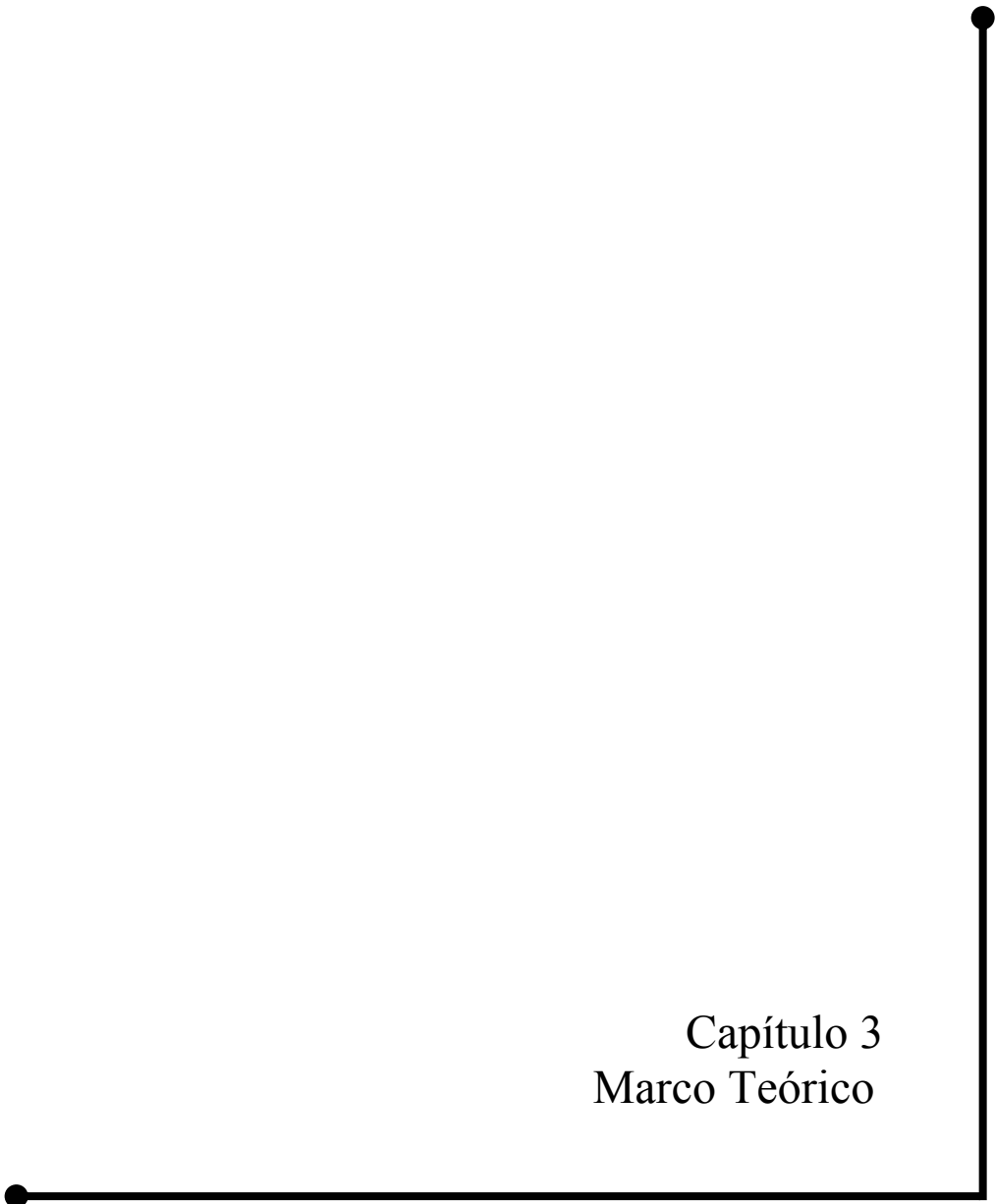


Capítulo 3  
Marco Teórico



## **Capítulo 3**

### **Marco teórico**

#### **3 Introducción**

El objetivo general del proyecto es incrementar la producción del hilo en el área de hilatura por anillos, a través del análisis de las causas de los paros que afectan el proceso, así como identificar y disminuir las causas que provocan el paro de los mismos.

Para entender como se encontraron las causas potenciales que provocan los paros, la determinación de las causas más frecuentes así como darle prioridad a las más significativas, es necesario conocer los principios básicos y la manera en que se realizan los diagramas de causa-efecto, el muestreo del trabajo y el diagrama de Pareto.

#### **3.1 Diagramas causa-efecto**

Estos diagramas reciben también el nombre de su creador, Ishikawa, y en algunos casos también el de “espina de pescado” por la forma que adquieren. Son una forma gráfica de representar el conjunto de causas potenciales que podrían estar provocando el problema bajo estudio o influyendo en una determinada característica de calidad. Se utilizan para ordenar las ideas que resultan de un proceso de “lluvia de ideas” al dar respuesta a alguna pregunta de partida que se plantea el grupo que realiza el análisis. Por ejemplo, un equipo de trabajo podría acres la siguiente pregunta: ¿cuáles son las causas de que se hayan incrementado considerablemente los defectos de apariencia en el proceso de esmaltado y

secado? Las respuestas que un grupo de expertos pudiera dar a esta pregunta seguramente serán bastantes y de diversa índole. Si estas ideas se clasifican o **estratifican**, para posteriormente representarse en forma gráfica en un diagrama de Ishikawa, se tendrá una mejor idea del conjunto de causas potenciales que se cree provocan el problema en cuestión.

Ishikawa recomienda que las causas potenciales se clasifiquen en seis categorías, comúnmente conocidas como las 6 M: materiales, maquinaria, métodos de trabajo, medición, mano de obra y medio ambiente,

Los pasos para la elaboración de un diagrama causa-efecto son:

- Paso 1. Decidir cuál es el problema a analizar o la característica de calidad a considerar, lo cual se hace normalmente mediante el uso del diagrama de Pareto.
- Paso 2. Escribir la característica seleccionada en un recuadro en el lado derecho de una hoja, y dibujar una flecha gruesa que comienza en el lado izquierdo y apunta hacia el recuadro (véase **Figura 3.1.1**).

**Figura 3.1.1**

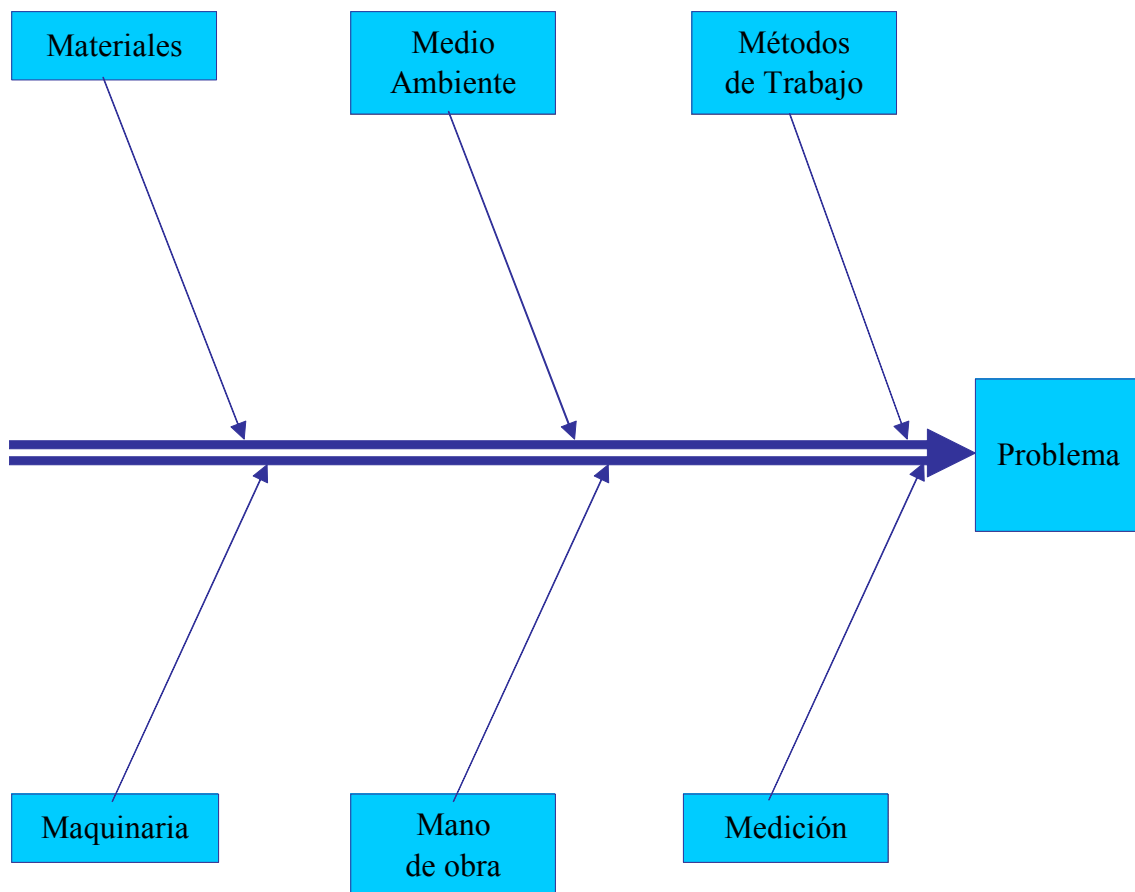
**Paso 2.**



- Paso 3. Escribir los factores importantes que se creen podrían estar causando el problema en cuestión de acuerdo con la clasificación ya mencionada de las 6 M; puede incluir cualquier otra categoría que considere ayude a un mejor entendimiento del problema (véase **Figura 3.1.2**).

**Figura 3.1.2**

**Paso 3.**



- Paso 4. En cada rama, según la categoría de que se trate, debe escribir con mayor nivel de detalles las causas que se considere podrían estar provocando el problema.

Cabe mencionar que las categorías se pueden subdividir aún más si se piensa que ello puede ayudar a clasificar el origen del problema.

Como se puede observar, la relación que existe entre los factores causales y el problema se expresa por medio de una gráfica integrada por dos secciones. La primera está constituida por el conjunto de causas potenciales representado por una flecha principal hacia la que convergen las otras flechas consideradas como ramas del tronco principal, y sobre las que inciden igualmente flechas más pequeñas. En la otra sección, se encuentra el nombre de la característica de calidad que está siendo analizada. La flecha principal de la primera sección apunta precisamente hacia este nombre, lo cual indica que la relación que existe entre el conjunto de factores causa el problema.

La principal ventaja de utilizar los diagramas de Ishikawa es que éstos exhiben las relaciones entre un problema y sus posibles causas, a la vez que permiten que el grupo desarrolle, examine y analice gráficamente dichas relaciones, lo que lleva a que sea más fácil identificar la causa de ese problema, y así poder encontrar su solución<sup>9</sup>.

### **3.2 El muestreo del trabajo**

El muestreo del trabajo es una técnica que se utiliza para investigar las proporciones del tiempo total dedicadas a las diversas actividades que componen una tarea, actividad o trabajo.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Cantú Delgado, Humberto, 2000, pp.231-234.

<sup>10</sup> Niebel, 1988, pp. 577-578.

Las ventajas por las cuales se determinó realizar un muestreo del trabajo se enlistan a continuación:

- La información es obtenida es más rápidamente que al utilizar técnicas cronométricas.
- No se necesitan analistas entrenados.
- Se pueden observar varias máquinas al mismo tiempo. Esto permitió tomar en cuenta a todas las máquinas que intervienen en el proceso de hilatura por anillos.
- Los resultados son apoyados con fundamentos estadísticos.<sup>11</sup>

Para determinar las proporciones es necesario realizar un estudio en donde se toman un número de observaciones distribuidas aleatoriamente. El número de observaciones por estado o por categoría se divide entre el total de las mismas, de esta forma se determinan los porcentajes de tiempo que el proceso se encuentra en ese estado.<sup>12</sup>

### **3.3 Conceptos de probabilidad y estadística**

El muestreo del trabajo esta fundamentado en la teoría probabilística. Si en un momento dado un cierto evento tiene dos resultados tales como la ocurrencia o no ocurrencia, se utiliza la distribución binomial. La ocurrencia de algún evento se puede

---

<sup>11</sup> Polk, 1984, p. 139.

<sup>12</sup> Niebel, 1988, p. 577.

considerar como una de las categorías o estado del sistema sujeto a estudio, todas las demás categorías se pueden considerar como no ocurrencias.<sup>13</sup>

Después de  $n$  observaciones realizadas en el muestreo del trabajo, el estadístico  $x$ , el cual representa el número de veces en que se observó el estado o categoría de interés se puede considerar que se rige bajo la distribución binomial; siempre y cuando se cumpla lo siguiente:

- 1) Las observaciones deben ser independientes.- Esto se cumple ya que no tienen influencia entre sí.<sup>14</sup>

Cuando se trabaja con esta distribución, la probabilidad de ocurrencia se designa como  $p$  y la no ocurrencia como  $q$  lo cual es igual a  $q = 1 - p$ .

La distribución binomial se distribuye con:

$$\text{Media} = np$$

$$\text{Varianza} = npq$$

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{npq}$$

---

<sup>13</sup> Ibidem, p. 578.

<sup>14</sup> Dovich, 1992, p. 51.

Los parámetros de esta distribución son:

$$\text{Media} = p' \text{ (porcentaje real)}$$

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{p' (1 - p')} / n$$

Para muestreos grandes con 100 o más observaciones, la distribución binomial se aproxima a la distribución normal. Por lo tanto se espera que el 95% de los valores caerán dentro del intervalo  $p' \pm 2 \sigma$  (dos desviaciones estándar). Debido a que  $p'$  no se conoce, se utiliza  $p$  para poder estimarla. De esta forma el error de estimación es.<sup>15</sup>

$$A = 2 \sqrt{p (1 - p)} / n$$

En donde:

A = Error de estimación.

P = Porcentaje de la categoría o estado de interés.

n = número total de observaciones.

Despejando se puede encontrar el tamaño de muestra necesario para tener un 95% de confianza con un error de estimación determinado:

$$n = 4 p (1 - p) / A^2$$

---

<sup>15</sup> Polk, Edward J., 1984, p. 153.



### **3.4 Planeación del estudio de muestreo del trabajo**

Como primer paso para realizar un muestreo del trabajo es necesario seleccionar el sistema a observar. En este caso serán las máquinas que intervienen en el proceso de hilatura por anillos, el Batiente, las Cardas, Continuas y la Conera.

Posteriormente se define el objetivo del estudio: determinar las causas más importantes por las que el Batiente, las Cardas, Continua y la Conera permanecen ociosas o paradas.

A continuación se elabora una lista de las categorías o estados en los que se pueda encontrar a cada una de las máquinas cuando están paradas u ociosas, obtenidas de los diagramas de Ishikawa, en este caso van a ser los diferentes paros que presentan:

### **3.5 Estudio piloto**

El estudio piloto se efectuó en el salón A que tiene a la Carda y Continua Befama, el B en el cual esta la Carda y Continua Macías, en parte del C donde se ubica la Conera y en el Cuarto del Batiente.

Para que el muestreo de trabajo sea estadísticamente aceptable, es necesario que cada momento tenga la misma probabilidad de ser elegido o, dicho de otra manera, las observaciones deben ser aleatorias. Quizá el mejor medio de garantizar la aleatoriedad de la muestra sea el empleo de la tabla de números aleatorios.

Un método de proceder posiblemente mejor consiste en colocar nuestro lápiz al azar sobre un dígito de la tabla. Si es impar usaremos los números aleatorios de **la tabla I del apéndice C**; si fuera par emplearíamos los números aleatorios de **la tabla II del apéndice D**. El primer número de dos cifras a la derecha del mismo, y que sea menor de 26 (número de columnas), puede ser utilizado para indicar en qué columna hay que comenzar, y el siguiente número de dos cifras a su derecha puede indicar la fila. Si se emplea un método de esta clase tendremos una mayor seguridad de que nuestro punto de partida será cabalmente aleatorio. Cuando el punto inicial ha sido escogido, el movimiento en cualquier dirección dará una muestra al azar de números.

A continuación se utiliza la tabla de números aleatorios para obtener números de dos cifras que representen los minutos para cada hora. Se descartan los números que representen valores de minutos imposibles, las observaciones no se realizan durante el período de la comida, ni tampoco durante los períodos de descanso reglamentarios. Usando un día de trabajo de (7:00am a 3:30pm) y los valores de la tabla de números al azar, resultaría lo siguiente para una observación por hora:

90	Minutos imposibles; descartarlos
78	Minutos imposibles; descartarlos
82	Minutos imposibles; descartarlos
54	7:54 A.M.
47	8:47 A.M.
20	9:20 A.M.
83	Minutos imposibles; descartarlos

79	Minutos imposibles; descartarlos
10	10:10 A.M.
41	11:41 A.M.

La lista está en orden cronológico. Si se requiere más de una observación por hora, se necesitaría volver a disponer los valores para cada hora para su uso práctico. Cada día deberá tener su propia lista de valores de tiempo.

Cuando se generaba un valor, por ejemplo 7:54am, se hace un recorrido por todas las máquinas descritas, cada ronda se comienza desde un lugar distinto de la fabrica

Es importante recalcar que este muestreo del trabajo toma única y exclusivamente las máquinas que se encuentran paradas, esto implica, que dado el caso que se generará algún valor y la máquina se encontrara trabajando o siendo productiva, la observación **no** es tomada en cuenta, generando otro valor hasta que se encuentre la máquina parada.

La observación propiamente dicha de las sucesivas máquinas deberá efectuarse siempre al pasar por la que se observa. En otros términos, el especialista que observa la máquina A no debería anotar lo esta sucediendo a la máquina B porque falsearía el estudio.

Este procedimiento se repite hasta cumplir el número total de observaciones por día. Al completar las observaciones, se divide el número total de observaciones de cada categoría entre las realizadas para cada máquina.

### **3.6 Determinación del tamaño de muestra para el estudio definitivo**

Una vez obtenidas las proporciones en las que se presentan dichas causas, se establece un límite de error deseado, para que de esta forma se pueda determinar el tamaño de la muestra para realizar el estudio definitivo. Se escogió un error del 5%, con un nivel de confianza del 95%.

### **3.7 Determinación de la frecuencia de las observaciones**

Obtenido el número de muestras para el estudio definitivo, se determina la frecuencia y el horario en el que se van a tomar las observaciones

### **3.8 Estudio definitivo**

Una vez determinado el tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones, se procede a realizar el estudio definitivo.

Para asegurar que las observaciones fueran aleatorias, se utilizó la tabla de números aleatorios, el método consiste en colocar nuestro lápiz al azar sobre un dígito de la tabla. Si es impar usaremos los números aleatorios de la **tabla I del apéndice C**; si fuera par emplearíamos los números aleatorios de la **tabla II del apéndice D**. El primer número de

dos cifras a la derecha del mismo, y que sea menor de 26 (número de columnas), puede ser utilizado para indicar en qué columna hay que comenzar, y el siguiente número de dos cifras a su derecha puede indicar la fila. Cuando el punto inicial ha sido escogido, el movimiento en cualquier dirección dará una muestra al azar de números<sup>16</sup>.

### **3.9 Elaboración del diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es otra de las herramientas utilizadas en programas de mejoramiento de la calidad para identificar y separar en forma crítica los pocos proyectos que provocan la mayor parte de los problemas de calidad. Este sistema debe su nombre al economista italiano del siglo XVIII Wilfredo Pareto, quién observó que 80% de la riqueza de una sociedad estaba en manos de 20% de las familias. Es Juran el que toma este principio y lo aplica a la mala distribución de las causas de un problema al decir que el 80% de los efectos de un problema se debe a solamente 20% de las causas involucradas.

El diagrama de Pareto es una gráfica de dos dimensiones que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas, empezando por las de mayor magnitud.

De este proceso se obtiene el proyecto seleccionado para mejoramiento<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> Acheson J. Duncan, 1974, pp. 19-21.

<sup>17</sup> Cantú Delgado, Humberto, 2000, pp.228-229.