\circ$ )

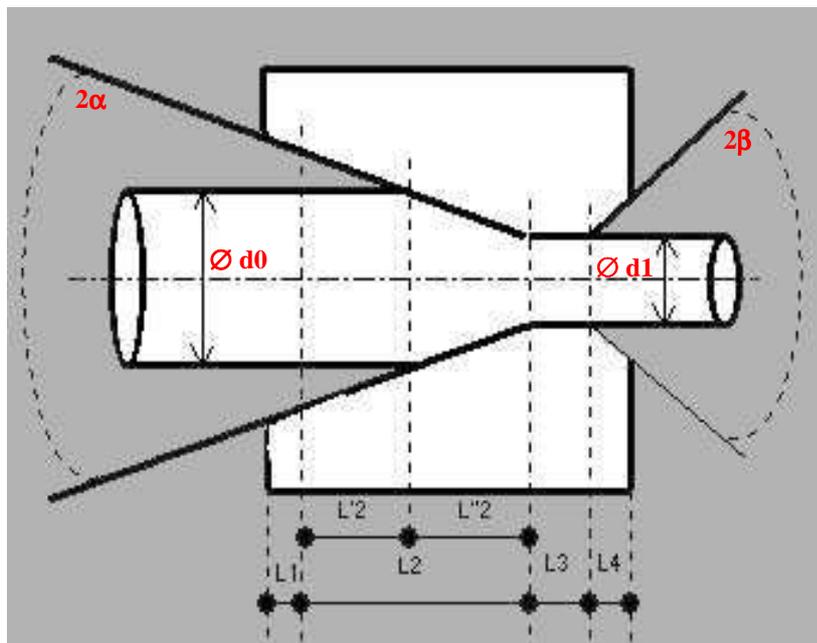


Figura 2.6: Parámetros que se controlan en el dado

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 2.2.1 ÁNGULO DE ENTRADA ( $2\alpha$ )

Para trefilar se necesita una cierta fuerza de tracción, cuya intensidad depende de factores distintos como son: la composición del material a trefilar (Ej. % carbono) y las condiciones de trefilación (lubricación, cono de entrada)

La fuerza de tracción requerida tiene que ser lo más baja posible ya que esta determina la capacidad necesaria de la máquina e influye el calentamiento y las propiedades mecánicas del alambre.

La fuerza de tracción a su vez limita a la resistencia del alambre. (si es mayor existirá más rotura), por lo que de preferencia la fuerza de tracción debe ser reducida a la mitad de la resistencia.

Se debe elegir  $2\alpha$  en función de la deformación ideal del material, ya que si  $2\alpha$  es demasiado pequeño existirá demasiada fricción por lo que se producirá mayor calor, dando como resultado alambre de mala calidad; y si  $2\alpha$  es demasiado grande se producirá una deformación desigual del material y puede causar roturas.

La tabla 2.1 muestra los valores del cono de entrada de los dados según el tipo de alambre y su diámetro.

<b>Valores de ángulo aplicados ( normalizados )</b>		
	Alambres negros	Alambres galvanizados & ACC
<b>6°</b>	Ø 0.50 hasta 1.80 mm	Ø 0.50 hasta 2.70 mm
<b>9°</b>	Ø 1.81 hasta 3.00 mm	Ø 2.71 hasta 4.00 mm
<b>12°</b>	Ø 3.01 mm y más	Ø 4.01 mm y más

Tabla 2.1: Valores de ángulos aplicados  
BEKAERT; *Normas*, Bélgica.

### 2.2.2 ÁNGULO DE SALIDA ( $2\beta$ )

Cono de salida  $2\beta$  es importante al momento de parar la máquina ya que previene rotura al regreso del alambre a causa de la elasticidad del mismo.

El valor de  $2\beta$  es de  $40^\circ$  con una tolerancia de  $\pm 5^\circ$  según norma de Bekaert.

### 2.2.3 PUNTO DE ENCUENTRO (Meeting Point)

La figura 2.7 muestra la ubicación de la sección que se conoce como punto de encuentro.

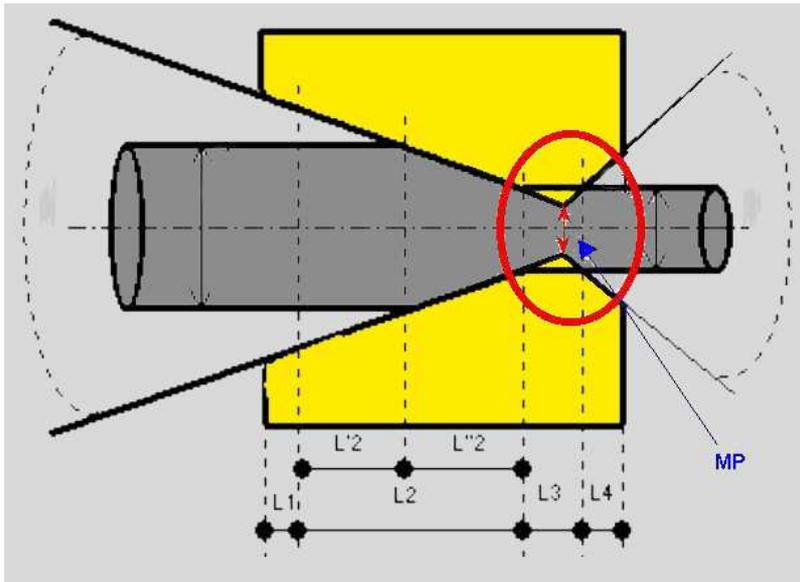


Figura 2.7: Punto de encuentro (Meeting Point)

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

Para encontrar la medida de la sección del punto de encuentro se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$MP = d1 - \left[ \frac{2 \times \operatorname{tg}(2\alpha/2) \times \operatorname{tg}(2\beta/2)}{\operatorname{tg}(2\alpha/2) + \operatorname{tg}(2\beta/2)} \times L3 \right]$$

Donde:

MP: Punto de encuentro

d1: Diámetro final

L3: Longitud de resistencia

$\alpha$ : Ángulo de entrada

$\beta$ : Ángulo de salida

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

El punto de encuentro tiene una relación fija con el diámetro y con la longitud L3 que se muestra en la figura 2.7.

La tabla 2.2 muestra los datos necesarios para preparar dados con ángulos de entrada de 9 grados para alambres de acero de alto y bajo carbono como son: el diámetro, la relación entre el diámetro y la longitud, la longitud L3 y la medida del punto de encuentro.

## GEOMETRIA DE DADOS

## DADOS &gt;&gt; 9°

$\varnothing$	$L/\varnothing$	L	MP	Medida BC	Medida AC
1,01	0,40	0,724	1,716	X	
1,02	0,40	0,728	1,726	X	
1,03	0,40	0,732	1,735	X	
1,04	0,40	0,736	1,745	X	
1,05	0,40	0,740	1,754	X	
1,06	0,40	0,744	1,764	X	
1,07	0,40	0,748	1,773	X	
1,08	0,40	0,752	1,783	X	
1,09	0,40	0,756	1,792	X	
1,10	0,40	0,760	1,802	X	
1,11	0,40	0,764	1,811	X	
1,12	0,40	0,768	1,821	X	
1,13	0,40	0,772	1,830	X	
1,14	0,40	0,776	1,840	X	
1,15	0,40	0,780	1,849	X	
1,16	0,40	0,784	1,859	X	
1,17	0,40	0,788	1,868	X	
1,18	0,40	0,792	1,878	X	
1,19	0,40	0,796	1,887	X	
2,00	0,40	0,800	1,896	X	
2,01	0,40	0,804	1,906	X	
2,02	0,40	0,808	1,915	X	
2,03	0,40	0,812	1,925	X	
2,04	0,40	0,816	1,934	X	
2,05	0,40	0,820	1,944	X	
2,06	0,40	0,824	1,953	X	
2,07	0,40	0,828	1,963	X	
2,08	0,40	0,832	1,972	X	
2,09	0,40	0,836	1,982	X	
2,10	0,40	0,840	1,991	X	
2,11	0,40	0,844	2,001	X	
2,12	0,40	0,848	2,010	X	
2,13	0,40	0,852	2,020	X	
2,14	0,40	0,856	2,029	X	
2,15	0,40	0,860	2,039	X	
2,16	0,40	0,864	2,048	X	
2,17	0,40	0,868	2,058	X	
2,18	0,40	0,872	2,067	X	
2,19	0,40	0,876	2,077	X	
2,20	0,40	0,880	2,086	X	
2,21	0,40	0,884	2,096	X	
2,22	0,40	0,888	2,105	X	
2,23	0,40	0,892	2,115	X	
2,24	0,40	0,896	2,124	X	
2,25	0,40	0,900	2,134	X	
2,26	0,40	0,904	2,143	X	
2,27	0,40	0,908	2,153	X	
2,28	0,40	0,912	2,162	X	
2,29	0,40	0,916	2,172	X	
2,30	0,40	0,920	2,181	X	
2,31	0,40	0,924	2,191	X	
2,32	0,40	0,928	2,200	X	
2,33	0,40	0,932	2,210	X	
2,34	0,40	0,936	2,219	X	
2,35	0,40	0,940	2,229	X	
2,36	0,40	0,944	2,238	X	
2,37	0,40	0,948	2,248	X	
2,38	0,40	0,952	2,257	X	
2,39	0,40	0,956	2,267	X	
2,40	0,40	0,960	2,276	X	
2,41	0,40	0,964	2,286	X	
2,42	0,40	0,968	2,295	X	
2,43	0,40	0,972	2,305	X	
2,44	0,40	0,976	2,314	X	
2,45	0,40	0,980	2,323	X	
2,46	0,40	0,984	2,333	X	
2,47	0,40	0,988	2,342	X	
2,48	0,40	0,992	2,352	X	
2,49	0,40	0,996	2,361	X	
2,50	0,40	1,000	2,371	X	
2,51	0,40	1,004	2,380	X	
2,52	0,40	1,008	2,390	X	
2,53	0,40	1,012	2,399	X	
2,54	0,40	1,016	2,409	X	
2,55	0,40	1,020	2,418	X	
2,56	0,40	1,024	2,427	X	
2,57	0,40	1,028	2,437	X	
2,58	0,40	1,032	2,446	X	
2,59	0,40	1,036	2,456	X	
2,60	0,40	1,040	2,465	X	
2,61	0,40	1,044	2,475	X	
2,62	0,40	1,048	2,484	X	
2,63	0,40	1,052	2,494	X	
2,64	0,40	1,056	2,503	X	
2,65	0,40	1,060	2,513	X	
2,66	0,40	1,064	2,522	X	
2,67	0,40	1,068	2,532	X	
2,68	0,40	1,072	2,541	X	
2,69	0,40	1,076	2,551	X	
2,70	0,40	1,080	2,560	X	
2,71	0,40	1,084	2,570	X	X
2,72	0,40	1,088	2,579	X	X
2,73	0,40	1,092	2,589	X	X
2,74	0,40	1,096	2,598	X	X
2,75	0,40	1,100	2,608	X	X
2,76	0,40	1,104	2,617	X	X
2,77	0,40	1,108	2,627	X	X
2,78	0,40	1,112	2,636	X	X
3,03	0,30	0,503	2,312		X
3,04	0,30	0,512	2,322		X
3,05	0,30	0,519	2,332		X
3,06	0,30	0,518	2,341		X
3,07	0,30	0,521	2,351		X
3,08	0,30	0,524	2,360		X
3,09	0,30	0,527	2,370		X
3,10	0,30	0,530	2,380		X
3,11	0,30	0,533	2,390		X
3,12	0,30	0,536	2,399		X
3,13	0,30	0,539	2,408		X
3,14	0,30	0,542	2,418		X
3,15	0,30	0,545	2,428		X
3,16	0,30	0,548	2,437		X
3,17	0,30	0,551	2,447		X
3,18	0,30	0,554	2,457		X
3,19	0,30	0,557	2,466		X
3,20	0,30	0,560	2,476		X
3,21	0,30	0,563	2,485		X
3,22	0,30	0,566	2,495		X
3,23	0,30	0,569	2,505		X
3,24	0,30	0,572	2,514		X
3,25	0,30	0,575	2,524		X
3,26	0,30	0,578	2,533		X
3,27	0,30	0,581	2,543		X
3,28	0,30	0,584	2,553		X
3,29	0,30	0,587	2,562		X
3,30	0,30	0,590	2,572		X
3,31	0,30	0,593	2,581		X
3,32	0,30	0,596	2,591		X
3,33	0,30	0,599	2,601		X
3,34	0,30	1,002	2,610		X
3,35	0,30	1,005	2,620		X
3,36	0,30	1,008	2,630		X
3,37	0,30	1,011	2,639		X
3,38	0,30	1,014	2,649		X
3,39	0,30	1,017	2,658		X

Tabla 2.2: Medidas del punto de encuentro según el diámetro final del alambre

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

Si se determina el diámetro correcto se previene la trefilación en ovalado.

La tabla 2.3 da la resistencia que tienen los dados en relación a su diámetro.

<b>Valores de la resistencia del dado ( normalizados )</b>	
<b>DIAMETRO</b>	<b>RESISTENCIA</b>
De Ø 0 hasta 1.80 mm	0.5 X Ø
De Ø 1.81 hasta 3.00 mm	0.4 X Ø
De Ø 3.01 hasta 4.50 mm	0.3 X Ø
De Ø 4.51 mm y más	0.25 X Ø

Tabla 2.3: Resistencia de los dados  
BEKAERT; Normas, Bélgica.

## 2.3 PROCEDIMIENTO PARA LA REPARACIÓN DE LOS DADOS

Los pasos que se sigue para la reparación de los dados son: Limpieza, reparación y almacenamiento.

### 2.3.1 LIMPIEZA DEL DADO

La figura 2.8 muestra la limpieza de los dados ya utilizados la cual se la realiza en un esmeril con un disco de alambre.



Figura 2.8: Limpieza del dado.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 2.3.2 REPARACIÓN

La reparación consiste en rectificar el cono de entrada del dado para poderlo volver a usar con diámetros mayores, ya que el punto de encuentro pierde su medida original (se agranda). Este procedimiento se lo realiza con la ayuda de lubricantes que contienen polvo de diamante.

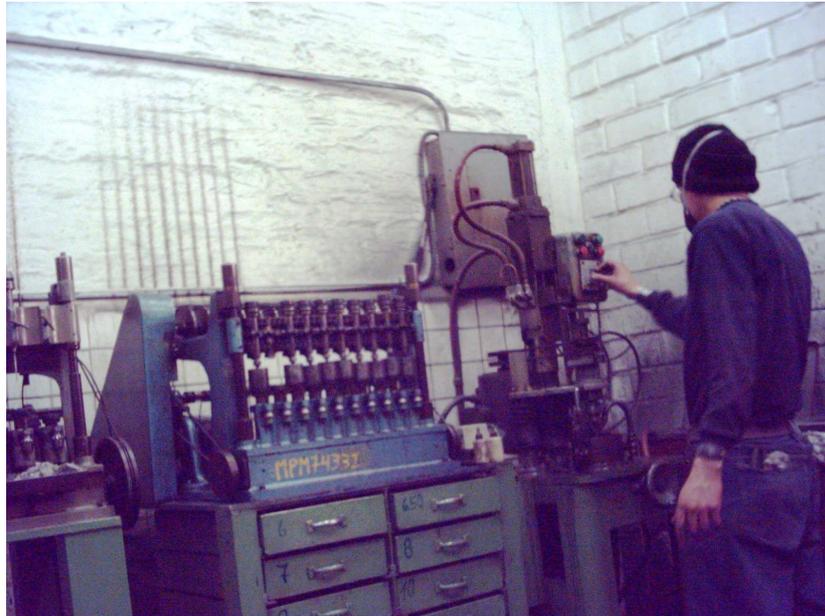


Figura 2.9: Reparación del dado.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 2.3.3 ALMACENAMIENTO

En la figura 2.10 se observa el almacenamiento de los dados que están distribuidos de acuerdo a la máquina a la que corresponden.



Figura 2.10: Almacenamiento de los dados.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

## 2.4 DADOS QUE SE UTILIZAN EN MÁQUINAS

Los dados que se utilizan en las máquinas son: de presión, fijos y rotativos.

### 2.4.1 DADOS DE PRESIÓN

Los dados de presión son herramientas que presionan al lubricante contra la superficie del alambre. Estos dados ayudan a establecer una mejor capa de lubricante desde la primera caja de portadados y mantener este en los siguientes pasos.

La figura 2.11 muestra los dados de presión en la máquina, tanto en las jaboneras como en la bobina final.

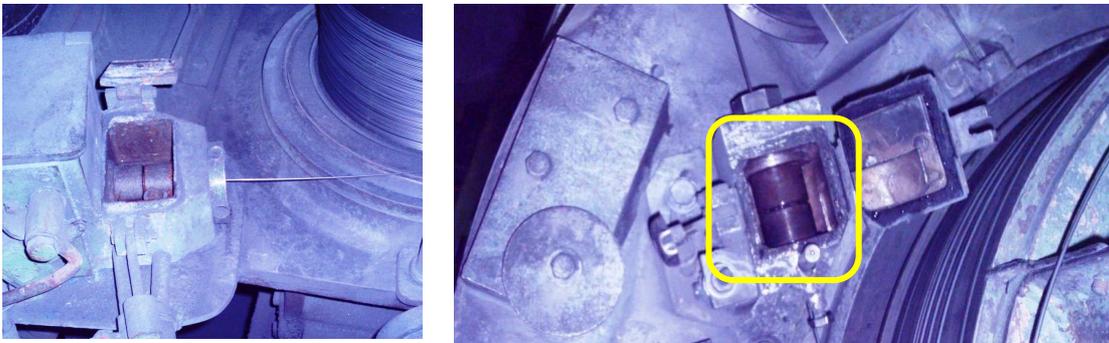


Figura 2.11: Dados de presión en la máquina.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

En la figura 2.12 se observa los dados de presión y sus partes que son:

1. Primer dado, el cual es igual al diámetro inicial + 0.25 mm y en caso de alambón es + 0.5 mm.
2. Cámara a presión para el lubricante
3. Ovalillo o arandela de presión.
4. Dado de deformación

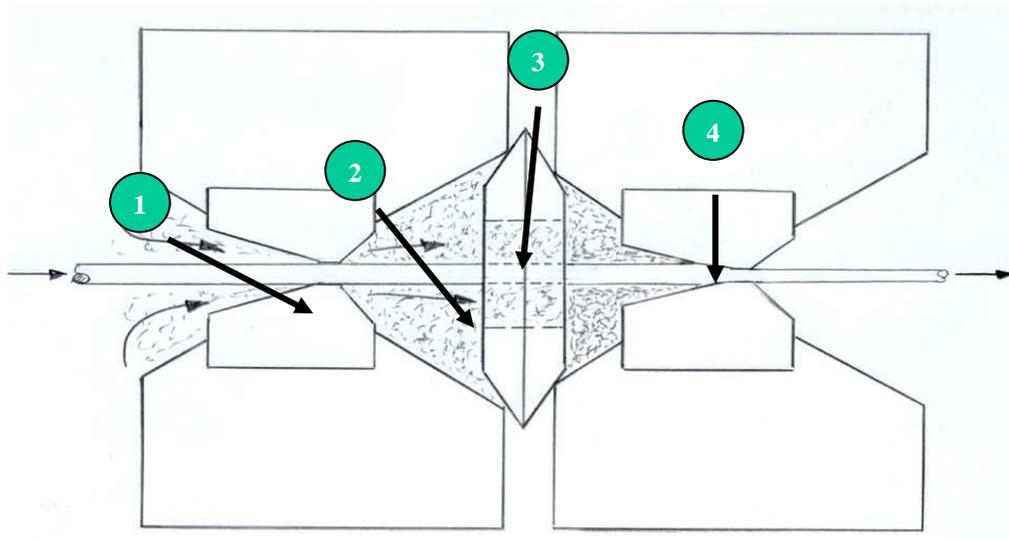


Figura 2.12: Partes de los dados de presión.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

El objetivo de los dados de presión es el aumento de presión del lubricante a la entrada del dado (segundo dado) mejor lubricación y centrar el alambre de manera perfecta durante la deformación para mejorar la calidad del alambre.

#### 2.4.2 DADOS FIJOS

Son dados que permanecen fijos durante el proceso de trefilado.

La figura 2.13 muestra los dados fijos tanto en la máquina como fuera de ella.



Figura 2.13: Dados fijos.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 2.4.3 DADOS ROTATIVOS

Estos dados se caracterizan por el movimiento de rotación que estos efectúan durante el proceso de trefilado del alambre. Figura 2.14

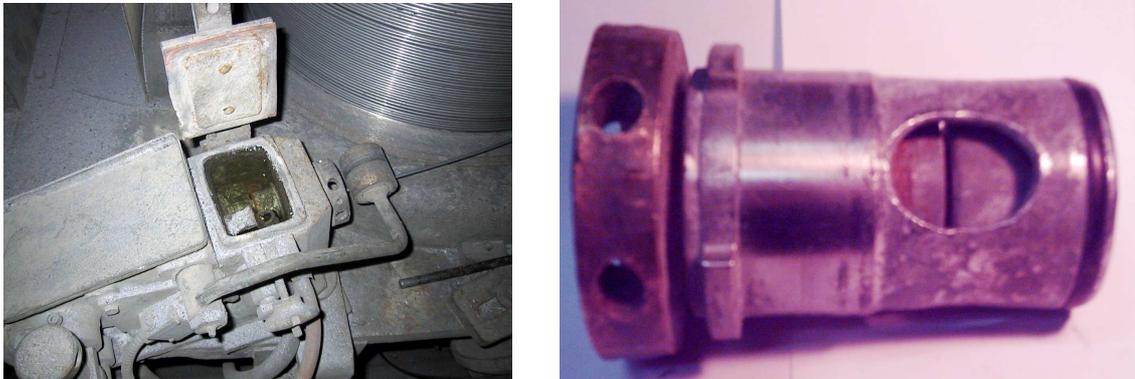


Figura 2.14: Dados rotativos.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 2.5 CAUSAS DE PROBLEMAS CON DADOS

Las causas de problemas con dados son: estallido central y deformación no céntrica.

#### 2.5.1 CENTRAL BURSTING (ESTALLIDO CENTRAL)

Central bursting es un fenómeno que se presenta frecuentemente y es causado por: una deformación desigual, un  $2\alpha$  demasiado grande o reducciones grandes (sobre trefilado).

La figura 2.15 muestra como se produce el central bursting, debido a que la deformación no llega al núcleo del alambre.

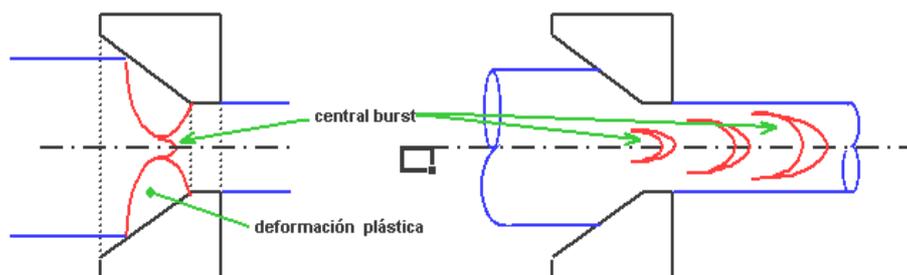


Figura 2.15: Central bursting (Estallido central).

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

## 2.5.2 DEFORMACIÓN NO CÉNTRICA

Durante la trefilación el alambre tiene que entrar perfectamente centrado en el dado. De no ser así, la deformación del alambre no será céntrica.

La figura 2.16 indica un alambre que no está centrado el momento de ingresar en el dado.

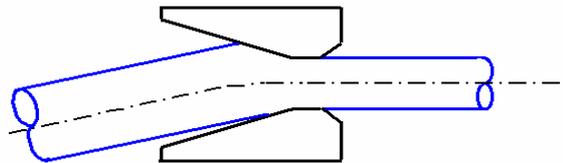


Figura 2.16: Alambre mal centrado el momento de la trefilación.  
BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

Las consecuencias de este problema es: la deformación desigual que a su vez produce tensiones desiguales en el alambre (causas de roturas) y la fricción a un lado, que resulta en calentamiento, produciendo: alambre brillante a un lado (no siempre), formación de martensita (para aceros de alto contenido de carbono), ovalidad en el alambre, grietas en el alambre (producen roturas), pérdida de ductilidad (más a un lado del alambre).

La figura 2.17 muestra las fallas en un alambre que ha sufrido de una deformación no céntrica.



Figura 2.17: Fallas de un alambre que ha sufrido una deformación no céntrica.  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

Las causas de la deformación no céntrica son: el núcleo del dado no está puesto céntricamente, el dado no se encuentra correctamente en el portadados, la jabonera mal colocada (no alineada)

La figura 2.18 muestra un alambre mal alineado al momento de ingresar a la jabonera o al dado.

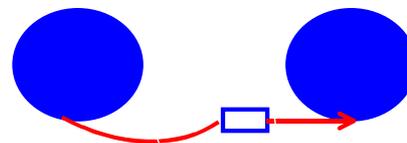
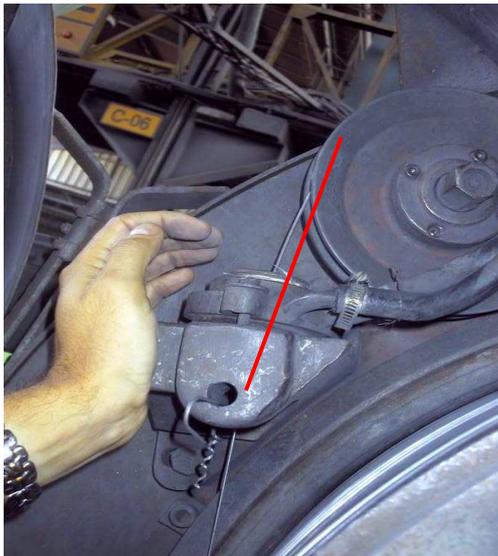


Figura 2.18: Alambre mal alineado.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

La figura 2.19 muestra un alambre correctamente alineado al momento de ingresar a la jabonera donde se encuentra el dado.

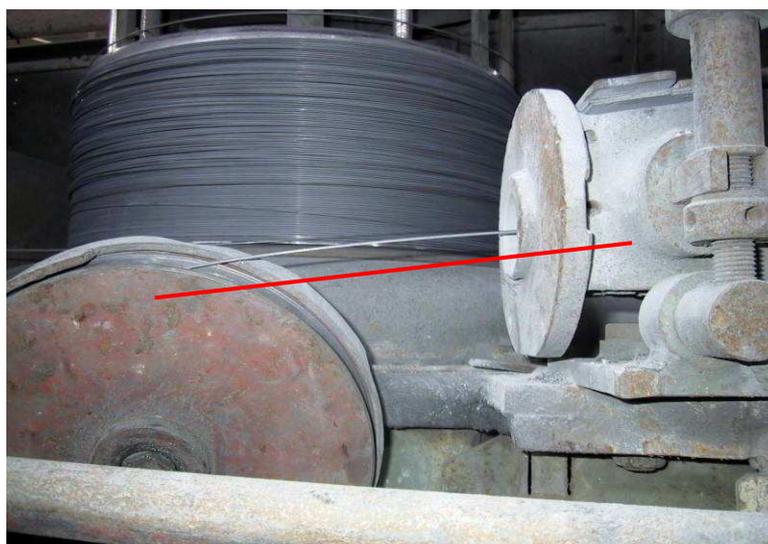


Figura 2.19: Alambre correctamente alineado.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

## CAPÍTULO 3

### LA TREFILACIÓN

#### 3.1 ¿QUÉ ES LA TREFILACIÓN?

Es un proceso metalúrgico en el cual el alambón es sometido a una deformación en frío con el objeto de reducir su diámetro. En este proceso, debido a la conservación de masa, se produce un aumento de longitud en el alambre (Alargamiento).

#### 3.2 TIPOS DE MÁQUINAS TREFILADORAS

Los tipos de máquinas trefiladoras son: de acumulación y torsión, de acumulación sin torsión, de tiro directo y tipo NDB y NDR.

##### 3.2.1 MÁQUINAS CON ACUMULACIÓN Y TORSIÓN

La figura 3.1 muestra una máquina con acumulación y torsión de alambre, estas máquinas pueden tener de 4 a 9 pasos.

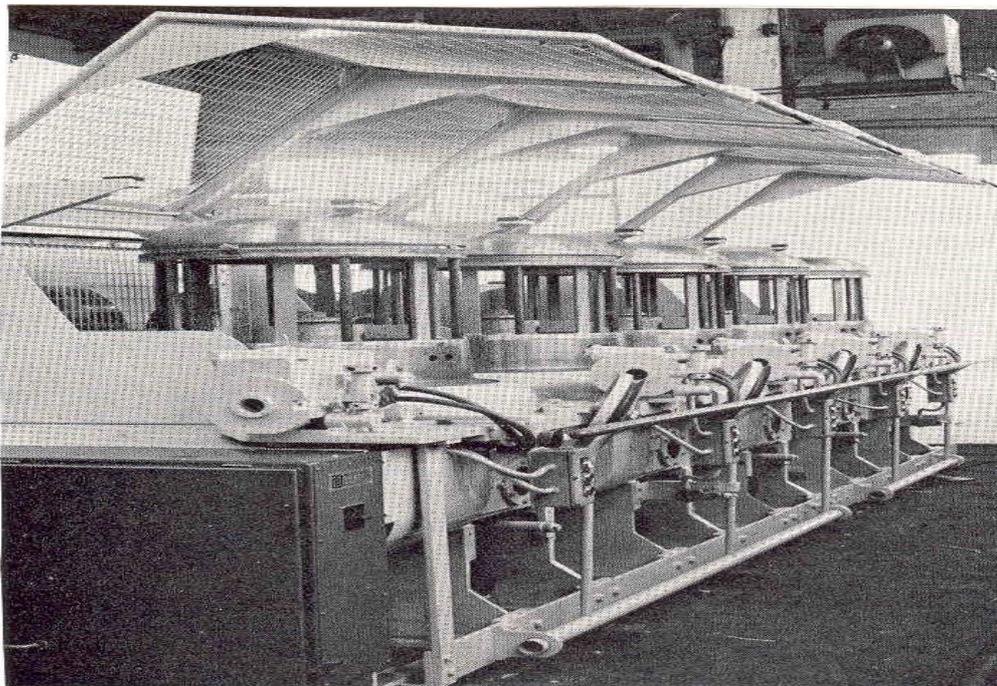


Figura 3.1: Máquina trefiladora con acumulación y torsión.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

El trayecto del alambre en este tipo de máquinas produce torsiones, para ciertos alambres no es problema evitarlas, como por ejemplo en los aceros de alto carbono.

La acumulación del alambre en estas máquinas está relacionada con el incremento de la reducción del mismo. Esta acumulación es controlada automáticamente.

La figura 3.2 muestra un esquema de una máquina con acumulación y torsión, esta torsión no tiene ningún objetivo, pero no se la puede evitar debido al curso que sigue el alambre, el cual es el que causa dicha torsión.

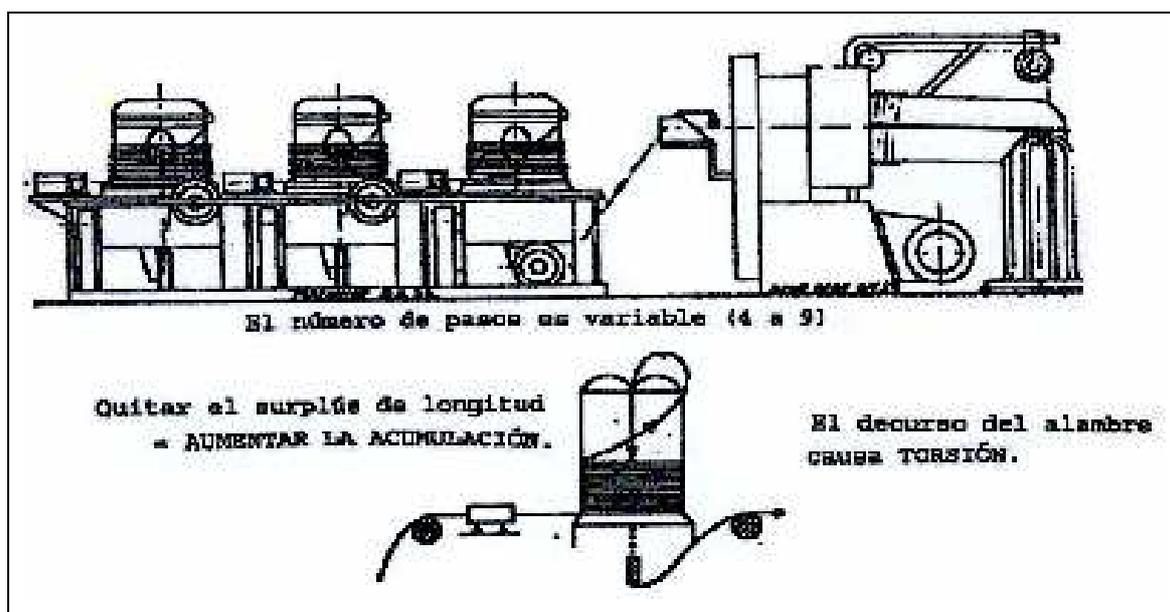


Figura 3.2: Esquema de una máquina trefiladora con acumulación y torsión.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 3.2.2 MÁQUINAS CON ACUMULACIÓN SIN TORSIÓN

Las bobinas que tienen estas máquinas constan de 2 partes: la Inferior que gira con el alambre que sale del dado y la superior que gira y permite entregar sin torsiones el alambre al próximo paso.

Entre las dos partes hay una banda que dependiendo de la acumulación puede girar en los 2 sentidos, en caso de incremento gira en sentido antihorario y en el caso de disminución en sentido horario.

La figura 3.3 muestra una máquina con acumulación sin torsión.



Figura 3.3: Máquina trefiladora con acumulación sin torsión.  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

La ventaja es que en este de máquinas se obtiene un alambre libre de torsiones, pero como desventaja, esta máquina necesita mayor mantenimiento debido al desgaste que sufren las bandas.

### 3.2.3 MÁQUINAS DE TIRO DIRECTO – JÚPITER

Estas máquinas son de las más avanzadas y completas, poseen bobinas al igual que las otras, tienen poleas con control de tensiones que reduce el porcentaje de roturas del alambre y debido a la trayectoria que sigue el alambre no se producen torsiones

En la figura 3.4 se observa una máquina de tiro directo conocidas con el nombre de máquinas Júpiter.



Figura 3.4: Máquina trefiladora de tiro directo (Júpiter).  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 3.2.4 MÁQUINAS TREFILADORAS TIPO NDB Y NDR

Este tipo de máquinas de trefilación trabajan en húmedo (inmersión) con 18 pasos y deslizamiento en 4 conos de poleas, y con un solo paso en seco. El bloque en el cual se encuentran los conos es rotativo para sacarlos o sumergirlos de la emulsión del lubricante.

La figura 3.5 muestra una máquina de tipo NDB y NDR que trabajan en húmedo, es decir con lubricante líquido.

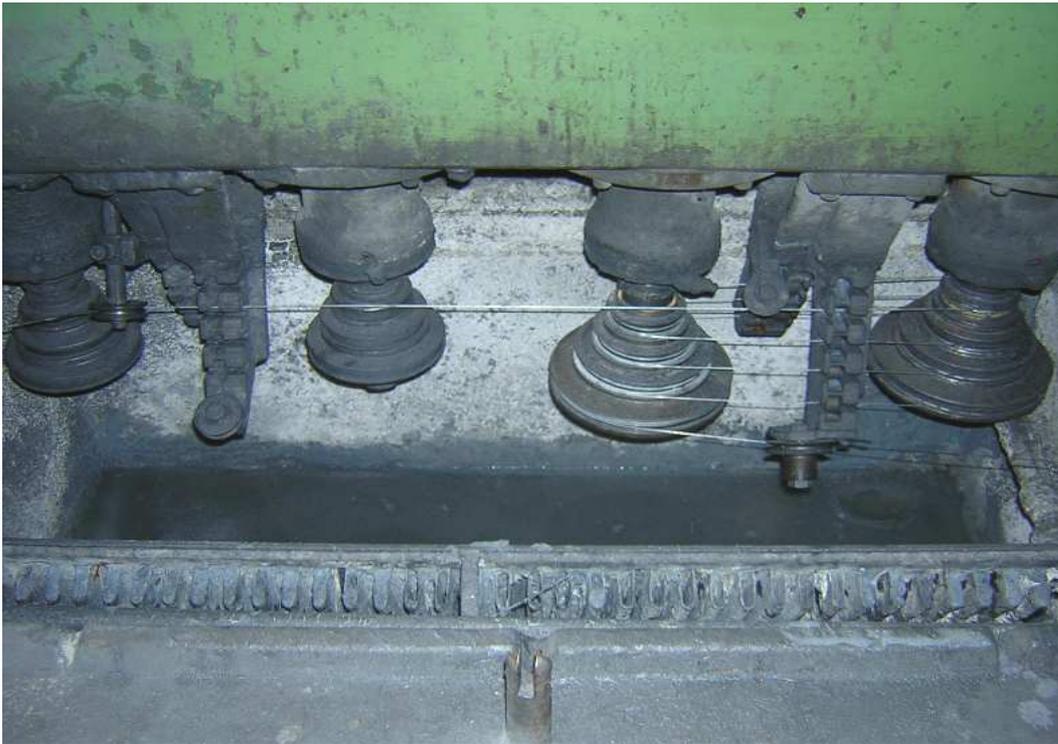


Figura 3.5: Máquina trefiladora de tipo NDB y NDR  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 3.3 PRINCIPIO DE INVARIABILIDAD DE VOLUMEN EN LA OPERACIÓN

En la trefilación del alambre, el volumen del alambre (masa) se mantiene constante, la longitud se incrementa y el diámetro se reduce. El alargamiento que se produce en el alambre es absorbido en cada paso con un aumento de su velocidad.

La figura 3.6 muestra las diferencias en el diámetro y la longitud del alambre antes y después de trefilar.

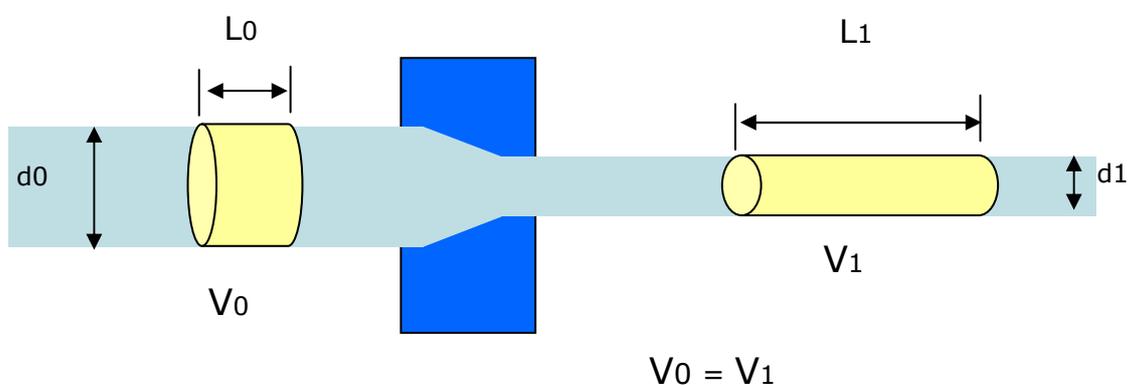


Figura 3.6: Principio de conservación de masa en la trefilación.  
BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 3.3.1 FLUJO DEL MATERIAL

En la figura 3.7 se puede observar la dirección en la que fluye el material, la fuerza que produce el dado sobre el alambre y el calor en el material que está representado con colores, de los cuales el más oscuro es el que tiene mayor temperatura y el más claro menor.

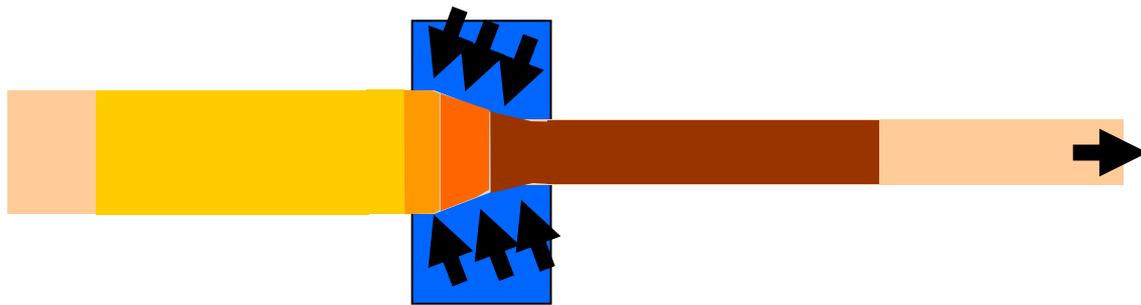


Figura 3.7: Flujo del material, fuerza de deformación y calor durante la trefilación.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 3.3.2 ¿CÓMO SE DEFORMA?

La figura 3.8 muestra todo lo que influye para que el material se deforme, como por ejemplo: la fuerza, la potencia que está representada por un hombre y la zona donde se deforma el material.

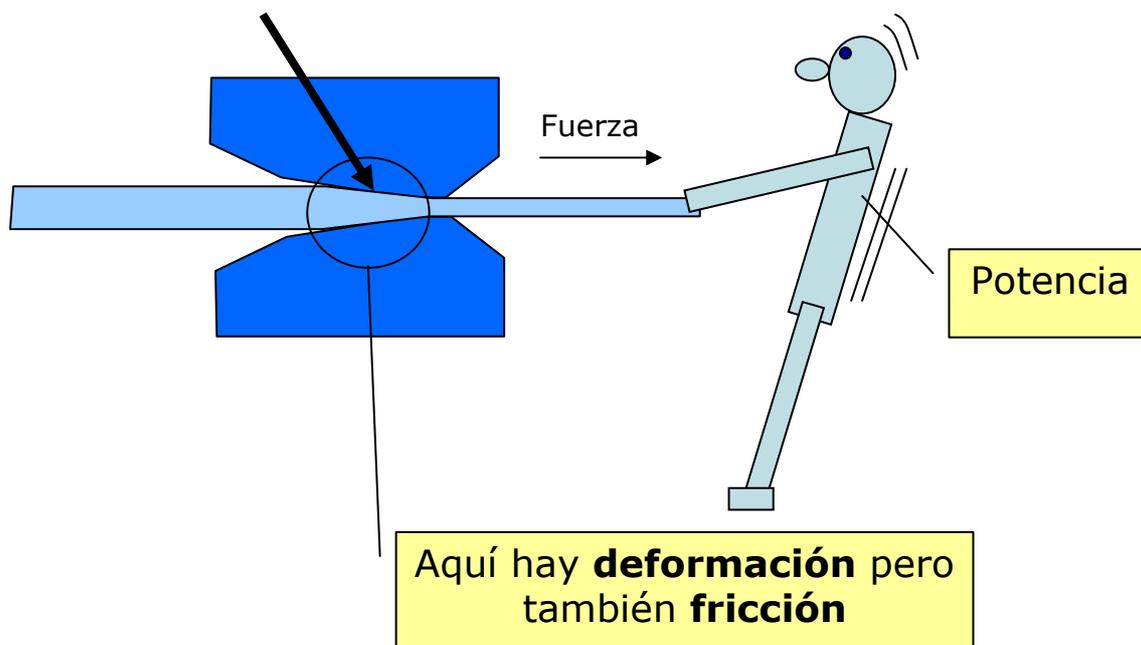


Figura 3.8: Deformación del material en la trefilación.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 3.3.3 FRICCIÓN

El alambre en el momento de la trefilación toca la superficie del dado, en la cual se produce fricción debido al flujo del material y a la presión entre las dos superficies. Esta fricción entre los dos materiales produce calor. Para reducir la fricción que se produce entre las paredes del dado y el alambre, es necesario utilizar un lubricante, cuyo propósito es separar las dos superficies.

En la figura 3.9 se observa la forma en la que actúa el lubricante, separando a las 2 superficies, evitando así la fricción entre los mismos y por ende reduciendo el calor.

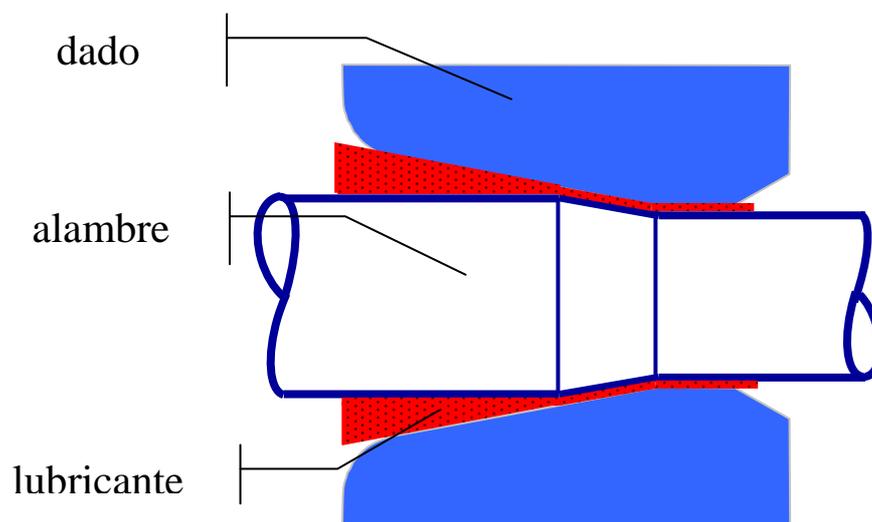


Figura 3.9: Función que cumple el lubricante en la trefilación.  
BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 3.4 EFECTOS DE LA DEFORMACION

La deformación se realiza al forzar el paso del alambre a través de un dado. La reducción y el alargamiento que se producen generan presiones a nivel cristalográfico, por las cuales se incrementa considerablemente la resistencia a la tracción, la dureza, fragilidad, y disminuye la ductilidad y elasticidad.

En la figura 3.10 se muestra gráficamente la deformación que sufre la estructura cristalina según se sigue reduciendo el diámetro del alambre.

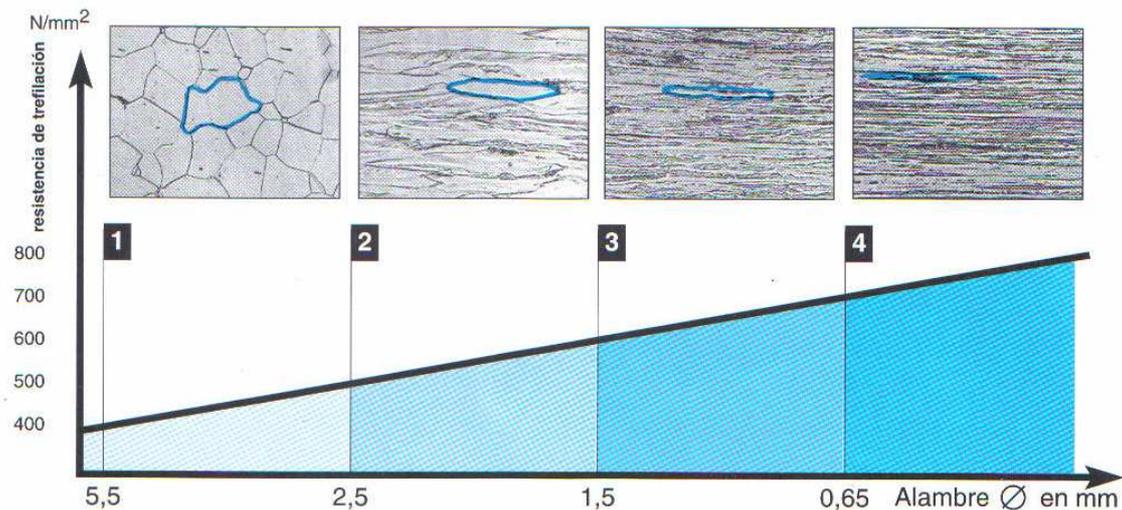


Figura 3.10: Deformación de la estructura cristalina.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 3.4.1 RESTAURACION Y RECRISTALIZACION

La deformación en frío (trefilado) produce un aumento en la dureza y resistencia a la tracción a costa de una disminución de la plasticidad y tenacidad. Esta modificación de las propiedades mecánicas del metal se conoce con el nombre de acritud. La acritud produce un aumento progresivo del trabajo necesario para la deformación, unido a un aumento de la fragilidad.

Luego de trefilar el material, se consigue cierta dureza, algunos alambres deberán quedarse con la resistencia resultante (clavos, alambres para resortes, lana de acero, armex, malla soldada, enderezados, recubiertos)

La figura 3.11 muestra los productos finales en los que se necesita mayor dureza, por lo tanto en el alambre destinado a estos productos no se realiza ningún tratamiento térmico.

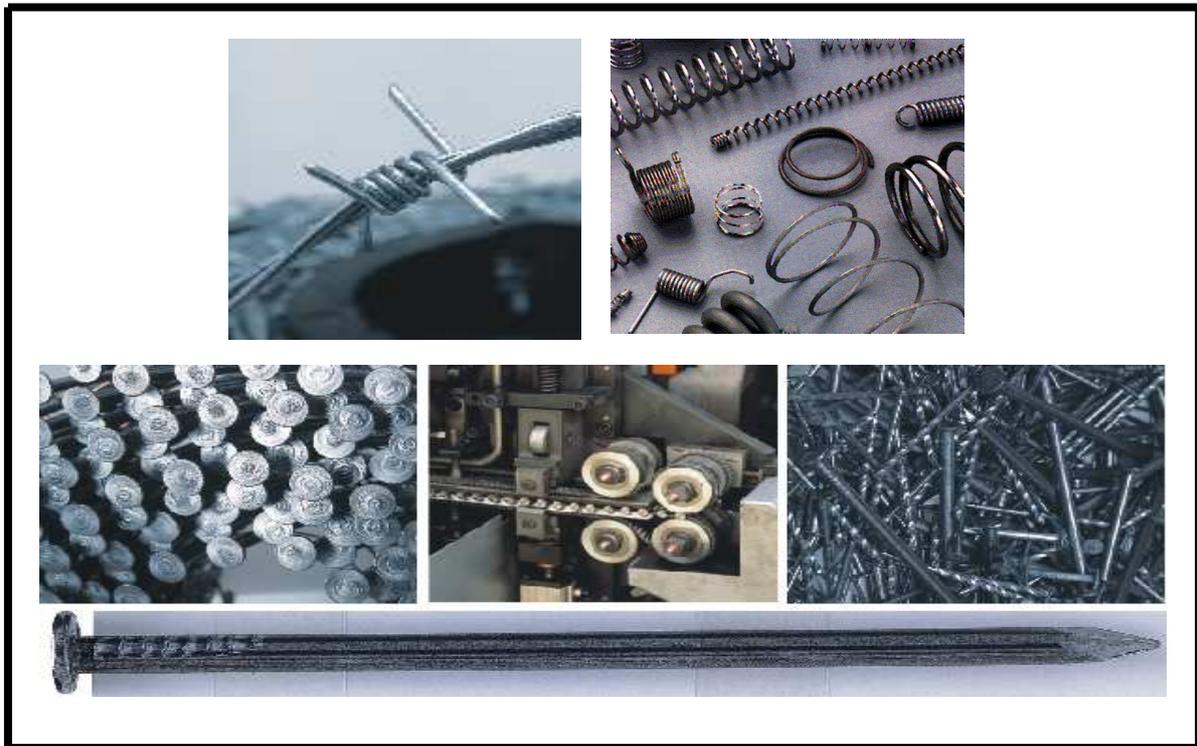


Figura 3.11: Productos que necesitan mayor dureza.  
 BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

Mientras que otros deben ser sometidos a un tratamiento térmico llamado recocido. (retrefilados, extrapulidos, galvanizados, malla cerramiento, cables, etc.)

La figura 3.12 muestra la apariencia de la estructura cristalina vista en forma microscópica, la acritud en la estructura que se obtiene después de la trefilación y la restauración es la estructura que se obtiene después del tratamiento térmico (recocido).

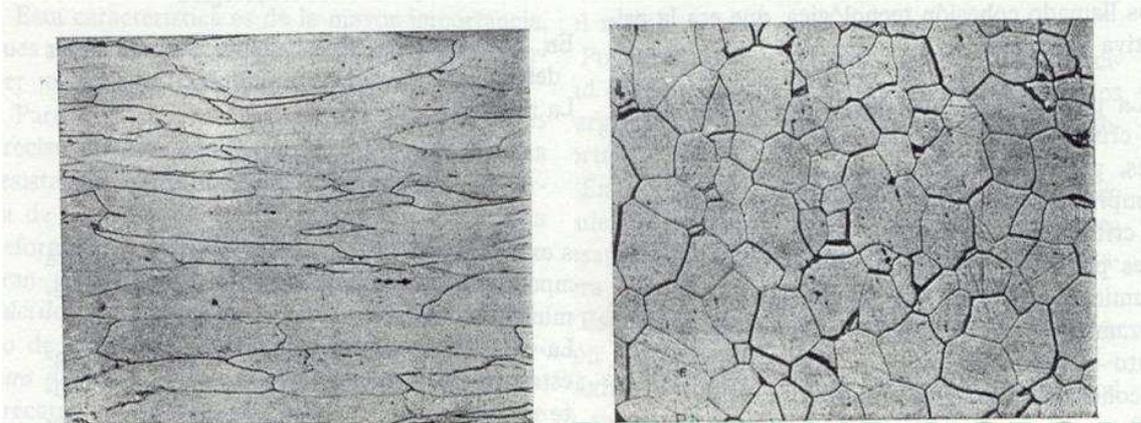
**ACRITUD****RESTAURACIÓN**

Figura 3.12: Acritud y restauración en la estructura cristalina.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

### 3.5 POTENCIA

Para tener suficiente fuerza para halar el alambre a través del dado es necesaria la potencia, la misma que viene de un motor eléctrico.

La cantidad de potencia que se necesita para la trefilación depende de:

- Cantidad de la deformación ( reducción o alargamiento)
- Resistencia del alambre, por ejemplo en aceros de alto carbono (0.80 % C) o de bajo carbono (0.05 % C).
- Velocidad de trabajo que varía de 1m/s a 20 m/s.
- Fricción en el dado (lubricante, recubrimiento, ángulo del dado)

#### Ejemplos

1. Para trefilar alambraón Ø 5.5mm a Ø 4.75mm, con una velocidad de 2 m/s

En aceros de bajo carbono (0.10 % C) se necesita: 8.5kW

En aceros de alto carbono (0.80 % C) se necesita: 22.5kW

2. Para trefilar alambre Ø 2.00mm a Ø 1.80mm, con una velocidad de 20 m/s

En aceros de bajo carbono (0.10%C) se necesita: 16.7kW

En aceros de alto carbono (0.50%C) se necesita: 31.9 kW

### 3.6 TEMPERATURA

Existen 2 temperaturas que se controlan en la trefilación y son: la del alambre y la del dado.

#### 3.6.1 TEMPERATURA DEL ALAMBRE

Es importante controlar las altas temperaturas del alambre ya que estas destruyen la capa de lubricante y varían las propiedades mecánicas del alambre. La temperatura del alambre varía según el porcentaje de reducción, el ángulo del dado, el porcentaje de carbono, la tensión, el lubricante, el recubrimiento y la velocidad.

En la figura 3.13 se observa como es la distribución del calor del alambre en los diferentes enfriamientos.

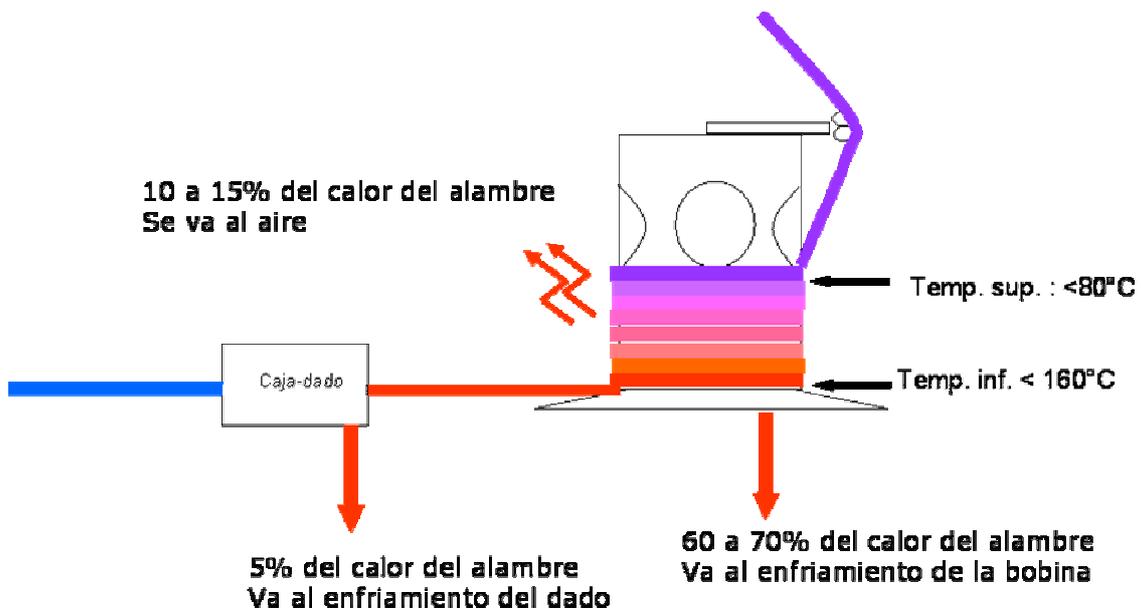


Figura 3.13: Distribución de la temperatura del alambre.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

#### 3.6.2 TEMPERATURA DEL DADO EN LA TREFILACION

A medida que entra el alambre en el dado, este se va calentando por motivo de la fricción que se produce. La temperatura de los dados depende de los mismos aspectos que la temperatura del alambre. La figura 3.14 muestra las temperaturas que existen en las distintas secciones del dado de trefilación.

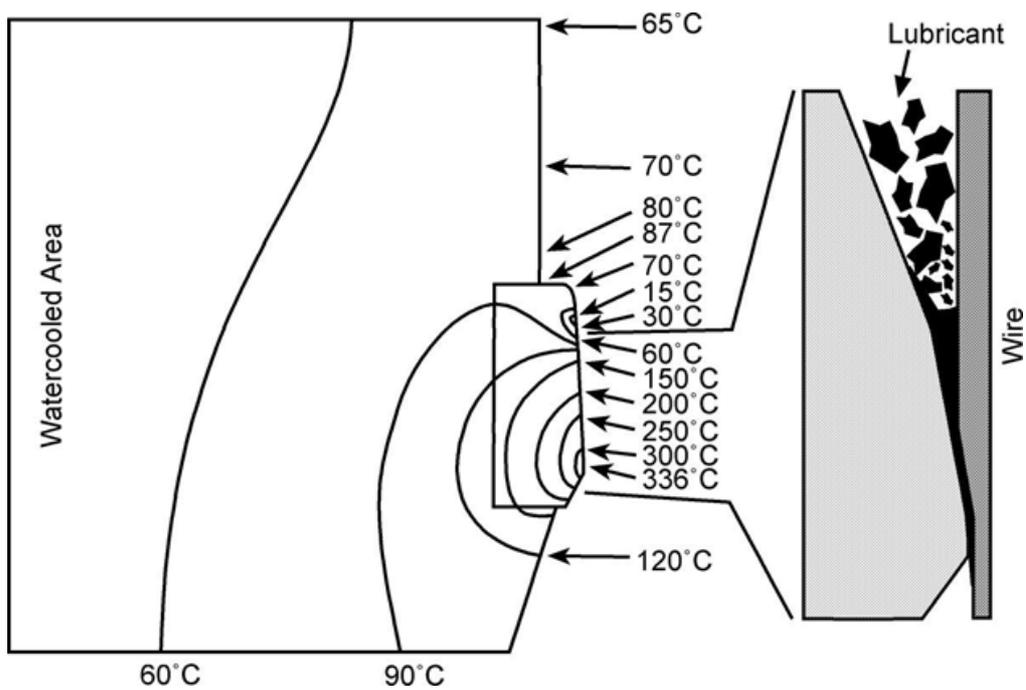


Figura 3.14: Temperaturas en el dado de trafilación.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trafilación*, Bekaert, Bélgica.

La figura 3.15 muestra 2 jaboneras en las que la temperatura estuvo demasiado alta, provocando que el lubricante (jabón en polvo) se transforme en una sustancia pastosa, perdiendo su capacidad de refrigerante y lubricante.

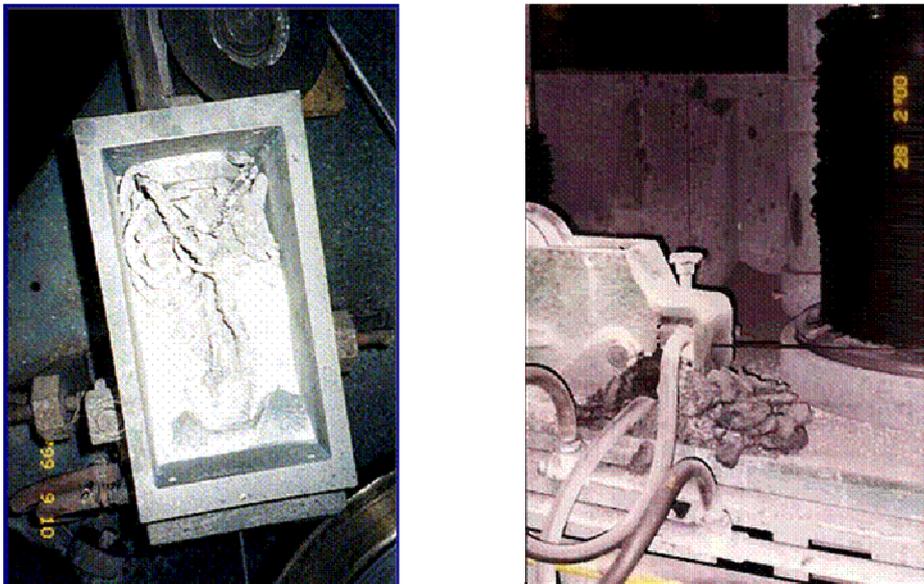


Figura 3.15: Consecuencia de temperaturas altas en la trafilación.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trafilación*, Bekaert, Bélgica.

### 3.7 CÁLCULOS

En la trefilación la masa del alambre se mantiene, ya que la masa que se reduce en la sección se compensa en el alargamiento del mismo.

La figura 3.16 muestra la reducción de las secciones y el aumento de la longitud del alambre, las cuales están designados con las siguientes siglas:

D0 = diámetro de entrada

S1 = superficie después

D1 = diámetro de salida

L0 = longitud antes

S0 = superficie antes

L1 = longitud después

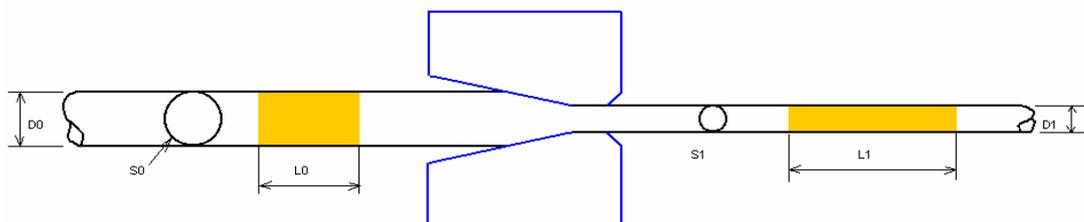


Figura 3.16: Conservación de la masa en la trefilación.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

$$S_0 \times L_0 = S_1 \times L_1 \quad \text{de donde} \quad S_0 / S_1 = L_1 / L_0$$

El aumento de la longitud está en razón inversa con la reducción de sección. Durante la trefilación nunca utilizar la superficie, sino el diámetro del alambre.

$$\text{de donde} \quad L_1 = \frac{D_0^2 \times L_0}{D_1^2}$$

#### 3.7.1 PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO (V%)

Cálculo: partiendo de la longitud conocida

$$V\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

$$V\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

desde los diámetros conocidos y porque

$$\frac{D0^2}{D1^2} = \frac{L1}{L0}$$

se puede deducir:

$$V\% = \frac{(D0^2 - 1)}{D1^2} \times 100$$

### 3.7.2 PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (R%)

R% = el porcentaje de reducción de sección

$$R\% = \left( \frac{1 - S1}{S0} \right) \times 100$$

entonces también

$$R\% = \left( \frac{1 - D1^2}{D0^2} \right) \times 100$$

ejemplo : una reducción de 1mm hasta 0.86mm

$$R\% = \left( \frac{1 - 0.86^2}{1^2} \right) \times 100 = 26 \%$$

### 3.7.3 RELACIÓN ENTRE EL PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (R%) Y EL PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO (V%)

Donde se deduce de las fórmulas finales de R% y V% la relación siguiente:

$$R\% = \left( \frac{V\%}{100 + V\%} \right) \times 100$$

$$V\% = \left( \frac{R\%}{100 - R\%} \right) \times 100$$

### 3.7.4 CÁLCULO DE LA SERIE DE DATOS UTILIZANDO LAS VELOCIDADES REALES DE LA MÁQUINA

La figura 3.17 muestra las velocidades que se va a tomar como referencia para las formulas. Estas velocidades no son generales para todas las máquinas.

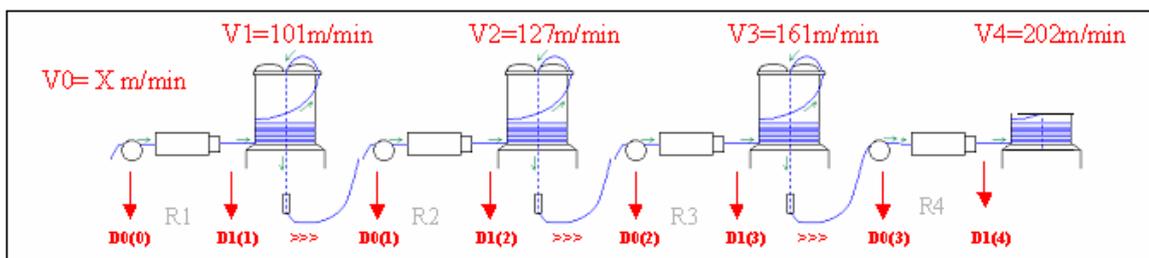


Figura 3.17: Velocidades de las bobinas.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

#### 3.7.4.1 ALARGAMIENTO

Para calcular el porcentaje de alargamiento se utiliza la fórmula, reemplazando la relación entre las longitudes por la relación entre los diámetros elevados al cuadrado, y se calcula desde los de mayor diámetro ya que no se sabe la medida del diámetro final.

$$V\% = \left( \frac{L_1}{L_0} - 1 \right) \times 100$$

$$V_4\% = \left( \frac{D_4^2}{D_3^2} - 1 \right) \times 100 = \left( \frac{202}{161} - 1 \right) \times 100 = 25.5 \%$$

$$V_3\% = \left( \frac{D_3^2}{D_2^2} - 1 \right) \times 100 = \left( \frac{161}{127} - 1 \right) \times 100 = 26.8 \%$$

$$V_2\% = \left( \frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right) \times 100 = \left( \frac{127}{101} - 1 \right) \times 100 = 25.8 \%$$

**$V_1\%$  = no conocido , se puede calcularlo despues**

#### 3.7.4.2 REDUCCIONES

El porcentaje de reducción se lo calcula partiendo de los resultados del porcentaje de alargamiento, al igual que en alargamiento  $R_1\%$  no se lo puede calcular ya que no se conoce  $V_1\%$ .

$$R\% = \left( \frac{V\%}{100 + V\%} \right) \times 100$$

$$R4\% = \left( \frac{V4\%}{100 + V4\%} \right) \times 100 = R4\% = \left( \frac{25.5\%}{100 + 25.5\%} \right) \times 100 = 20.32\%$$

$$R3\% = \left( \frac{V3\%}{100 + V3\%} \right) \times 100 = R3\% = \left( \frac{26.8\%}{100 + 26.8\%} \right) \times 100 = 21.14\%$$

$$R2\% = \left( \frac{V2\%}{100 + V2\%} \right) \times 100 = R2\% = \left( \frac{25.8\%}{100 + 25.8\%} \right) \times 100 = 20.51\%$$

R1% no es conocido, se puede calcular después pero debe ser menor de 27% porque el alambre está frío y no tiene la suficiente lubricación.

### 3.7.4.3 SERIE DE DADOS

A partir de un R% o V%, siempre se puede calcular D0 o D1, trabajando con las siguientes fórmulas.

D0 =  $\Phi$  antes de el dado

D1 =  $\Phi$  después de el dado

desde la R% conocida

$$D1 = D0 \times \sqrt{\frac{100 - R}{100}}$$

$$D0 = \frac{D1}{\sqrt{\frac{100 - R}{100}}}$$

desde la V% conocida

$$D0 = D1 \sqrt{\frac{V + 1}{100}}$$

$$D1 = \frac{D0}{\sqrt{\frac{V + 1}{100}}}$$

El la figura 3.18 se observa que el D1 se convierte en D0 antes del paso siguiente.

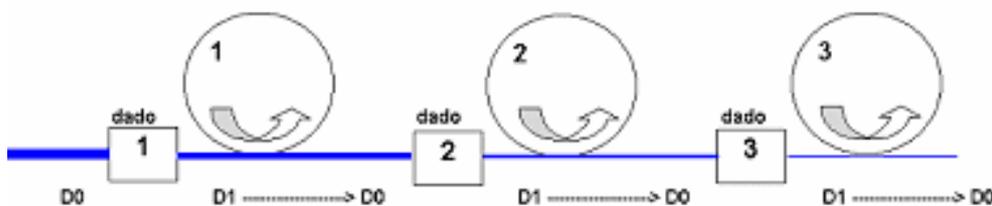


Figura 3.18: Conversión de diámetros.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

### 3.7.4.4 EJEMPLO DEL CÁLCULO DE UNA SERIE DE DADOS

#### Datos:

Máquina:	máquina BA - 9 pasos - 25%(por paso )
Diámetro final:	1.75 mm.
Diámetro alambIÓN:	6.50 mm.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$D_0 = \frac{D_1}{\sqrt{1 - \frac{R}{100}}}$$

Se comienza a calcular con el siguiente criterio:

$$\begin{aligned} &= 1.75 / \sqrt{0.75} = 1.75 / 0.866025 = 2.02 \text{ mm} \\ &= 2.02 / \sqrt{0.75} = 2.02 / 0.866025 = 2.34 \text{ mm} \\ &= 2.34 / \sqrt{0.75} = 2.34 / 0.866025 = 2.71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos para esta serie son los siguientes:

2.02 mm
2.34 mm
2.71 mm
3.14 mm
3.63 mm
4.20 mm
4.86 mm
5.62 mm

Se debe calcular hacia arriba, partiendo del diámetro final.

Es recomendable elaborar tablas con las reducciones para las diferentes máquina y en diferentes diámetros, ya que con estas no sería necesario volver a realizar los cálculos en caso que el producto se vuelva a realizar.

La tabla 3.1 presenta un ejemplo con todos los datos que son necesarios para el momento de la trefilación, en el cual se lo toma como referencia una reducción hasta Ø2.00mm desde alambre 6.5mm, de acero de bajo carbono (0.10% C) y a una velocidad de 15m/s

	Reducción por paso %	Diam alambre mm	Velocidad m/min	Resistencia tracción N/mm <sup>2</sup>	Potencia neta KW	Angulo 2 alfa grados	Incr. Temp. por deform. ° C <110°C
alambrón		6.5	85	441			
d1	28.40	5.5	119	589	12.6	20.00	64.5
d2	28.52	4.65	166	697	15.8	12.00	66.9
d3	25.28	4.02	223	748	15.7	12.00	64.2
d4	23.78	3.51	292	790	15.8	12.00	64.4
d5	22.50	3.09	377	824	15.8	12.00	64.2
d6	21.37	2.74	480	854	15.7	9.00	59.3
d7	20.05	2.45	600	893	15.5	9.00	58.7
d8	19.37	2.2	744	922	15.6	9.00	58.8
d9	17.36	2	900	952	14.7	9.00	55.5

137.3

Tabla 3.1: Medidas del punto de encuentro según el diámetro final del alambre  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

## CAPÍTULO 4

### LUBRICACIÓN Y ENFRIAMIENTO

#### 4.1 LUBRICANTES PARA TREFILACIÓN

Durante la trefilación, el alambre pasa a través de una caja de trefilación que contiene lubricante en polvo el cual se deposita sobre la superficie del alambre antes de llegar al dado. La figura 4.1 muestra las cajas de trefilación que son conocidas como jaboneras.



Figura 4.1: Jaboneras de las máquinas trefiladoras.  
BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

En el dado se produce la deformación del alambre, produciéndose también fuerzas de fricción, es aquí donde actúa el lubricante que debido al calor se funde transformándose en una película plástica y que actúa bajo el principio de Lubricación Hidrodinámica.

La lubricación es una necesidad ya que evita el contacto directo entre el acero y el dado reduciendo la fricción, disminuyendo desgaste en los dados y manteniendo las propiedades del alambre.

En la figura 4.2 se observa como actúa el lubricante el momento de pasar por el dado para evitar la fricción y el desgaste.

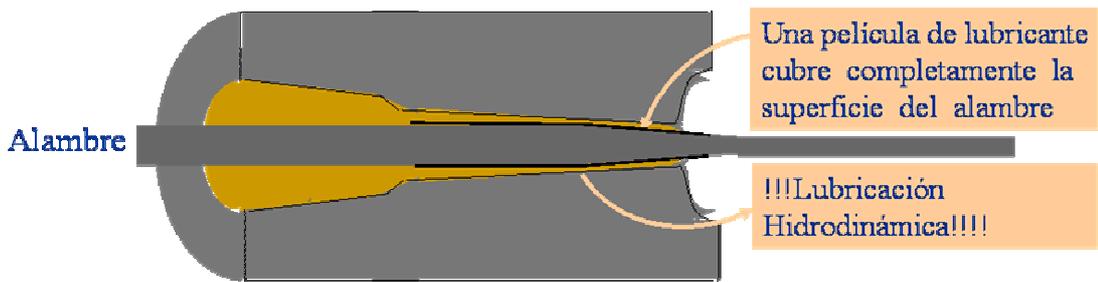


Figura 4.2: Forma en la que actúa el lubricante.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

## 4.2 TIPOS DE LUBRICACIÓN

La lubricación puede ser hidrodinámica y en la interfase.

### 4.2.1 LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA

Cuando entra el lubricante en la hilera, la presión y temperatura transforman al lubricante en una película plástica que facilita el deslizamiento del alambre y reduce la fricción. Este tipo de lubricación se alcanza cuando la película plástica de lubricante separa por completo las dos superficies y es altamente deseado en las máquinas multiplazos, donde para lograr el efecto, se utilizan aplicadores de lubricante y/o dados de presión.

Es importante la correcta adhesión del lubricante sobre el alambre para que este fluya simultáneamente con el mismo y mantenga lubricada toda la nueva superficie creada en el trefilado. La figura 4.3 muestra la capa de lubricante que se forma entre el alambre y el dado, dando como resultado una lubricación hidrodinámica.

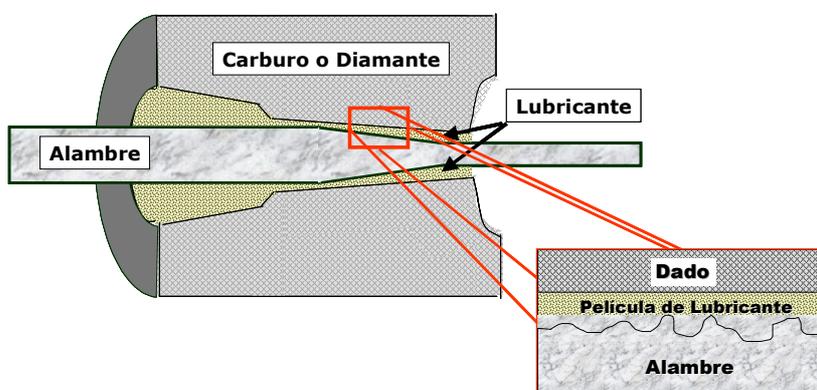


Figura 4.3: Lubricación Hidrodinámica.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

#### 4.2.2 LUBRICACIÓN EN LA INTERFASE (DE BORDE)

En ciertas condiciones el lubricante reacciona con la superficie del alambre ocasionando que en la interfase el material sea menos duro que la hilera o el alambre, así la superficie reaccionada se deforma más fácilmente y protege ambas superficies.

En la figura 4.4 se observa la lubricación de borde, en la cual si hay un contacto parcial entre las 2 superficies.

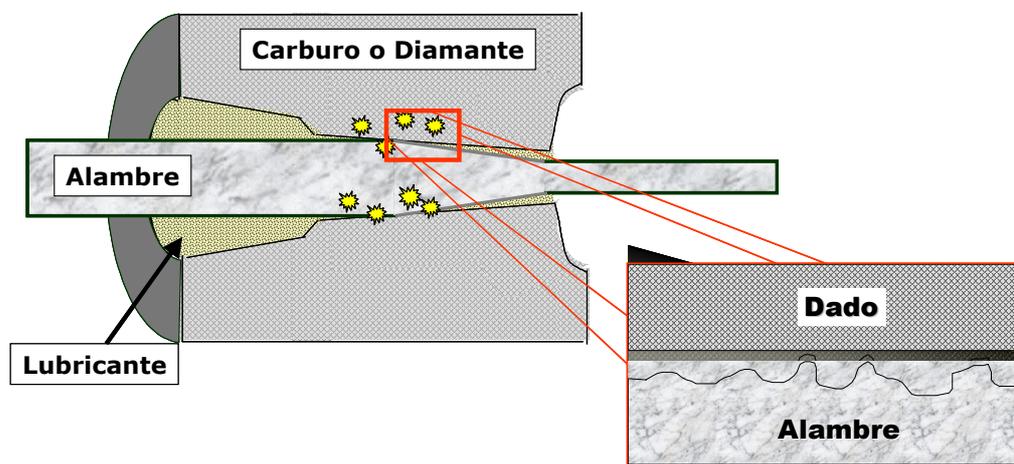


Figura 4.4: Lubricación en la Interfase.

BEUNENS Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, Bekaert, Bélgica.

#### 4.3 ¿QUÉ ES UN LUBRICANTE?

Los lubricantes son sustancias aplicadas a las superficies de deslizamiento o contacto para reducir el rozamiento entre las partes móviles, y estos están compuestos de ácidos grasos, calcio o sodio y aditivos inorgánicos.

En la figura 4.5 se observa los componentes que tienen los lubricantes utilizados para la trefilación de alambre.



Figura 4.5: Componentes de los lubricantes.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

#### 4.4 ¿QUÉ INFLUYE EN UN LUBRICANTE?

Lo que influye en la calidad del lubricante o en la aplicación que se le de es la composición química, tamaño del grano, materia grasa, aditivos y el punto de ablandamiento.

#### 4.5 TIPOS DE LUBRICANTES

Se usan 2 tipos de lubricantes en seco, que son los sódicos y los cálcicos.

##### 4.5.1 LUBRICANTES SÓDICOS

Estos son: Coloreados, de grano redondo y con poco polvo. En la figura 4.6 se observa la apariencia que tienen los lubricantes sódicos.



Figura 4.6: Lubricantes Sódicos.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

**Steelskin 19T2**

- Para aceros de alto y bajo carbono
- En máquinas de buen enfriamiento y altas velocidades
- Últimos pasos dec laminado
- Contiene Bórax
- No utilizar en alambres que se van a galvanizar

**Trepalbe S100G**

- Sodio puro
- Ácidos grasos de origen animal
- Usado en aceros de alto y bajo carbono

**4.5.2 LUBRICANTES CÁLCICOS**

Estos no se colorean, tienen granos irregulares y con mucho polvo. En la figura 4.7 se observa la apariencia que tienen los lubricantes cálcicos.



Figura 4.7: Lubricantes Cálcicos.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

**Tecnolubre FM/1**

- Utilizado para trefilado de aceros de bajo carbono

**Vicafil TF44**

Bajo contenido de grasa

- Primera jabonera dec laminado para galvanizar.
- No tiene Bórax.
- Puede producir aglomeraciones

### Steagel D Special-1

- Tiene un poco de sodio.
- Para trefilado de aceros de alto carbono.
- Usado en los primeros pasos

### 4.5.3 LUBRICANTES PARA TREFILADO EN HÚMEDO

#### CRODACOOL MM16

Aceite sintético con aditivos de extrema presión, el cual es mezclado con aceite más fluido.

#### COOPERSKIN 393

Lubricante sintético soluble en agua con aditivos

### 4.6 PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES

En la tabla 4.1 se muestran las propiedades que tienen los lubricantes sódicos y cálcicos

<b>PROPIEDADES</b>	<b>Lubricantes Na</b>	<b>Lubricantes Ca</b>
Espesor de la capa de lub.	Baja	Alta
Presión que soporta =separación(dado y alam)	Baja	Alta
Contenido de aditivos	Bajo <15%	Alto >50%
Para? Velocidad	Alta >1000 m/min	Baja <1000 m/min
Estabilidad calórica	Alta Hasta 250°C	Baja Hasta 200°C
Lubricación	Alta	Algo baja >desgaste dado
Acidos grasos	>60%	<60%
Punto de fusión	Alto >50°C	Bajo <50°C
Higroscópico	Sí	No

Tabla 4.1: Propiedades de los lubricantes.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

## **4.7 TRANSPORTADORES DE LUBRICANTE**

Existen dos transportadores de lubricantes que se los aplican después del proceso de limpieza por decapado.

### **4.7.1 BÓRAX**

Las ventajas que se tienen con este transportador son: adhesión fuerte, puede usarse con lubricantes al Ca o al Na, buena ayuda a la trefilación y se disuelve en agua caliente.

Las desventajas del bórax son: incrementa el arrastre de plomo, absorbe agua del alambre, no apto para trefilar en húmedo.

### **4.7.2 FOSFATO**

Las ventajas del fosfato son: permite velocidades elevadas durante la trefilación; no se descompone: puede utilizarse para la deformación después de la trefilación. Ej: producción resortes, laminar, etc.; forma una capa áspera sobre la superficie del metal, permitiendo un buen arrastre del jabón. Como desventajas se tiene que no se puede utilizar para alambres que tendrán un recubrimiento posterior (tipo galvanizado).

## **4.8 LUBRICANTE RESIDUAL**

Los residuos del lubricante después de la trefilación en seco son muchas veces la causa de problemas en los procesos siguientes, por esto se debe escoger el lubricante adecuado.

La figura 4.8 muestra una de las fallas que se tiene cuando existe mucho lubricante residual, que son las manchas.

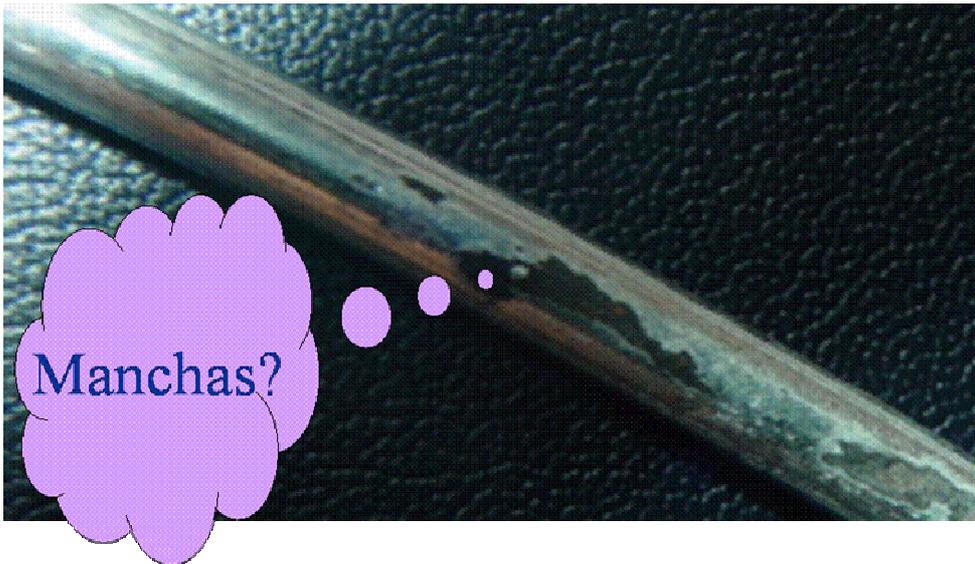


Figura 4.8: Falla por lubricante residual.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

#### 4.9 ENFRIAMIENTO

El enfriamiento se realiza a través de agua, tanto en las bobina de trefilación como en los dados.

Algunas máquinas usan también aire para enfriamiento de bobinas. La figura 4.9 muestra un sistema de enfriado por aire, el cual se encuentra en la parte posterior de la máquina.



Figura 4.9: Enfriamiento por aire.

BEUNENS Paul; (1993), *La Trefilación*, Bekaert, Bélgica.

La temperatura del agua de refrigeración debe ser de aprox. 25°C. Una temperatura demasiado alta reduce la capacidad lubricante del jabón y genera un alambre frágil y quebradizo.

La falta de enfriamiento genera temperaturas altas en elementos de la máquina tales como rodamientos, eje principal, elementos del reductor, provocando su deterioro. Y estas temperaturas altas bajan la viscosidad del aceite generando falla de elementos de transmisión (engranajes, rodamientos, retenedores).

## CAPÍTULO 5

### MANUAL DE DECAPADO

#### 5.1 PROCEDIMIENTO DECAPADO

En este procedimiento se realiza una limpieza química del alambión y está detallado en el ANEXO 2 (Flujograma de decapado) en este flujograma se indica paso a paso el tratamiento que se le da al alambión.

- El programador elabora y emite el programa de producción de trefilado (ANEXO 3) que es el que ocupa el decapador ya que se debe abastecer a las máquinas trefiladoras.
- Después de emitir los programas de producción los envía a los jefes de sección de turno.
- Al inicio de cada turno, el jefe explica al decapador como se va a llevar a cabo el programa de producción teniendo presente que es lo que se necesita con prioridad y a su vez controlando que las máquinas no se queden sin alambre para trabajar.
- El decapador recibe el programa de producción y en él se basa para realizar su trabajo.
- Verificar que las tinas estén con los parámetros adecuados para trabajar en el turno; de lo contrario, tomar las medidas correspondientes. Si se efectúa alguna recarga se debe registrar en la hoja de “Control de decapado y análisis químico” (ANEXO 4).
- Posteriormente el decapador busca los bultos de alambión que van a ser necesarios para cumplir con el programa, basándose en el cartón de bodega del alambión, en el cual se especifica el diámetro y el contenido de carbono que tiene el alambión, como indica la figura 5.1.

**BODEGA DE ALAMBRÓN**

**PEDIDO:** \_\_\_\_\_

**ORIGEN:** \_\_\_\_\_

**DIÁMETRO:** \_\_\_\_\_

**SAE:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Figura 5.1: Cartón de bodega del alambión.

También se basa en la etiqueta del fabricante que tienen los bultos de alambión donde están especificadas todas sus características, como indica la figura 5.2.

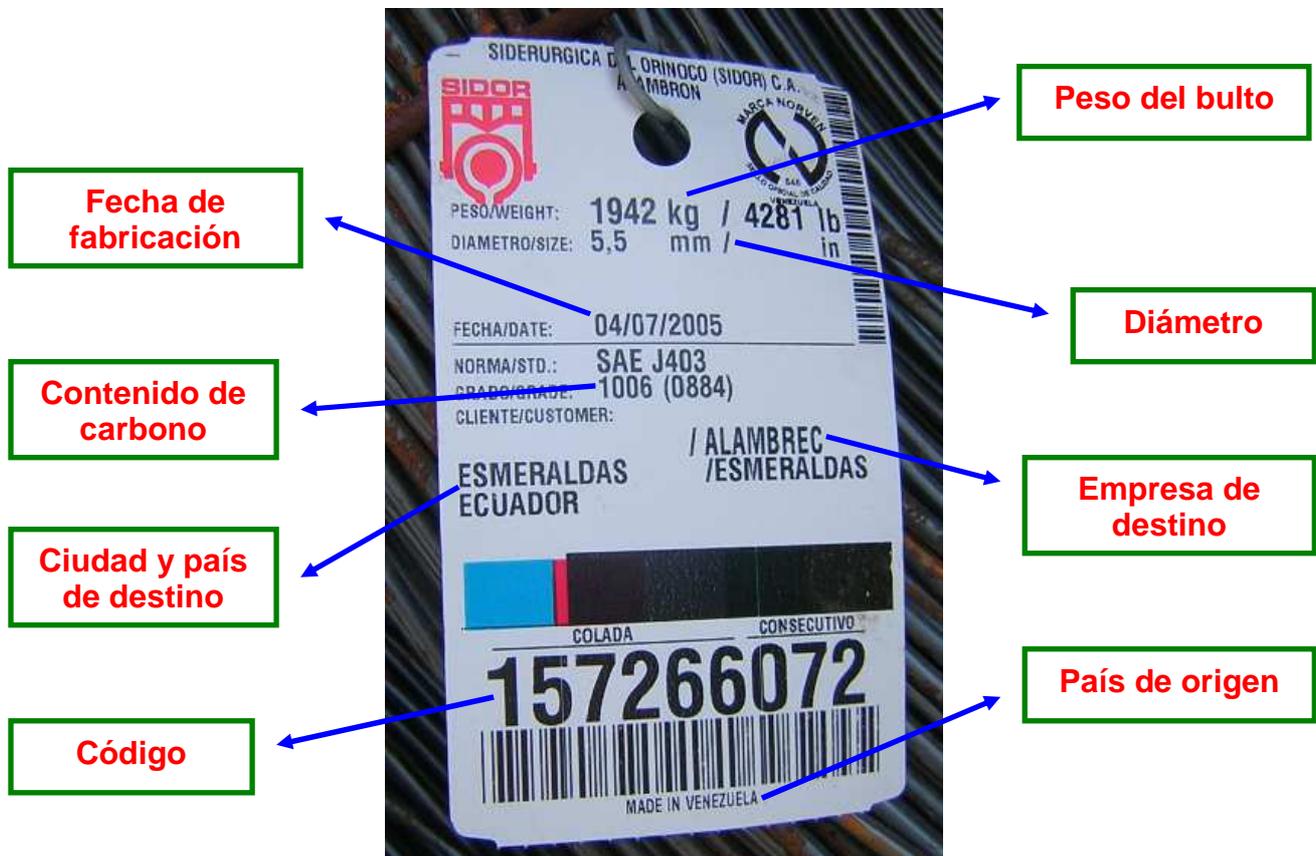


Figura 5.2: Etiqueta del fabricante de alambión.

Registrar los bultos que se tomen del patio de alambón en el “Reporte de ingreso de alambón a la planta” (ANEXO 5).

Si el bulto no tiene etiqueta se lleva una muestra para analizarla en laboratorio y saber que tipo de alambón es (%C).

- Extraer la etiqueta del alambón y la colocarla en la canastilla.
- El operador decapa según las indicaciones técnicas que dependen de la composición del alambón y del grado de corrosión del alambón, dando prioridad a los alambones que se necesitan antes para que las máquinas no queden desprovistas de alambón. Si en un caso hay pedido de alambón de planta terminados, se suspende momentáneamente el programa para poder proveerla de alambón.
- Cuando los bultos han sido decapados, se realiza un control de calidad del trabajo por medio de la inspección visual, tomando como referencia la tabla 5.1, en la cual se indican los colores referenciales de los bultos mal decapados

<u>CARACTERISTICA</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
Color <b>Verdoso</b>	<b>Alambón mal enjuagado</b>
Color <b>Amarillento</b>	<b>Tina de Bórax en malas condiciones</b>
Color <b>Café - Rojizo</b>	<b>Alto contenido de hierro en la tina de ácido</b>
Superficie <b>Melosa</b>	<b>Bórax con mucho lodo</b>
Superficie <b>Porosa</b>	<b>Sobre decapado o Alambón demasiado viejo</b>

Tabla 5.1 Colores de referencia de los bultos mal decapados

Para mayor referencia observar el ANEXO 6, en el cual se muestran fotografías de alambrones bien y mal decapados.

- Después se ingresa la producción acercando la etiqueta al infrarrojo de la computadora para que esta la lea inmediatamente.

NOTA: Se trabaja con disposición de bulto decapado bulto leído.

- Colocar nuevamente la etiqueta que sacó del bulto antes de decapar.

NOTA: Las etiquetas que vienen de fabricantes que no sean del país de Venezuela son cambiadas por otras que son emitidas por el sistema BAAN. El sistema BAAN es un sistema propio de la empresa Ideal Alambrec, creado por ellos para programar la producción, para crear ordenes de fabricación y para imprimir etiquetas de identificación.



Figura 5.3: Etiquetas de alambón emitidas por el sistema BAAN.

- El decapador registra en un cuaderno de control los bultos que se han decapado, para que el decapador de el turno que entra sepa que esta hecho y que falta de hacer.

- Trasladar el alambroón que ya se ha decapado a su respectiva máquina o sitio de trabajo como lo indica el programa.
- En este sitio de trabajo la limpieza la realiza el mismo decapador y la forma en la que se la realiza está especificada en el ANEXO 7 (Cuadro de limpieza en decapado)

Los desperdicios de las amarras y alambres en general son compactados y vendidos como chatarra, como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4: Venta y transporte de chatarra.

## 5.2 ASPECTOS QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA ANTES DURANTE Y DESPUES DEL DECAPADO

### 5.2.1 INSTRUCCIÓN DE AJUSTE DE PARÁMETROS Y PREPARACIÓN DE TINAS

- Verificar en el Registro de fechas de lavado de tinas (ANEXO 8) y lavar la tina de acuerdo a las instrucciones de trabajo.
  - Se deja que se enfríe la tina y que se asienten los lodos.
  - Se bombea el líquido hacia la planta de tratamientos.
  - Se extraen los lodos.
    - a) Dos personas se introducen en la tina.
    - b) Recogen con palas los lodos y los colocan en un tanque de 55 galones.
    - c) Cuando el tanque se ha llenado hasta la mitad lo sacan de la tina con ayuda del puente grúa.
    - d) El tanque es transportado hasta el tacho de lodos en la planta de tratamientos y se vacía.
    - e) Se repite este procedimiento hasta sacar todos los lodos de la tina.
    - f) Al final se lava la tina con ayuda de una manguera para que quede limpia y lista para preparar una tina nueva.
  - Preparación de tina nueva
- Preparar la tina siguiendo las instrucciones de trabajo.
- Verificar concentración de soluciones como se describe en las instrucciones de trabajo.
- Decapar de acuerdo a la instrucción de trabajo.

- Verificar concentraciones de acuerdo al ANEXO 9.

### **5.2.1.1 PREPARACIÓN DE LA TINA DE ÁCIDO CLORHÍDRICO Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN**

Los datos de las cargas que se realizan y las concentraciones obtenidas, se los registrará en el ANEXO 10 (Hoja de control de las tinas de HCl), con su respectiva fecha y turno.

#### **Preparación de la tina de Ácido Clorhídrico**

- Lavar la tina de manera que no queden restos de óxidos, o cuerpos extraños y registrar en el ANEXO 8, cada vez que se lave la tina.
- Llenar la tina de agua, hasta alcanzar un nivel de 80 cm, midiendo desde el fondo.
- Vaciar 24 garrafas de Ácido Clorhídrico (HCl) de 250 Kg, cada una 90 cm HCl y registrar en el “Reporte mensual de consumo de ácido clorhídrico” (ANEXO 11)
- Colocar 2 lt inhibidor, el cual reduce parcialmente la acción del ácido sobre el alambrón.
- Sacar una muestra de 10 ml con una pipeta y colocar en un vaso matraz.
- Agregar unas gotas de fenolftaleina, titular con hidróxido de sodio Na (OH) 2.74 N (N quiere decir normal y significa que la sustancia no es pura, esta mezclada con inhibidor) y agitar constantemente hasta que la solución cambie de color.
- Multiplicar el valor obtenido por 10, para obtener el resultado en gramos por litro y verificar que se encuentre en la clase A de la tabla # 1 del ANEXO 9.

### Determinación de la concentración de **Ácido Clorhídrico**.

- Sacar una muestra de 10 ml con una pipeta y colocar en un vaso matraz.
- Agregar unas gotas de anaranjado de metilo.
- Titular con hidróxido de sodio Na (OH) 2.74 N y agitar constantemente hasta que el líquido precipitado permanezca visible.



Figura 5.5: Determinación de la concentración de ácido clorhídrico.

- Multiplicar el valor obtenido por 10 y verificar que se encuentre en la clase A o B de la tabla # 1 del ANEXO 9.
- En caso de que la concentración de ácido clorhídrico se encuentre en la clase C (menor a 30 g/l), se deberá vaciar la tina y proceder de acuerdo a la Instrucción de trabajo "Preparación de la tina de ácido clorhídrico y análisis de la solución" (pagina 60).

### Determinación de la Concentración de Hierro en la solución de **Ácido Clorhídrico**.

- En la misma solución usada en la Actividad 2, agregar un poco de ácido sulfúrico hasta aclarar la solución.
- Titular con permanganato de potasio 0,8954 N y agitar constantemente hasta obtener un cambio permanente en la coloración.



Figura 5.6: Determinación de la concentración de hierro.

- Multiplicar el valor obtenido por 5 y verificar que se encuentre en la clase A o B de la tabla # 2 del ANEXO 9.
- En caso de que la concentración de hierro se encuentre en la clase C (mayor a 130 g/l), se deberá vaciar la tina y proceder de acuerdo a la Instrucción de trabajo “Preparación de la tina de ácido clorhídrico y análisis de la solución” (pagina 60).

### 5.2.1.2 PREPARACIÓN DE LA TINA DE BÓRAX Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

Para tener controlado el proceso en esta tina, se debe trabajar con una tabla de recargas (ANEXO 12 Tabla de recargas de la tina de bórax) en la que se da la cantidad a recargar de acuerdo a los parámetros actuales de la tina y con una hoja de control (ANEXO 13 Hoja de control de la tina de bórax) en la que se anotarán todas las mediciones y las recargas que se realicen con su respectiva fecha y turno.

#### Preparación de la Tina de Bórax

- Lavar la tina de manera que no queden restos de óxidos, o cuerpos extraños y registrar en el ANEXO 8 de esta instrucción de trabajo cada vez que se lave la tina.

- Llenar de agua hasta las  $\frac{3}{4}$  partes de la tina y verificar altura de la misma con la medida marcada en el tubo. Calentar hasta alcanzar una temperatura entre  $85^{\circ}$  y  $90^{\circ}\text{C}$ , (esta temperatura es indispensable para la disolución del bórax).
- Vaciar 42 fundas de bórax de 25 Kg cada una.

#### Determinación de la Concentración de Bórax

- Sacar una muestra de 10 ml con una pipeta, colocar en un vaso matraz y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Agregar unas gotas del indicador Anaranjado de Metilo.
- Titular con ácido clorhídrico 1N, agitar constantemente la solución hasta observar el primer cambio de color permanente.



Figura 5.7: Determinación de la concentración de bórax.

- Multiplicar por 19.6 (bórax decahidratado) el valor obtenido y verificar que se encuentre en la clase A de la tabla # 3 del ANEXO 9.
  - Si el valor obtenido se encuentra en la clase B, se procede a lavar la tina, siguiendo esta Instrucción de trabajo desde la actividad # 1.

NOTA: Cuando se prepara la tina de bórax se deben realizar las 7 actividades, mientras que cuando se desea determinar la concentración de bórax se

procede desde la actividad # 4. La tina de bórax debe lavarse cada 6 meses aproximadamente, de acuerdo al ritmo de trabajo actual de la empresa Ideal Alambrec.

### **5.2.1.3 PREPARACIÓN DE LA TINA DE FOSFATO Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN**

Para tener controlado el proceso en esta tina, se debe trabajar con una tabla de recargas (ANEXO 14 Tabla de recargas de la tina de bonderita) la que da la cantidad a recargar de acuerdo a los parámetros actuales de la tina y con una hoja de control (ANEXO 15 Hoja de control de la tina de bonderita) en la que se anotarán todas las mediciones y las recargas que se realicen con su respectiva fecha y turno.

#### **Preparación de la Tina de Fosfato (Bonderita)**

- Lavar con agua la tina y el serpentín de manera que no queden restos de óxidos, o cuerpos extraños y registrar en el ANEXO 8 de esta instrucción de trabajo cada vez que se lave la tina.
- Llenar de agua hasta las  $\frac{3}{4}$  partes de la tina y calentar hasta alcanzar una temperatura entre 60°C y 65°C.
- Colocar 2 tanques de Pyrene 3-77 B (250 Kg. C/u), se estima que cada tanque da 10 puntos.
- Añadir 1 tambor de aditivo 4z (200 Kg).

#### **Determinación de la acidez total del baño de fosfato**

- Sacar una muestra de 10 ml con una pipeta, colocar en un vaso matraz y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Agregar unas gotas de fenolftaleína.

- Titular con hidróxido de Sodio Na (OH) 0.2 N, agitar constantemente la solución hasta observar el primer cambio de color permanente.



Figura 5.8: Determinación de la acidez de la tina de fosfato.

- Multiplicar por 2 el valor obtenido y verificar que se encuentre en la clase A de la tabla # 4 del ANEXO 9.

- Si el valor obtenido está en la clase B y la acidez total es mayor que 45 puntos, añadir 15 litros de Pyrene 3-77 B después de cada 5 bultos fosfatizados.

- Si el valor obtenido está en la clase B y la acidez total es menor a 42 puntos, adicionar 15 litros de Pyrene 3-77 B por cada punto que se encuentre por debajo de 42 (Por ejemplo: si la acidez total 40 puntos, añadir 30 litros de Pyrene 3-77 B).

- Titular en la mitad de cada turno.

NOTA: Se debe verificar la acidez total en la mitad de cada turno. Cuando se prepara la tina de fosfato se deben realizar las 8 actividades, mientras que cuando se desea determinar la acidez del baño de fosfato se procede desde la actividad # 5. La tina de fosfato debe lavarse entre el primero y segundo mes luego de la última lavada.

### Preparación de la Tina Regenerada de Fosfato

- Enfriar y dejar que se asiente los lodos para luego bombear la solución a una tina vacía.
- Evacuar los lodos de la tina y limpiar el serpentín de las incrustaciones
- Bombear la solución a la tina lavada, completar el volumen con agua y calentar hasta alcanzar una temperatura entre 60°C y 65°C
- Añadir ½ tambor de aditivo 4z (100 Kg).
- Proceder desde la actividad #5 de la Instrucción de trabajo Preparación de la tina de fosfato y análisis de la solución y realizar los ajustes necesarios con Pyrene 3-77 B.

NOTA: Se debe preparar una tina regenerada cuando los lodos acumulados en el fondo hagan contacto con los bultos de alambón sumergidos.

### 5.2.2 INSTRUCCIÓN DE DECAPADO DE ALAMBRONES

- Antes de decapar hay que tomar en cuenta la ubicación de las tinas (figura 5.9) y la concentración de las mismas (tabla 5.2).

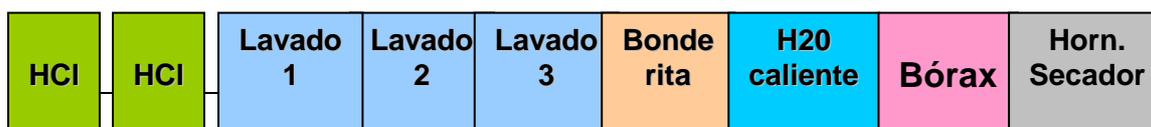


Figura 5.9: Ubicación de las tinas.

<u>Denominación</u>	<u>Compuesto</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
<b>Predecapado</b>	HCl	40 g / L	100 g / L
<b>Decapado</b>	HCl	120 g / L	180 g / L
<b>Bórax</b>	Bórax Temp.	90 g / L 80° C	100 g / L 90° C
<b>Bonderita</b>	Bonderita Temp.	25 puntos 60° C	30 puntos 65° C

Tabla 5.2: Concentración y temperatura de las tinas.

- Colocar el bulto en el gancho del puente grúa, como indica la figura 5.10.



Figura 5.10: Gancho del puente grúa.

- Se corta 2 de las 4 amarras para alambres de acero de alto y bajo carbono, y 3 de las 4 amarras para alambres fosfatados, ya que en alambres fosfatados el bulto debe estar más suelto para que el fosfato pueda actuar en todo el alambrón.
- Se levanta el bulto y se lo transporta hasta la tina de HCl.

- Se sumerge el bulto de alambrión en la tina de predecapado por aproximadamente 15 min. (figura 5.11), dependiendo del grado de corrosión (3 - 4). (ANEXO 16)



Figura 5.11: Tina de predecapado.

- Luego se cambia a la tina de decapado por un tiempo de 10 min. Figura 5.12.



Figura 5.12: Tina de decapado.

- Lavado en cascada: Se procede al lavado del bulto en agua fría sumergiéndolo por 3 veces de forma sucesiva en las tinas de lavado, siendo

enjuagado en la No. 3, ya que en esta tina el agua siempre esta renovándose constantemente.

### **Importancia del enjuague en cascada**

Como representa el paso final de limpieza del alambón, evita la contaminación en las tinas de bórax y bonderita.

- Luego pasar a la tina de bórax por un tiempo de 5 min., finalizando así el proceso de decapado.

### **Utilidades del bórax**

- Neutraliza residuos de ácido
- Protege de la corrosión
- Permite arrastre de lubricantes para el proceso de Trefilación

### **Importancia de la temperatura del bórax (Efectos en el Trefilado)**

Trabajar con temperaturas bajas permite la formación de cristales no deformables en el proceso de trefilación, produciendo rayaduras y roturas de dados, consecuentemente pérdida de tiempo y dinero.

- Alambrones fosfatados (Bonderizados): Luego de realizar los procesos de predecapado y decapado, se procede a dar un baño de bonderita durante los tiempos que se indica en la tabla 5.3 los mismos que varía de acuerdo al cliente y producto.

Producto	Descripción	Destino	Tiempo
SAE 1006	Ø 8 mm bajo carbono	Mabe	5 min
SAE 1011	Ø 8 mm bajo carbono alto manganeso	Viruta	3 min
SAE 1045	Ø 5.50 mm alto carbono	Resortes Ø 1.30 mm	5 min
SAE 1070	Ø 5.50 mm alto carbono	Resortes Ø 2.28 mm	3 min
TOPESA	-----	Tornillos	5 min

Tabla 5.3: Tiempo de fosfatado de los bultos que lo requieren.

### Usos de la bonderita (Efectos en el Trefilado y Cliente final)

- Acarrea lubricantes en la Trefilación
  - Es un lubricante sólido
  - Es un anticorrosivo para el cliente final.
- Transcurridos los 3 min. realizar el lavado en agua caliente, sumergiéndolo por 3 veces en forma sucesiva.

### Importancia del enjuague y movimiento dentro del agua

Permite eliminar casi totalmente los residuos de ácido.

- Luego pasar a la tina de bórax por 5 min. de forma similar que el Decapado anterior.

- Finalmente trasladar el bulto al horno secado, que es lo más recomendado para alambrones fosfatados. Figura 5.13.



Figura 5.13: Horno secador.

#### **5.2.2.1 ALAMBRONES DE ACERO DE ALTO Y BAJO CARBONO (SE DECAPAN EN ÁCIDO CLORHÍDRICO)**

- Sumergir el bulto de alambre en la tina de predecapado de ácido clorhídrico HCl 20 minutos aproximadamente.
- Pasar a la tina de decapado de ácido clorhídrico HCl de 10 a 15 minutos (depende del grado de oxidación, determinado visualmente por el operador). En el caso de sobre-decapado se producen unas pequeñas picaduras en el alambre; comunicar a jefe.
- Lavar el bulto sucesivamente en las tinas de agua fría (1, 2 y 3); mantener sumergido el bulto en la tina # 3 durante 1 minuto.
- Sumergir el bulto en la tina de bórax durante 5 minutos.
- Lavar las tinas de agua caliente y fría cada fin de semana o si es necesario antes.

### 5.2.2.2 ALAMBRONES FOSFATADOS (SE DECAPAN EN ÁCIDO CLORHÍDRICO)

(Alto Manganeso, alambres para resortes, para tornillería CHQ, y para lana de acero)

- Sumergir el bulto de alambres en la tina de predecapado de ácido clorhídrico HCl 20 minutos aproximadamente.
- Pasar a la tina de decapado de ácido clorhídrico HCl de 10 a 15 minutos (depende del grado de oxidación, determinado visualmente por el operador). En el caso de sobre-decapado se producen unas pequeñas picaduras en el alambres; comunicar a Jefe.
- Lavar el bulto sucesivamente en las tinas de agua fría (1, 2 y 3); mantener sumergido el bulto en la tina # 3 durante 1 minuto.
- Pasar inmediatamente a la tina de fosfato y sumergir el bulto durante 7 minutos.
  - Añadir 15 litros de Pyrene 3-77 B después de cada 5 bultos de alambres fosfatados y controlar la acidez total de la tina en la mitad de cada turno de acuerdo a la Instrucción de trabajo preparación de la tina de fosfato y análisis de la solución.
- Enjuagar en agua caliente, durante un minuto.
- Sumergir el bulto en la tina de bórax durante 5 minutos.
- Lavar las tinas de agua caliente y fría cada fin de semana o si es necesario antes.

NOTA 1: Los alambres de acero con alto contenido de carbono que vayan a ser galvanizados, no es necesario que sean fosfatados.

NOTA 2: Los alambrones que destinen para cromar, serán escogidos del pedido más reciente, o del menos oxidado y sin laceraciones. El alambón debe salir lo más limpio posible y sin manchas, para lo cual se decapará en ácido clorhídrico evitando mojar la parte superior del gancho con ácido, y al sacar el bulto de la tina de bórax, se lo bajará inmediatamente al suelo para evitar el goteo desde el gancho.

### **5.2.3 ACTIVIDADES DEL DECAPADOR**

#### **Inicio de Turno**

- Recibir novedades y disposiciones, siguiendo apuntes de la libreta y recibe herramientas de acuerdo al anexo 1 del documento (I.01-006) “Lista de herramientas de Decapado (D.01-005)”.
- Revisar orden y limpieza.
- Revisar stock de alambón decapado y decalaminado.
- Comunicar a jefe de turno cualquier novedad.

#### **Fin de Turno**

- Entregar turno a operador que entra, comunicando novedades y disposiciones, siguiendo apuntes de la libreta y entrega herramientas de acuerdo al anexo 1 del documento (I.01-006) “Lista de herramientas de Decapado (D.01-005)”.
- Entregar limpia y ordenada el área.
- Revisar stock de alambón decapado y decalaminado
- Comunicar inmediatamente, cualquier novedad suscitada en el turno a jefe de sección que se encuentre de turno.

**Durante el primer turno**

- Control de concentraciones de las tinas
- Leer las etiquetas de bultos cada vez que salgan de la tina

**Durante el segundo turno**

- Control de concentraciones de las tinas
- Sábado lavar tina de agua caliente y tina 3 de enjuague
- Leer las etiquetas de bultos cada vez que salgan de la tina

**Durante el tercer turno**

- Control de concentraciones de las tinas
- Leer las etiquetas de bultos cada vez que salgan de la tina

**5.2.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL ÁREA DE DECAPADO**

Para trabajar en el área de decapado se debe utilizar el uniforme y equipo de trabajo detallado a continuación:

**Uniforme:**

- Buzo color azul
- Camiseta Color Azul.
- Terno de tela poliéster color azul.
- Botas de seguridad (Punta de Acero)
- Impermeable

**Equipo de trabajo**

- Protectores auditivos.
- Mascarilla para vapores orgánicos
- Gafas Protectoras
- Guantes de Cuero
- Faja Lumbar
- Botas de Caucho
- Guantes de Caucho
- Casco

### **5.2.5 CONTROL DE HERRAMIENTAS Y COMPUESTOS PARA LAS RECARGAS**

En esta sección se manejan las herramientas que están enlistadas en el ANEXO 17.

En la sección de decapado no se tiene hojas de autorización para sacar de bodega los compuestos que utilizan para las recargas, pero si se lleva un control de la cantidad que utilizan en las recargas para poder abastecerse de producto.

## CAPÍTULO 6

### MANUAL DE TREFILADO

#### 6.1 PROCEDIMIENTO TREFILADO

En este procedimiento se realiza una reducción del diámetro del alambón en una máquina trefiladora y está detallado en el ANEXO 18 (Flujograma de trefilado) en este flujograma se indica paso a paso el tratamiento que se le da al alambón después de haberlo decapado.

- El programador con la ayuda del sistema BAAN, lanza e imprime las órdenes de fabricación (ANEXO 19) y etiquetas de identificación que corresponden a la sección de trefilado las mismas que están en base al programa de producción (ANEXO 3).
- Después de emitir las órdenes de fabricación y las etiquetas de identificación, las envía a los jefes de sección de turno.
- El jefe recibe el programa, las etiquetas y las ordenes de fabricación, además se realiza una validación de las órdenes de fabricación que recibe, verificando que exista la cantidad suficiente de etiquetas de identificación, que el número y datos de la orden coincidan con los de las etiquetas.
- Cuando se ha completado la orden de fabricación, el jefe entrega la nueva junto con las etiquetas al operador de la máquina que corresponda y se la explica bajo que parámetros se va a ejecutar.
- Verificar que la máquina esté con los parámetros adecuados para ejecutar la orden de fabricación.

#### **Procedimiento de ajuste de parámetros.**

- Cambio de serie de dados.
- Ajuste de velocidades de las máquinas.
- Comprobar el funcionamiento de todos los sistemas para parar la máquina.

- Verificar que en las jaboneras se encuentre el lubricante adecuado.
  - Verificar que todos los collarines estén en buenas condiciones.
  - Verificar que las bobinas estén bien rectificadas para que el alambre no se pegue y se monte ya que esto hace que se arranque.
  - Verificar que exista el suficiente flujo de agua en los dados.
- Busca el alambroón requerido, de acuerdo al producto que va a fabricar, retira etiquetas de bultos y las adiciona a las órdenes de fabricación. Por lo general el alambroón que se va utilizar se encuentra atrás de la cañonera, ya que el decapador los ubica en las máquinas según el programa.

Con la ayuda del puente grúa y el gancho, colocar el bulto de alambroón en la cañonera y corta las amarras.

- Después de comprobar que el dado haya cambiado la serie, procede a enhebrar la máquina.

El proceso de enhebrado de las máquinas son similares. Existe una mínima diferencia entre una y otra pero los principios básicos son los mismos.

Las máquinas que existen en la empresa Ideal Alambrec se muestran en la tabla 6.1.

JÚPITER 1	BA - 3
JÚPITER 2	IC - 7
BA - Z	CA - 7
BA - 12	NDC 1 - 2 - 3
BA - 10	NDB - 1
BA - 10C	NDB - 2
BA9 - M2	NDB - 3
BA - 7	NDR - 1
BA - 6	KDE
BA - 4	M - PASOS - 1

Tabla 6.1 Máquinas trefiladoras existentes en la empresa Ideal Alambrec.

- Se enciende la máquina y comienza con el proceso de trefilación del alambre. El momento de encender las bobinas es recomendable iniciarlas con un INCH para que el alambre no se rompa por el tirón del inicio y las bobinas deben ser encendidas en orden desde la primera hasta la última en forma casi inmediata.

En caso de que exista bastante alambre en las bobinas, estas pueden ser encendidas en sentido contrario, desde la última hasta la primera.

Si se observa que alguna bobina esta más cargada que las demás se procede a descargarlas: Se apaga la primera bobina hasta que se descargue el alambre de esa bobina; después se apaga la segunda bobina, igual hasta que se descargue el alambre de esa bobina, y así sucesivamente hasta descargar todas. Tomar en cuenta que no se las debe descargar completamente. Una vez descargadas todas la bobinas se encienden en sentido contrario con la ayuda del INCH y casi de forma inmediata.

Cada máquina realiza diferentes tipos de diámetros y solo en algunas de ellas se puede trabajar tanto en acero como en aluminio, como indica el ANEXO 20 (Producción de alambres por máquina)

- Con la ayuda de los ensayos que se efectúan en laboratorio a productos trefilados y retrefilados, se puede dar cuenta si el producto que está fabricando es de buena calidad, y de no ser así, el operador para la máquina y revisa en donde está la falla. Es recomendable tomar una muestra al inicio de la producción para que laboratorio la analice y verifique que el producto esta saliendo con las características y propiedades que se requieren.
- Para el embalaje del producto que sale de la sección de trefilado, se transporta el producto a la sección de peso exacto 1 y 2 y en ocasiones se enzuncha el alambre en las mismas máquinas dependiendo el tipo de alambre y el destino que tiene. El tipo de embalaje según el producto se muestra en el ANEXO 21.

- El operador registra la producción en la orden de fabricación. En ella anota la hora de inicio, la hora de finalización y los kilos producidos. En caso de paros por mantenimiento de la máquina, se cierra la orden de fabricación y se la abre cuando la máquina vuelva a producir. Si el tiempo de reparación es corto no se la cierra. Identifica producto colocando las etiquetas en el alambre trefilado.

El montacarguista pesa los bultos que salen de las máquinas trefiladoras en la balanza adhiere ticket de peso en etiquetas de Identificación y los ingresa al sistema BAAN con los lectores portátiles.

De faltar etiquetas de alambrón, el jefe investiga la causa, en casos extremos elabora etiquetas manuales y las adjunta a la orden de fabricación.

En caso que no se pudiere leer todas las etiquetas, coloca una nota en la que especifica el número de etiquetas que se pueden leer.

Si el Jefe no pudiera corregir el error en la Orden de Fabricación, informa novedades a administración de la Producción y al Subgerente para que tomen las acciones correctivas pertinentes.

- El producto embalado y registrado ingresa a la bodega para su posterior venta y distribución. En caso de ser producto intermedio, pasa a la sección que le corresponda para continuar con su producción después de ser registrado.
- Entrega la orden de fabricación y las etiquetas de identificación del alambrón al jefe y solicita una nueva para continuar con su trabajo en la máquina.
- Recibe la orden de fabricación terminada y las etiquetas de identificación del alambrón utilizado, las revisa y las entrega a oficinas al asistente de administración de producción para que el verifiquen los ingresos en el BAAN y los tiempos de producción.

En la orden de fabricación, verificar:

- Que conste las fechas tanto de apertura como de cierre.
  - Que las sumas acumuladas realizadas por el operador estén bien efectuadas.
  - Que los kilogramos producidos, estén conformes con el número de etiquetas adjuntas a la orden de fabricación, con el número de bultos de alambón consumidos y con el peso que se solicito fabricar en la orden.
- Limpia el área de trabajo en la que se encuentran la o las máquinas que está operando.

En el ANEXO 22 se muestra el cuadro de limpieza en trefilado, en el que se detalla la forma de limpiar y con que frecuencia se realiza.

## 6.2 ENHEBRADO DE LAS MÁQUINAS

El enhebrado en las máquinas consiste en pasar el alambre o alambón por los diferentes elementos de la máquina que actúan en la trefilación, tales como son: las jaboneras, los dados, las bobinas y las poleas. En otras palabras el enhebrado consiste en dejar lista la máquina para la producción de alambre trefilado.

Los procedimientos que se siguen para los enhebrados de las diferentes máquinas que existen en la empresa Ideal Alambrec se muestran en los siguientes anexos. Tabla 6.2.

ANEXO 23	Enhebrado máquina JÚPITER 1
ANEXO 24	Enhebrado máquina JÚPITER 2
ANEXO 25	Enhebrado máquina BA-Z
ANEXO 26	Enhebrado máquinas BA
ANEXO 27	Enhebrado máquina IC-7
ANEXO 28	Enhebrado máquina CA-7
ANEXO 29	Enhebrado máquinas NDC
ANEXO 30	Enhebrado máquina NDB-1
ANEXO 31	Enhebrado máquina NDB-2
ANEXO 32	Enhebrado máquina NDB-3

ANEXO 33	Enhebrado máquina NDR-1
ANEXO 34	Enhebrado máquina KDE
ANEXO 35	Enhebrado máquina M-PASOS-1

Tabla 6.2 Enhebrado de las máquinas trefiladoras existentes en la empresa Ideal Alambrec.

### 6.3 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA ALAMBRES TREFILADOS Y RETREFILADOS

Los ensayos de laboratorio son muy importantes para mantener controlada la calidad del producto trefilado. En la tabla 6.3 se observa los ensayos de laboratorio que se hacen, dependiendo del producto.

<b>ENSAYOS DE LABORATORIO PARA ALAMBRES TREFILADOS</b>	
Diámetro y Ovalidad	
Tracción	
Torsión	
Flexión	
Enrollado y Doblado	
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO PARA ALAMBRES RETREFILADOS</b>	
<b>CON CAPA DE ZINC</b>	<b>SIN CAPA DE ZINC</b>
Diámetro y Ovalidad	Diámetro y Ovalidad
Tracción	Tracción
Recubrimiento de zinc	-----

Tabla 6.3: Ensayos de laboratorio según en producto.

Nota: En alguno de los casos no se efectuarán todos los ensayos indicados en las tablas, esto dependerá del tipo de producto.

#### 6.3.1 ENSAYO DE TRACCIÓN

##### ➤ Preparación de la muestra

- Verificar los ensayos que se deben hacer en el producto, en la tabla del ANEXO 36 (Ensayos de productos) que tipos de ensayos se deberán realizar.

En la preparación de la muestra y en su mecanizado, deberá evitarse afectar las características del material, frecuentemente una preparación no adecuada de la probeta de prueba afecta los resultados. Las probetas deberán estar libres de trabajo en frío, muescas, ranuras, surcos, tallados, superficies rugosas, sobrecalentamiento o alguna otra condición que pueda afectar las propiedades a ser medidas.

➤ **Preparación de Máquina de Ensayo**

- Definir la máquina más adecuada para realizar el ensayo de tracción.

Resistencia (valor típico o especificación de Norma respectiva) (N/mm<sup>2</sup>)

Área transversal de la probeta (mm<sup>2</sup>)

Fuerza (N)

- Seleccionar y ubicar las mordazas más adecuadas de acuerdo a la tabla 6.4

MÁQUINA	MORDAZAS	PROBETA
Zwick	De grano fino	Alambres $\varnothing \leq 0,30$ mm
	De grano grueso	Alambres $\varnothing > 0,30$ mm. y/o pletinas o flejes.
Schenck Trebel	Planas	Alambres $\varnothing \leq 5$ mm y/o pletinas o flejes.
	En "V" pequeñas	Alambres $5 < \varnothing < 8$ mm
	En "V" grandes	Alambres $8 \leq \varnothing \leq 16$ mm

Tabla 6.4 Mordazas en las máquinas según las probetas

Velocidad de ensayo: la velocidad de aplicación de carga deberá ser no mayor a 10,8 kgf por mm<sup>2</sup> por segundo. En casos especiales para determinar límite de fluencia o resistencia con un determinado porcentaje de alargamiento la velocidad de aplicación de carga no deberá ser mayor a 1,03 kgf por mm<sup>2</sup> por segundo (tomado de Norma INEN 127 numeral 8.3.1 pag.4).

➤ **Ensayo**

- Posicionamiento de probeta en máquina de tracción y ajuste de las mordazas mediante los brazos de palanca en la máquina Zwick , o utilizando la palanca destinada para este uso en la máquina Schenck Trebel. Figura 6.1.



Figura 6.1: Probeta colocada en la máquina Zwick.

- Verificar que el sistema de medición este encendido y encender la máquina.
- Verificar si es que no hay deslizamiento de las mordazas, en caso contrario reajustar mordazas para asegurar la sujeción, si el problema de deslizamiento persiste realizar un cambio por mordazas nuevas.
- En productos que se necesite calcular el dato de fluencia, seleccionar la opción de “gráfico” en el software instalado en el PC o posicionar el extensómetro en el alambre.
- Después de la rotura de la probeta apagar la máquina. Figura 6.2

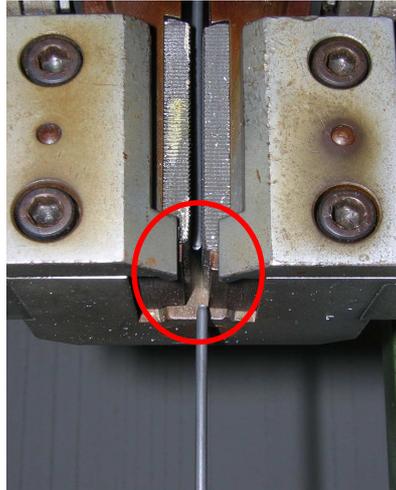


Figura 6.2: Probeta rota.

- Registrar datos de resistencia y/o fluencia en el ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados).
- Calcular resistencia y/o fluencia en función del área transversal inicial de la probeta y carga.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

- Medición de porcentaje de elongación y estricción de acuerdo al producto ensayado y requisitos de norma establecidos en la tabla del ANEXO 36 (Ensayos de productos).

$$\%A = \left[ \frac{L_f - L_i}{L_i} \right] \times 100 \quad \%Z = \left[ 1 - \left( \frac{\varnothing_i}{\varnothing_f} \right)^2 \right] \times 100$$

Donde: **%A** es el porcentaje de elongación

**L<sub>i</sub>** es la longitud inicial

**L<sub>f</sub>** es la longitud final

**%Z** es el porcentaje de estricción

**∅<sub>i</sub>** es el diámetro inicial

**∅<sub>f</sub>** es el diámetro final

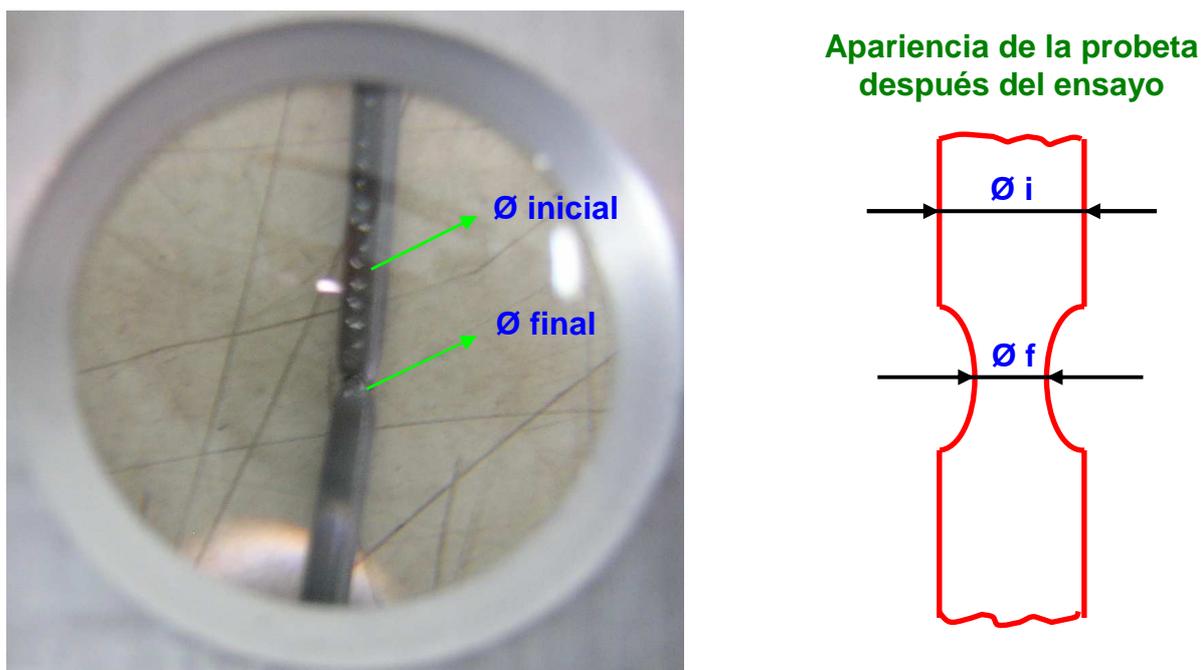


Figura 6.3: Diámetro inicial y final de la probeta del ensayo de tracción.

- Valorar rotura (frágil o dúctil), si es frágil no cumple, se registra y reporta a Programación de Producción o Jefatura respectiva, y si es dúctil entonces cumple y solamente se registra en formato del ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados).

Los restos de las probetas ensayadas se depositarán en el recipiente de color amarillo para desecho.

### ➤ Equipo de Protección Individual

Para la realización de este ensayo se deberá utilizar el equipo de seguridad detallado en la tabla 6.5.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA REALIZAR TRACCIÓN.						
EPI						
Ensayo						
Tracción	√				√	

Tabla 6.5 Equipos de seguridad para realizar el ensayo de tracción.

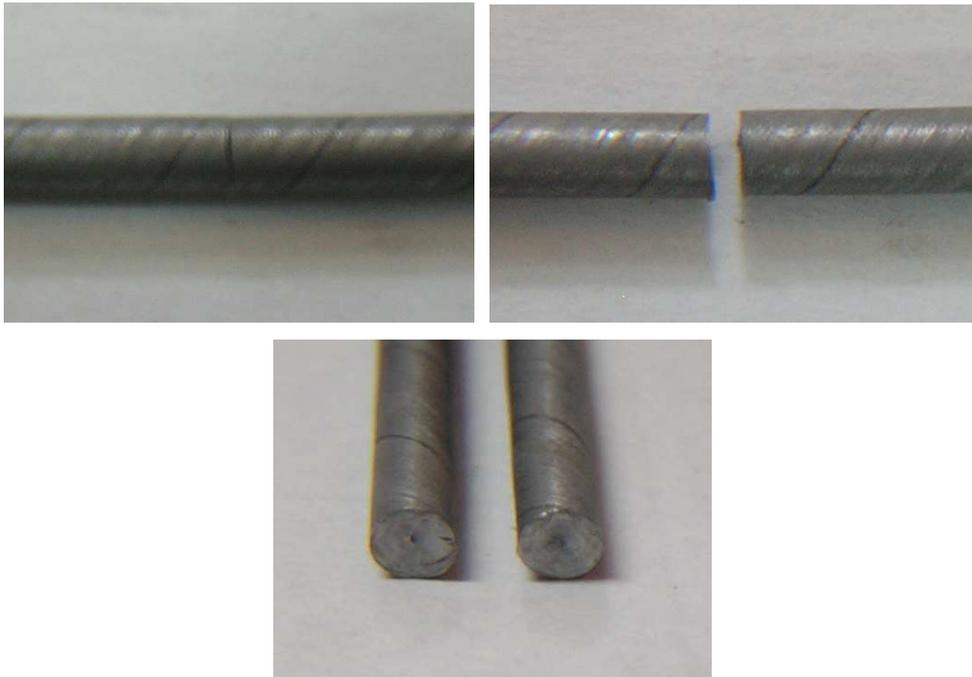
### **6.3.2 PRUEBAS DE DIÁMETRO Y OVALIDAD**

- Extraer una probeta de 300 mm del alambre que se desea analizar.
- Enderezar la probeta evitando modificar sus características.
- Medir el diámetro con el micrómetro digital en 2 partes a 90 grados.
- Ingresar los 2 diámetros en el ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados).

### **6.3.3 ENSAYO DE TORSIÓN**

- Extraer una probeta de 300 mm del alambre que se desea analizar.
- Enderezar la probeta evitando modificar sus características.
- Posicionamiento de probeta en máquina de torsión y ajuste de las mordazas.
- Encender la máquina.
- Apagar la máquina cuando el alambre se rompa.
- Soltar la probeta y verificar que no se haya roto por desgarramiento. La superficie de rotura debe ser totalmente uniforme.

La figura 6.4 muestra la apariencia que tienen las superficies de una probeta sin falla después del ensayo de torsión.



**Figura 6.4: Probeta sin falla después del ensayo de torsión.**

La figura 6.5 muestra la apariencia que tienen las superficies de una probeta con falla después del ensayo de torsión.



**Figura 6.5: Probeta con falla después del ensayo de torsión.**

- Anotar el resultado del número de vueltas de la máquina en el ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados).

#### 6.3.4 ENSAYO DE FLEXIÓN

- Extraer una probeta de 150 mm del alambre que se desea analizar.
- Verificar visualmente que la probeta no tenga fallas.
- Posicionar la probeta en la entenalla, colocando 2 varillas de alambre SAE 1070 de  $\varnothing$  8mm en las mordazas de la entenalla para no lastimar la probeta.
- Introducir el tubo pequeño en la probeta.
- Doblar la probeta a 90 grados en 2 direcciones una y otra vez, contando el número de dobleces que se haga hasta que la probeta se rompa. Figura 6.6.



Figura 6.6: Ensayo de flexión.

- Anotar el número de dobleces que se obtuvo en el ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados).

### 6.3.5 ENSAYO DE ENROLLADO Y DOBLADO

#### ENROLLADO

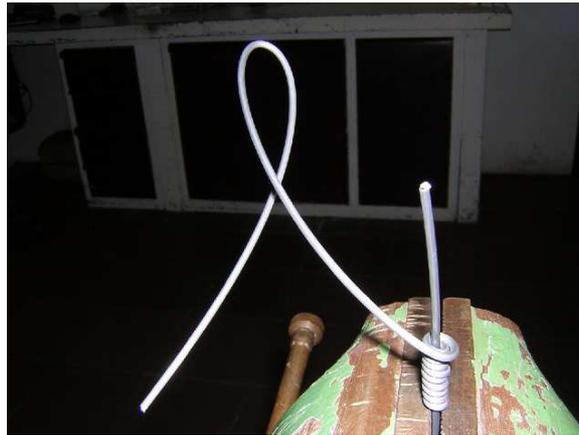
- Extraer dos probetas de 150 y 500 mm del alambre que se desea analizar.
- Verificar visualmente que las probetas no tenga fallas.
- Posicionar las probetas en la entenalla, colocándolas una paralela a la otra.
- Doblar la probeta mas larga a 90 grados.
- Enrollar la probeta larga el la pequeña aproximadamente 10 vueltas en forma de empalme, verificando que el enrollado esté quedando uniforme y que no se formen grietas en la probeta que se está enrollando. Figura 6.7.



Figura 6.7: Ensayo de enrollado.

#### DOBLADO

- Doblar el sobrante de la probeta larga. Figura 6.8.



**Figura 6.8: Ensayo de doblado.**

- Verificar visualmente que no se hayan producido fisuras en ninguno de los dos ensayos.
- Anotar en el en el ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados) con “S” si pasó el ensayo y “N” si no pasó el ensayo.

### **6.3.6 ENSAYO DEL ESPESOR DE LA CAPA DE ZINC**

- Extraer una probeta de 300 mm del alambre que se desea analizar.
- Doblar la probeta a la mitad y entorchar la punta. Figura 6.9.



**Figura 6.9: Preparación de la probeta para el ensayo de capa de zinc.**

- Abrir la llave de la bureta.
- Subir la botella de cristal de dos vías para encerrar la bureta.

- Colocar la probeta en la bureta.

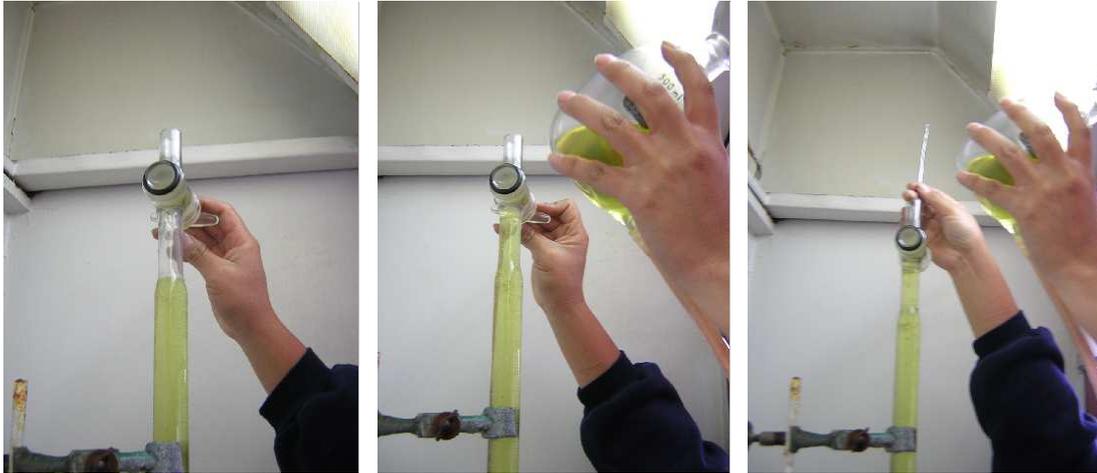


Figura 6.10: Introducción de la probeta en la bureta.

- Cerrar la llave inmediatamente después de colocar la probeta.
- Esperar que se produzca la reacción que elimina la capa de zinc de la probeta.
- Levantar la botella de cristal de dos vías e igualar los niveles de esta con el de la bureta.
- Tomar el dato obtenido.
- Abrir la llave inferior de la bureta.
- Dejar caer la probeta y cerrar la llave.



Figura 6.11: Retirada de la probeta de la bureta.

- Calibrar el diámetro de la probeta sin capa de zinc.
- Utilizar el dato obtenido en la bureta y el diámetro final de la probeta en la siguiente fórmula.

$$CAPA \ DE \ ZINC = \frac{602,79 \times Lectura \ de \ la \ bureta}{Diám. \ trefilado \times longitud}$$

DONDE: Lectura de la bureta = Valor en la regla de la bureta  
 Diámetro trefilado = Diámetro de la probeta sin capa de zinc.  
 Longitud = Longitud de la probeta (300 mm)

- Ingresar el dato en el ANEXO 37 (Registro de datos de alambres trefilados).

#### 6.4 CONTROL DE CALIDAD CORRECTIVO

El jefe debe revisar algunos parámetros en cada máquina:

**Cumplimiento del programa:** Seguir el programa de producción emitido por el programador.

**Los decalaminadores:** Verificar que el alambón esté bien enhebrado (alambón pase por todos los decalaminadores).

**Jaboneras:** Verificar en las jaboneras, que el tipo, estado, y cantidad del jabón que se está utilizando esté de acuerdo con el alambón que ese está trefilando, además se debe verificar que las tapas de la jabonera estén cerradas.

**Succionadores de Polvo:** Verificar que los succionadores de polvo de cada máquina estén funcionando.

**Lubricación:** Verificar el tipo de lubricante, la cantidad, el funcionamiento de los batidores en los diferentes pasos de trefilación de las máquinas.

**Portadados y Bobinas:** Controlar el enfriamiento de los portadados y bobinas en la máquina, verificando la circulación y cantidad de agua.

**Diámetro y Ovalidad:** Verificar y registrar el diámetro final, la ovalidad y la superficie del alambre (alambre no esté rayado).

**Calmado:** Controlar el calmado y apertura del alambre.

**Pulverización:** Verificar que en la cámara de pulverización se encuentren bien ajustados los aspersores y el tiempo de pulverización.

**Orden y limpieza:** Verificar que en el centro de trabajo se encuentren todos los elementos en su respectivo lugar y sin basura.

**FRECUENCIA:** Se lo realiza 2 veces por turno, excepto el registro de la producción de una máquina que se hará al final de cada turno.

## **6.5 PRUEBA DE TOLERANCIA DE DIÁMETRO Y OVALIDAD DE ALAMBRES TREFILADOS**

Cuando el operador entra al nuevo turno, debe verificar que el producto que se está fabricando esté acorde con la orden de fabricación, eso incluye la tolerancia del diámetro y de la ovalidad, que siempre debe ser de cero como se indica en la tabla 6.6.

<b>ALAMBRES RETREFILADOS</b>			
<b>Producto</b>	<b>Ø mm</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Ovalidad</b>
Stitching Wire	Ø (1.35 - 1.48) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	0.00 mm
Clips	Ø (0.70 - 1.40) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Grapas Escritorio	Ø (0.49 - 0.60) mm	Ø (0.00 - 0.01) mm	
Grapas Encuadernado	Ø (0.55 - 0.90) mm	Ø (0.00 - 0.01) mm	
Grapa Cartón	Ø (0.80 - 1.00) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Grapas Cartones esp.	Ø (1.40 - 1.80) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Grapa Madera	Ø (0.70 - 1.15) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Espiral	Ø (0.70 - 1.00) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Doble espiral	Ø (0.90 - 1.20) mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Bujías	Ø 1.20 mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Pinzas	Ø 1.60 mm	Ø (0.00 - 0.02) mm	
Estropajos	Ø 0.24 mm	Ø (0.00 - 0.01) mm	
Aluminios	Ø 0.26 mm	Ø (0.00 - 0.01) mm	
Invisibles (Hic)	Ø 1.00 mm	Ø (0.00 - 0.01) mm	
Alambres Corrugados (armex)	-----	Ø (-0.18 - 0.00) mm	
<b>ALAMBRES TREFILADOS LISOS</b>			
<b>Diámetros</b>	<b>Ø mm</b>	<b>OVALIDAD</b>	
Ø (1.00 - 2.00) mm	Ø (-0.01 - +0.03) mm	0.00 mm	
Ø (2.01 - 3.00) mm	Ø (-0.01 - +0.04) mm		
Ø (3.01 - 11.00) mm	Ø (-0.01 - +0.05) mm		
Ø (11.01 - 17.00) mm	Ø (-0.01 - +0.07) mm		

Tabla 6.6: Tolerancia de diámetro y ovalidad de alambres trefilados.

## 6.6 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA SECCIÓN DE TREFILADO

Para trabajar en este centro de trabajo se debe utilizar:

- El Uniforme correspondiente a la planta B que consta de:
  - Buzo color azul.
  - Camiseta Color azul.
  - Pantalón Color azul.
  - Botas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla

- Gafas Protectoras
- Guantes de Cuero

## 6.7 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

La tabla 6.7 muestra el listado de las herramientas y la cantidad de ellas por cada máquina o por cada operador.

Herramientas de Trabajo	Cantidad
Micrómetro	1/Op.
Herramientas de Trabajo	Cantidad
Cortadora negra 3 mm	1/Op.
Cortadora de 36"	1/Op.
Esmeril de Banco	1/Op.
Sacapuntas	1/Maq.
Soldadora 19 mm	1/2Maq.
Sapo y cadena	1/2Maq.

Tabla 6.7: Herramientas en trefilado

## 6.8 ACTIVIDADES DEL DADERO

### 6.8.1 RECTIFICADO DE DADOS

- Recoge dados dañados de las máquinas.

Los dados dañados son colocados en sitios específicos por los operadores, de donde los recoge el dadero y los coloca en una caja.

- Limpia dados dañados.

Con ayuda de una cuchilla y del esmeril, el cual tiene adaptado un cepillo metálico, los daderos limpian el jabón de los dados. Figura 6.12.



Figura 6.12: Recolección y limpieza de dados.

- Pulir dados dañados en las máquinas (PIVOT 1, PIVOT 2 ó DAIKER).

Figura 6.13

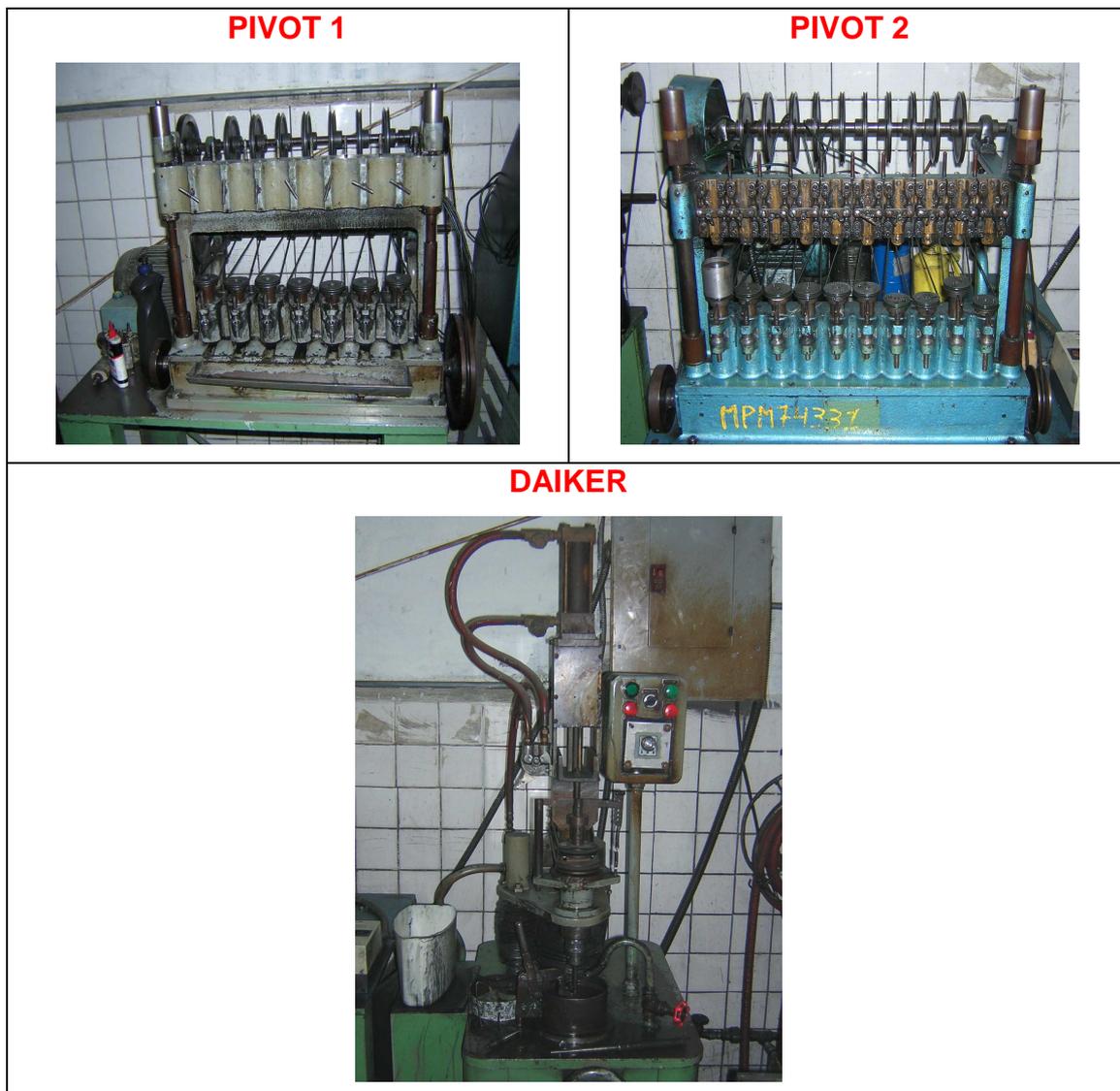


Figura 6.13: Máquinas pulidoras de dados.

- Colocar las agujas en los porta agujas. Figura 6.14.

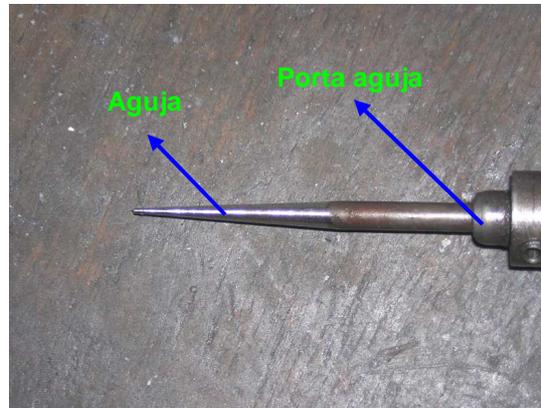


Figura 6.14: Aguja y porta aguja.

Las agujas sirven para rectificar 5 dados, después de eso toca rectificar la aguja. Estas agujas se las obtiene de alambres de acero de alto carbono como el SAE 1075 ó SAE 1045 y deben tener los ángulos que se necesitan en los dados (ANEXO 38). Figura 6.15.

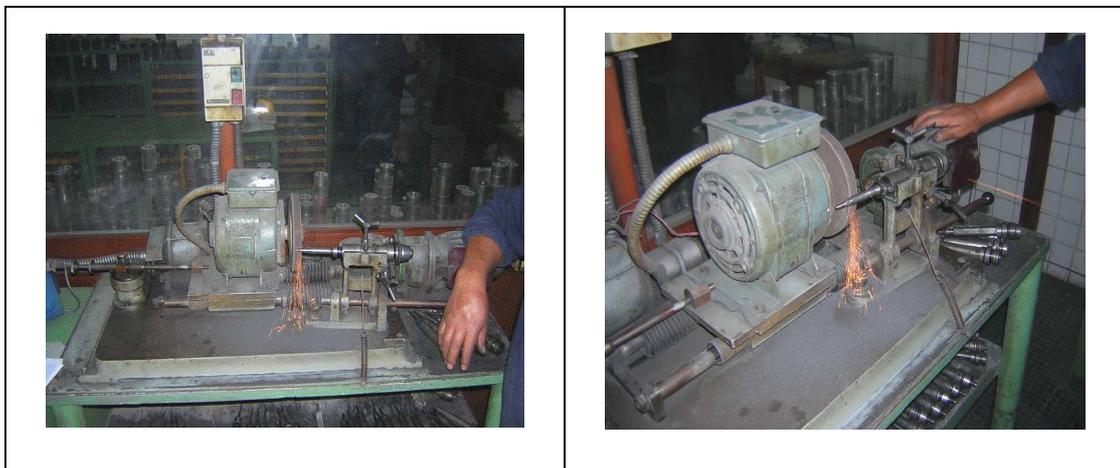


Figura 6.15: Máquina rectificadora de agujas.

- Colocar porta agujas en la máquina y ajustar. Figura 6.16.



Figura 6.16: Ajuste de los porta agujas en la máquina.

- Colocar dados en porta dados.
- Colocar porta dados en las bandejas de la máquina. Figura 6.17.

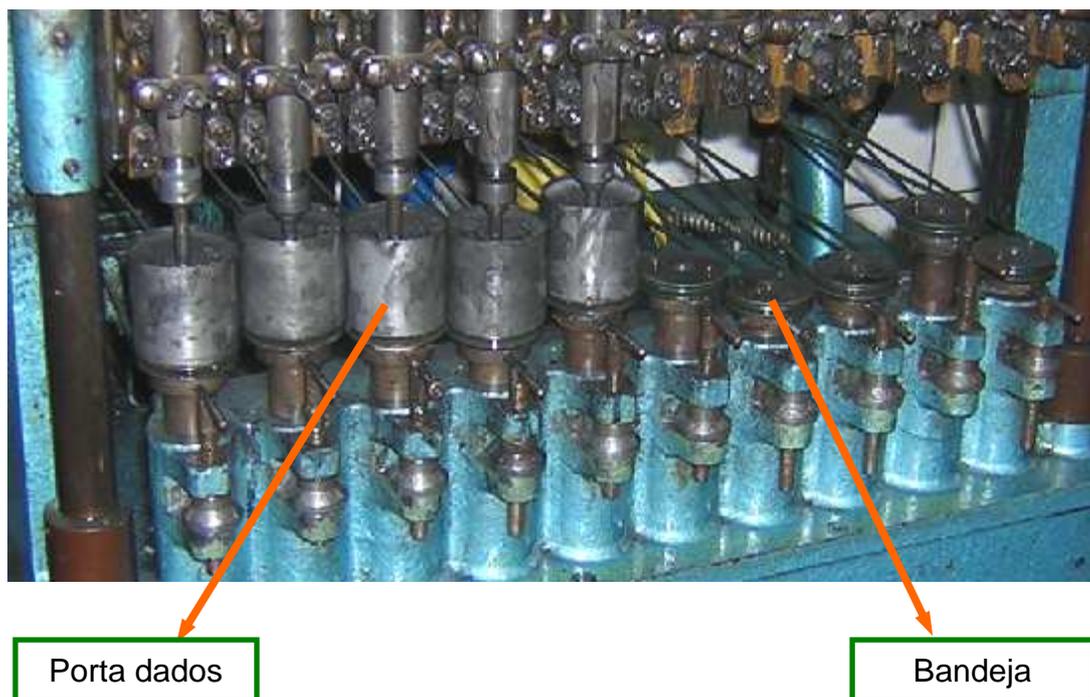


Figura 6.17: Colocación de portadados en las bandejas de las máquinas.

- Calibrar máquina.
- Añadir lubricante (carburo de tungsteno + pasta de diamante + jabón líquido) en los dados.
- Encender la máquina.

- Ajustar la presión.



Figura 6.18: Calibración y ajuste de las máquinas.

➤ Pasar calibres.

Casi siempre se pasa calibres a mano, se ayudan de una máquina rectificadora. Pasar calibre quiere decir que se da el diámetro requerido al dado de trefilación. Figura 6.19.



Figura 6.19: Máquina para pasar calibres en los dados.

- Medir y verificar el nuevo diámetro del dado.
- Marcar el nuevo diámetro en el dado.

Con los números de golpe, el dadero marca los dados con el nuevo diámetro que estos tienen para que no exista equivocación el momento de cambiar las serie de las máquinas.

- Colocar el dado rectificado en el sitio que corresponde.

En el taller de dados existen cajas específicas para colocar los dados de las respectivas máquinas. Figura 6.20



Figura 6.20: Almacenamiento de los dados.

## 6.8.2 CAMBIO DE SERIE

### Encargado:

### Actividad:

- |            |  |
|------------|--|
| - Dadero   | Recibe el programa de producción de trefilado del jefe de turno, el mismo que fue impreso por el programador con anterioridad. |
| - Operador | Avisa al dadero que finalizó la orden de fabricación anterior, para que cambie la serie de dados.                              |
| - Dadero   | Busca la serie de dados requerida, basándose en el diámetro final y en la máquina que va a ser cambiada.                       |
| - Dadero   | Coloca dados en porta dados, los ajusta con ayuda de un pedestal y un destornillador y los coloca en un coche. Figura 6.21.    |



### 6.8.3 ENTREGA Y RECEPCIÓN DE TURNO

#### Inicio de Turno

- Recibir información sobre: cambio de series, problemas con datos en las series y herramientas de acuerdo al ANEXO 39 (Lista de herramientas de Datos).
- Cambio de series el turno que entra
- Revisar orden y limpieza (Barrer, rasquetear)
- Comunicar a jefe de turno cualquier novedad.

#### Fin de Turno

- Entregar turno a operador que entra, comunicando sobre: cambio de series, problemas con datos en las series y herramientas de acuerdo al ANEXO 39 (Lista de herramientas de Datos).
- Entregar área de trabajo limpia y ordenada.
- Comunicar inmediatamente, cualquier novedad suscitada en el turno a jefe de sección que se encuentre de turno.

### 6.8.4 ACTIVIDADES DURANTE EL TURNO

#### Durante el primer turno

- Puntos de encuentro, Paso de calibre y apertura de dados.
- Cambiar series en máquinas
- Entregar dados a operador

#### Durante el segundo turno

- Recoger, limpiar y rectificar dados
- Cambiar series en máquinas

- Entregar datos a operador

#### **Durante el tercer turno**

- Puntos de encuentro, Paso de calibre y apertura de dados.
- Cambio de series en máquinas
- Entregar datos a operador

**Nota:** Cuando se haya trefilado menos de 5 toneladas de alambión decapado, se colocará la serie en tabla sin necesidad de rectificarlos, previa verificación del dadero.

#### **6.8.5 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL TALLER DE DADOS.**

Para trabajar en el taller de dados se debe utilizar el uniforme y equipo de trabajo detallado a continuación:

##### **Uniforme:**

- Buzo color azul.
- Camiseta Color Azul.
- Pantalón de tela Jean color azul.
- Botas de seguridad (Punta de Acero)

##### **Equipo de trabajo**

- Protectores auditivos.
- Mascarilla desechable para polvos y vapores orgánicos
- Gafas Protectoras
- Guantes de Cuero
- Faja Lumbar

## CONCLUSIONES

- La implementación de este manual operativo ha permitido estandarizar los pasos que se deben seguir en las áreas de decapado y trefilado para la obtención de alambre trefilado, de modo que se modifiquen las formas de trabajo erróneas.
- La elaboración de flujogramas de los procesos de producción de decapado y trefilado, ha permitido que los trabajadores sigan un orden ya establecido para la producción de alambre trefilado.
- El ajuste de parámetros en las secciones de decapado y trefilado es muy importante ya que de esto depende la calidad del producto terminado, y a su vez mejora la productividad y reduce accidentes de trabajo.
- El procedimiento para la trefilación de aluminio es el mismo que se sigue para los aceros, tomando en cuenta que los alambres de aluminio no pasan por la sección de decapado, ya que estos no necesitan una limpieza previa, y también se debe cambiar el tipo de lubricante que se utiliza en la máquina trefiladora.
- La reducción del diámetro del alambre durante la trefilación se compensa en el alargamiento del mismo, debido a que este proceso no tiene arranque de viruta.
- Las propiedades del alambre cambian, ya que al deformar el alambre su estructura cristalina sufre cambios que dan como resultado el aumento de su dureza. Para recuperar las propiedades iniciales es necesario realizar un tratamiento térmico que se lo conoce como recocido.
- El tiempo de decapado depende del grado de corrosión que tenga el alambrón y su paso por las diferentes sales depende del producto para el que esté destinado el alambrón.

- El lubricante que se va a utilizar en la trefilación depende del material a trefilar, del porcentaje de reducción, de la velocidad de la máquina y del porcentaje de carbono del alambrón.

## RECOMENDACIONES

- Verificar que las tinas de decapado estén con los parámetros adecuados antes de comenzar a decapar.
- Respetar los tiempos de decapado recomendados según el grado de corrosión del alambón para que éste no se deteriore por acción de los ácidos y sales de las tinas.
- Realizar control de calidad en decapado para verificar que los alambros estén bien decapados y decalaminados antes de ingresar a las máquinas trefiladoras, ya que los mecanismos de la máquina se pueden deteriorar e incluso dañar.
- Verificar el buen estado de las máquinas trefiladoras y sus partes, como: cañoneras, trampas, atranca lazos, succionadores, jaboneras, portadados, tapas, brazos de automáticos, poleas, rodillos de alineación, compuertas de seguridad, sistema de enfrió y lubricación.
- Utilizar el lubricante recomendado según el porcentaje de reducción y el porcentaje de carbono del alambón.
- Verificar que el alambre esté alineado de las jaboneras a las bobinas, de las bobinas a las poleas y de las poleas a las jaboneras para que el alambre no se rompa.
- Verificar el funcionamiento de los paros de emergencia automáticos para prevenir cualquier accidente de trabajo.
- Utilizar los equipos de seguridad para las diferentes secciones indicados en el manual.

## BIBLIOGRAFÍA

- BEUNENS, Paul; (1993), *La Trefilación*, BEKAERT, Bélgica.
- BEUNENS, Paul; (1994), *Tecnología del alambre*, BEKAERT, Bélgica.
- CÁRDENAS; (1989), *Introducción al Conformado Mecánico*, E.P.N., Quito- Ecuador.
- NORMA INEN 127
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Trefilado>
- <http://www.abrasivesnet.com/en/product/mbs/compax-blanks-failure/down/DI%20Wire%20Dies%20Spanish.pdf>