

# Reporte Final de Estadía

Wilfredo Tapia Guendulay

Análisis de tiempos perdidos en los equipos más  
problemáticos por departamento



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa

Central El potrero

Nombre del proyecto  
Análisis de tiempos perdidos en los equipos más problemáticos por  
departamento

Presenta  
Wilfredo Tapia Guendulay

Cuitláhuac, Ver. A 18 de Abril del 2018.



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial  
Ing. Marco Antonio Cossío Flores

Nombre del Asesor Académico  
Ing. Ignacio Z. Lara Salazar

Jefe de Carrera  
Ing. Gonzalo Malagón Gonzales

Nombre del Alumno  
Wilfredo Tapia Guendulay

## Contenido

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Objetivos .....	1
1.4 Definición de variables.....	2
1.5 Hipótesis .....	2
1.6 Justificación del Proyecto (por qué se debe hacer).....	3
1.7 Limitaciones y Alcances .....	3
1.8 La Empresa (Central El Potrero).....	4
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Proceso de elaboración de azúcar.....	8
2.2 Herramientas de los 7 pasos para la calidad .....	16
<b>CAPÍTULO 3. DEASAROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
4.1 Resultados.....	40
4.2 Trabajos Futuros.....	40
4.3 Recomendaciones.....	40
ANEXOS.....	42
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

En este proyecto se realizó un análisis de los fallos por equipos (no planeados), se recopiló información de todos los paros por fallas en los equipos en la zafra 2016-2017. Se concentró y estratificó la información y se elaboraron diagramas para identificar las principales causas con ayuda de las herramientas de control de calidad diagrama de causa y efecto, diagrama de Pareto y diagrama de Gantt para observar las posibles causas que originaron los paros de planta y así mismo poder tomar decisiones para tratar de eliminarlos (acciones correctivas). Y tener un resumen del comportamiento de los equipos con fallos en el periodo de zafra 2016-2017.

### 1.2 Planteamiento del Problema

Debido a los resultados obtenidos en la zafra pasada en base al tiempo perdido o tiempo de paros de plantas por fallos en los equipos se realizó un análisis de dicha zafra para observar las anomalías que llevaron a estos paros de plantas así mismo tratar de implementar las herramientas de control de calidad como lo son diagrama de Pareto y Diagrama de Ishikawa para la aplicación de acciones correctivas ya que estas herramientas tienden hacer más efectivas que la que actualmente utilizan como lo es la lluvia de ideas.

### 1.3 Objetivos

Analizar los fallos en los equipos que provocaron problemas en la de la zafa 2016-2017 para tratar de eliminar tiempos pedidos o tomar decisiones en base a el análisis realizado por paros en el proceso de la elaboración de Azúcar aplicando algunas herramientas de control de calidad como diagramas de causa y efecto, diagrama de Pareto y lluvias de ideas. Para poder tomar acciones correctivas enfocadas en datos verdaderos así mismo tratar de implementar las herramientas de control de calidad.

## Objetivos específicos

Analizar los fallos en los departamentos como calderas, batey, molinos y fábrica sólo en los equipos más problemáticos para poder dar solución a los mimos y observar posibles anomalías que ocasionaron los problemas.

### 1.4 Definición de variables

A continuación se presentan las variables utilizadas en el presente estudio:

Definiciones conceptuales. Los conceptos correspondientes a las variables de este estudio son los siguientes:

1.-Paro: Suspensión o término de la jornada industrial, interrupción del trabajo por actividades de diversas causas

2.-Falla: Defecto de material que merma la resistencia de una cosa

Definiciones operacionales. Los conceptos correspondientes a las variables de este estudio son las siguientes.

2.-Fallas de equipo: Fallas de los equipos o maquinaria en cualquiera de sus partes y/o refacciones. Para esto se llevara una tabla de registro de paros que se llenará cada vez que se deje de producir caña. Con esta información se realizarán paretos semanales y mensuales posteriormente los análisis de causas.

### 1.5 Hipótesis

El presente trabajo pretendió dar respuesta a la pregunta ¿Cuáles son las causas principales que originan los paros en la planta?

En relación con esta pregunta se consideró la siguiente hipótesis: las causas principales que originan los paros en planta son las fallas de los equipos o maquinaria en cualquiera de sus partes.

### 1.6 Justificación del Proyecto (por qué se debe hacer)

Es proyecto se realizó con el fin de darle solución a los problemas que se originaron por las causas se fallos en equipos así mismo tratar de implementar las herramientas de control de calidad antes mencionadas para la aplicación de acciones correctivas ya que darán mejores resultados y basados en datos reales recopilados durante el periodo de Zafra, nos dará mejores resultados que la que se lleva a cabo (lluvia de ideas)

### 1.7 Limitaciones y Alcances

Alcances:

- ✚ Disminuir los paros o tiempos perdidos por fallas en los equipos.
- ✚ Implementar los usos de las herramientas de control de calidad para obtener resultados más concretos y así mismo poder tomar decisiones más complejas para el mantenimiento en los equipos de producción de azúcar.

Limitaciones:

- ✚ Falta de información de la maquinaria y sus partes que la integran
- ✚ Tiempo limitado para para visitar la empresa.
- ✚ El escaso tiempo para la realización y aplicación del proyecto

## 1.8 La Empresa (Central El Potrero)

Central el Potrero

POTRERO 80329

Calle principal S/N, Villa General Miguel Alemán

Atoyac Veracruz. C.P. 94965

Teléfono: 273 73 5 0311

### Misión

Satisfacer los requerimientos de endulzante y energía de las industrias alimentarias y farmacéuticas, con azúcar refinado “potrero” garantizando con ello la permanencia de la fuente de trabajo de los involucrados preservando el entorno.

### Valores y principios:

Cliente: razón de ser y nuestro principal compromiso.

Competitividad: fortalecimiento y garantía de permanecía.

Responsabilidad: cumplir nos hace únicos.

Seguridad: garantizar la integridad como punto principal.

Equipo: unidad e inclusión para lograr metas.

Honestidad: valor que enaltece y crea confianza:

Familia: base fundamental y motivo de nuestro desarrollo.

## **Visión**

Ser la industria azucarera líder a nivel nacional y mundial, con diversificación de productos y operando con tecnología amigables al medio ambiente.

## **Política de calidad e inocuidad**

Es compromiso del ingenio Central el potrero elaborar azúcar refinado que cumpla con las normas y requisitos de calidad de inocuidad que satisfagan plenamente las necesidades de nuestros clientes comerciales a través de la gestión y la mejora continua del sistema de la calidad integral.

Objetivos de calidad e inocuidad

Mantener el índice de satisfacción del cliente comercial mayor a 99% aplicable a la producción de azúcar refinado del ciclo 2015-2016.

Obtener como mínimo el 99.85% del producto conforme azúcar refinado al mes.

Mantener la certificación del sistema de gestión de la calidad integral bajo las normas ISO 22000:2005 y FSSC 22000:2010.

Mantener cero rechazado por no inocuidad del producto azúcar refinado del ciclo 2015-2016.

## **POLITICA AMBIENTAL**

En el ingenio Central el potrero tenemos el compromiso de prevenir y reducir la contaminación generada durante el desarrollo de nuestras actividades productivas. Mini minimizando los impactos ambientales adversos en requisitos legales aplicables y mejorando continuamente el desempeño ambiental.

## **Historia del ingenio Central el potrero 80329**

La industria azucarera mexicana se remota a la época de la colonia, el primer ingenio con refinería en México fue “El Potrero” construido por la Cía. Nacional refinación de azúcar entre 1905 y 1908.

El ingenio ha sido operado bajo las razones nacionales siguientes Cía. Nacional refinadora de azúcar hasta 1909, unidad industrial hacienda “el potrero” hasta 1925, Cía. Manufacturera “el potrero”, S.A. hasta 1975 fue dirigido por su propietario el sr. Don Erich Koenig, visionario industrial creador de las actuales instalaciones fabriles, quien en el año de 1963 realiza la ampliación a dos tándem de molienda y la remodelación total de la factoría en un lapso de tiempo record, y además llevo esta empresa al primer plano en la industria azucarera nacional, y la dio a conocer en el ámbito internacional.

Desde 1975 hasta noviembre de 1988, fue una empresa paraestatal presidida por el director general de azúcar, S.A. a partir del 28 de noviembre de 1988 la empresa zafra, S.A. de C.V. adquirido “el potrero”. De 1993 a septiembre del 2001 fue administrado por el consorcio azucarero caze, S.A. de C.V. actualmente a partir de la expropiación del 3 de septiembre a la fecha es administrada por el gobierno a través de la SAGARPA.

En los últimos años el ingenio ha refinado no solamente el azúcar que proviene de sus cañaverales, sino también la de otros ingenios de tal manera que el periodo productivo a cubierto hasta 11 meses del año.

## **CERTIFICACIONES**

ISO 9001:2008

Es compromiso del ingenio el potrero elaborar azúcar refinado que cumpla con las normas y requisitos de calidad e inocuidad que satisfagan plenamente las necesidades de nuestros clientes comerciales a través de la gestión y la mejora continua del sistema de gestión de la calidad integral.

ISO 22000:2005

En el INGENIO EL POTRERO tenemos el compromiso de prevenir y reducir la contaminación generada durante el desarrollo de nuestras actividades productivas, minimizando los adversos en el medio ambiente.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Proceso de elaboración de azúcar

El proceso industrial para la fabricación de azúcar implica la aplicación de varios procesos para convertir el jugo de caña en cristales y depurarlos de manera natural de impurezas que pudieran resultar dañinas para el organismo

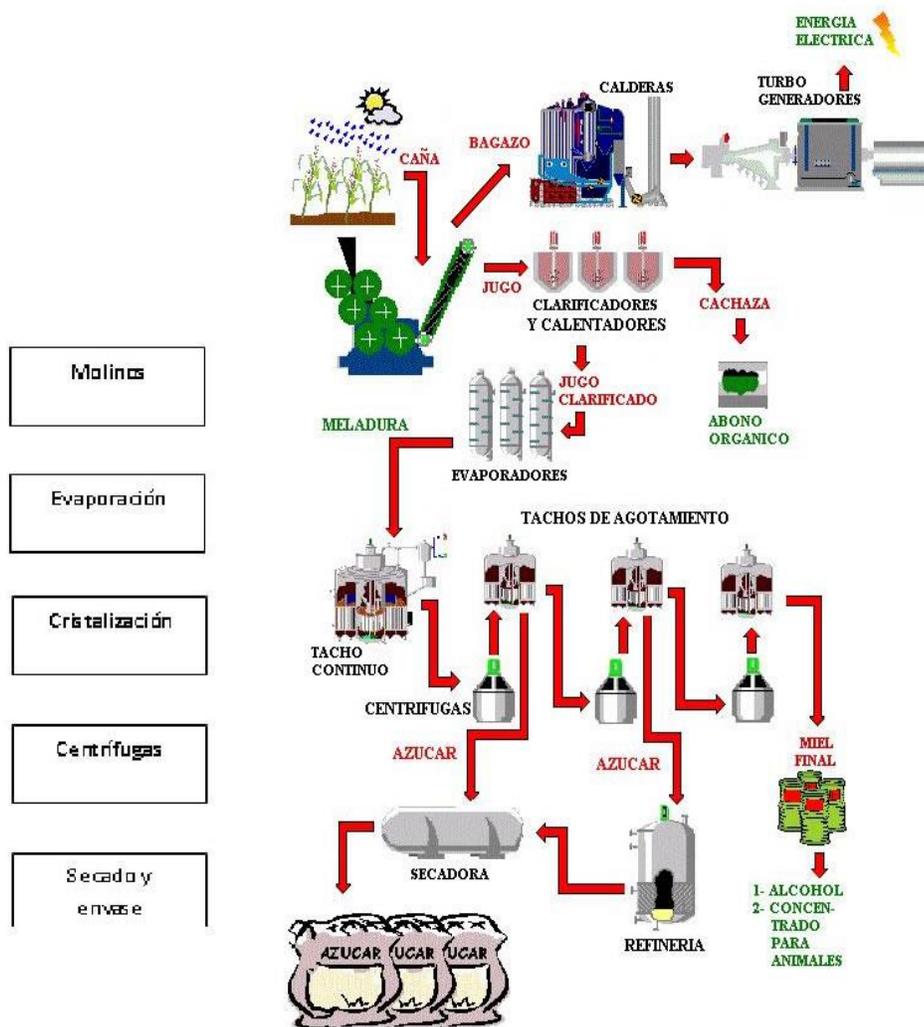


Figura 2.1 Imagen que ilustra el proceso de Elaboración de azúcar

El proceso de fabricación consta de los siguientes subprocesos:

- a. Entrada
- b. Molienda
- c. Clarificación d. Evaporación
- e. Cristalización
- f. Separación
- g. Refinado
- h. Secado
- i. Envasado

#### **a) Entrada**

Inicia con el peso en básculas de las unidades que transportan la caña de azúcar en el ingenio y que se encuentran al ingreso del área industrial. Además en esta parte se determina la calidad de la materia prima, tomando muestras que se analizan continuamente en el laboratorio de control de calidad.

La caña que llega a la fábrica se descarga sobre las mesas de alimentación por medio de viradores de caña con capacidad de 50 TM. Para tener un proceso más limpio, en las mesas de caña se aplica agua entre 110 y 120 °F para lavado, eliminando así sólidos o materia extraña como la tierra, sales, minerales, piedras y otros que se adhieren a ella en el campo durante el alce a las jaulas que la transportan hacia la fábrica. Luego la caña se somete a un proceso de preparación que consiste en romper y desfibrar las celdas de los tallos por medio de troceadoras, picadoras oscilantes y desfibradoras, para poder pasar al proceso de extracción del jugo.

## **b. Molienda**

Este es un proceso continuo que actualmente se realiza en tres tándemes de molinos con capacidad de molienda diaria total de 32.200 TM, distribuido en tándem “A” (9,000 TM); tándem “B” (11,040 TM) y tándem “C” (11,960 TM).

Hacia estos tándems se alimenta con caña preparada, la cual es sometida a una serie de extracciones utilizando molinos de rodillo o mazas y todos los molinos son de cuatro masas rayados en forma de “V”. Para hacer más eficiente el proceso de molienda, los jugos pobres de los molinos posteriores se aplican nuevamente en el proceso (proceso de maceración) y en el último molino se aplica agua caliente con temperatura entre 155-179 °F para aumentar la extracción. El bagazo es un subproducto industrial que se transporta hacia el sistema de calderas para usarlo en calidad de biomasa como combustible. El sobrante tiene como destino la hidrolización y reserva para cubrir paros de emergencia.

## **c. Clarificación**

El jugo proveniente de los molinos pasa por calentadores, que llegan a temperaturas entre 140 y 155 °F. Luego pasa por la torre de sulfatación, bajando el PH para producir azúcar blanco únicamente.

En esta etapa se utiliza azufre como agente decolorante; luego mediante la edición de la bachada de cal entre 6 y 10 baume se neutraliza el jugo. El calentamiento del jugo se realiza en tres etapas; la primera por vapor vegetal de 5.0 psi alcanzando temperaturas entre 175 y 185 °F; la segunda por vapor de 5.0 psi alcanzando temperaturas entre 205 y 215 °F y la última con vapor de 10 psi para rectificación del jugo en forma automática. Con el proceso anterior se logra que el jugo, al ser liberado a presión atmosférica, sufra una pequeña evaporación en el tanque flash evitando que los flóculos floten o decanten con lentitud por la presencia de burbujas atrapadas en el interior. El siguiente paso es alimentar el jugo a los clarificadores a baja velocidad para permitir la concentración de lodos y que pueden ser extraídos por gravedad en

un clarificador SRI y con bombas en los Rapi Door 444. En la etapa final de este proceso se utilizan coladores vibratorios con malla 110 mesh para la eliminación de bagacillo y evitar que llegue al producto final. Los filtros de cabeza son parte indispensable del proceso, pues sin ellos, la pérdida de sacarosa en la cachaza sería significativa.

#### **d. Evaporación**

La operación del sistema de evaporación en la planta es de quíntuple efecto, tanto para la línea de blanco como para la línea de crudo. La operación es relativamente sencilla debido a que se fijan las condiciones de entrada, salida, nivel de cada evaporador y extracción de vapores vegetales hacia el exterior. La evaporación se realiza en evaporadores tipo Roberts en los cuales el vapor y el jugo se encuentran en cámaras separadas que fluyen en el mismo sentido. El jugo pasa de un evaporador a otro con bombas denominadas “de transferencia”. El control global de un evaporador se ejecuta a través de la estabilización de cinco factores muy importantes

- La concentración del producto final
- La presión absoluta en el último cuerpo
- La alimentación de vapor y jugo al primer evaporador
- Remoción de condensados y gases inconfesables
- El control de incrustación en cada evaporador

#### **e. Cristalización**

La cristalización o crecimiento de la sacarosa que contiene el jarabe se lleva a cabo en tachos al vacío. Estos cocimientos, según su pureza producirán azúcar crudo y azúcar blanco. Este es un proceso demorado que industrialmente se acelera introduciendo al tacho unos granos microscópicos de azúcar, denominados semillas.

La experiencia del operativo debe juzgar el punto exacto del cocimiento, para la obtención de un buen producto.

#### **f. Separación**

Los cristales del azúcar se separan de la miel restante en la centrifugas, equipos cilíndricos que giran a gran velocidad. La miel pasa a través de las telas, los cristales quedan atrapados dentro de las centrifugas y luego se lavan con agua. Las mieles vuelven a los tachos o bien se utilizan como materia prima para la producción de alcohol en las destilerías. El azúcar pasa al proceso de secado y enfriado.

#### **g. Refinación**

En el caso de la producción de azúcar blanca refinada, existe un proceso adicional, que utiliza como materia prima azúcar blanco estándar o azúcar crudo. En este proceso se disuelve el azúcar

En este proceso se disuelve el azúcar a 60 grados brix, luego se le adiciona carbón activado y tierra diatomácea. Esta solución se hace pasar por primera y segunda filtración en filtros verticales, hasta obtener un licor claro. El licor es evaporado y empieza la cristalización de los granos.

#### **h. Secado**

En el proceso de centrifugado se utiliza agua de condensado para lavar el azúcar, lo cual da como resultado humedades entre 0.3 % y 0.6%, por lo que es necesario pasarla por un proceso de secado para alcanzar niveles entre 0.2% para azúcar crudo y 0.03% para azúcares blancos.

#### **I.-envasado**

El azúcar crudo de exportación sale directamente de la secadora a las bodegas de almacenamiento. En las bodegas se carga a granel en camiones que la transportan al puerto de embarque. El azúcar blanco estándar y refinada se empaca en sacos de 50 y kg. Para ser comercializado local e internacionalmente.

## Elementos o maquinas que integran un Ingenio



Figura 2.2 Turbo generador

**Turbo generador:** es un Generador eléctrico movido por una turbina de vapor.

**La turbina** es un dispositivo mecánico que transforma una corriente de agua o de gas, a través de unas aspas o álabes, en energía cinética de un eje de giro. Si ese eje giratorio es el de un generador se convierte en energía eléctrica. Se le dice genéricamente "turbogenerador" al generador eléctrico (alternador) de bajo número de pares de polos, es decir, de elevada velocidad de giro (3000 r.p.m. o más), que normalmente son movidos por turbinas de vapor o turbinas de gas (en este caso, generalmente, con un reductor de velocidad).

**Turbogenerador:** Equipo utilizado para la generación de energía eléctrica. El término Turbo se aplica en su nombre porque es impulsado por una turbina y el término generador porque el dispositivo impulsado por la turbina, es llamado generador (generador eléctrico), también se le llama grupo turbina a vapor alternador.

**Caldera:** es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. A la combinación de una caldera y un sobre calentador se le conoce como generador de vapor.

El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor.

#### Conductor de caña y su funcionamiento

El conductor de caña, es la banda transportadora que lleva la caña desde las mesas alimentadoras hasta el tándem de molinos.

Por lo general son dos conductores denominados: Principal y Secundario. El conductor Secundario recibe la caña de las mesas alimentadoras, y el Conductor Principal recibe la caña del secundario y entrega ésta a los molinos. Los conductores son impulsados por motores eléctricos con accionamientos hidráulicos, la velocidad es regulada por un posicionador neumático que actúa sobre la bomba hidráulica. Las velocidades de estos conductores oscilan entre 0-20 m/min. Para el principal y entre 0-8 m/min. Para el secundario.



Figura 2.3 Conductor de caña

**Segundo juego de cuchillas:** este equipo se encuentra en al área denominada BATEY donde la caña es enviada por el conductor de caña a las cuchillas picadoras son 3 juegos de cuchillas las cuales se encargan de picar la caña para posteriormente pasar a la desfibradora y poder llegar al área de extracción y hacer más fácil la recolección de jugo. Para seguir el proceso de elaboración de azúcar.

**Conductor: de bagazo:** ofrecen la alternativa más económica y eficiente de manejar el bagazo para introducirlo directamente a las calderas, su tarea es conducir el bagazo proveniente del molino al área de calderas para utilizarlo como combustible e introducir vapor a la fábrica para su funcionamiento

**Conductor intermedio Donelly:** su función es transportar la caña de un molino al siguiente para realizar al máximo la recolección de jugo proveniente de la caña para la elaboración de azúcar.



Figura 2.4 Conductores Donelly

### **Turbinas de vapor:**

Una turbina de vapor es una turbo maquina motora, que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (entiéndase el vapor) y el rodete, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o álabes los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético.

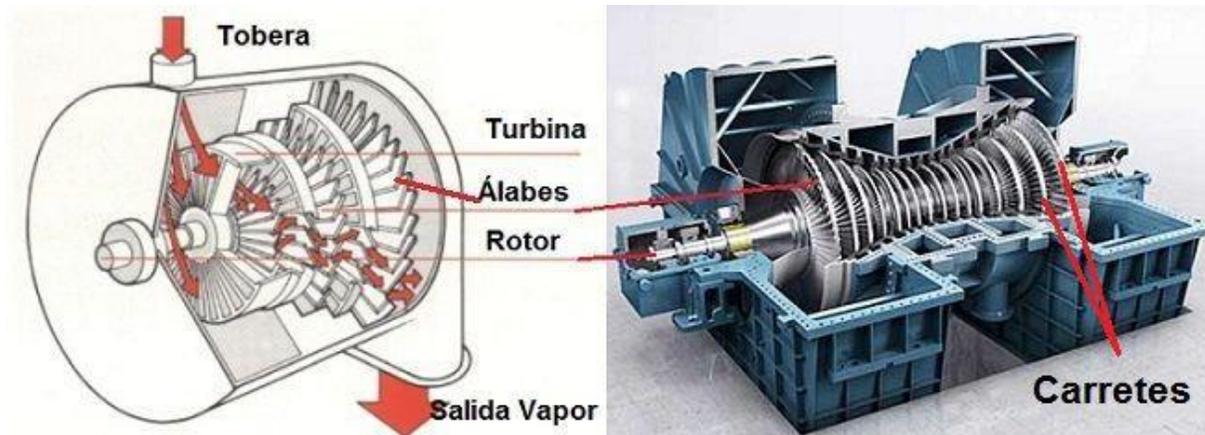


Figura 2.5 imagen de turbina

## 2.2 Herramientas de los 7 pasos para la calidad

Se realizará un análisis de tiempo perdido de la zafra pasada aplicando algunas de las herramientas de control calidad para saber qué departamento ha tenido más tiempos perdidos y que equipos son los que ha tenido más paros por fallas y porque para poder tomar decisiones sobre ello y así mismo tratar de implementar las herramientas de control de calidad como Diagrama de causa y efecto y diagrama de Pareto, así mismo, para las aplicaciones de acciones correctivas y así tener resultados más específicos acerca de los fallos en los equipos.

Para la realización de este proyecto se aplicaran la metodología de los 7 pasos para la ruta de la calidad.

La ruta de la calidad es un procedimiento para solucionar problemas. En los términos usados en ella, un problema se define de la siguiente manera:

La solución para un problema es mejorar el resultado deficiente hasta lograr un nivel razonable. Las causas de los problemas se investigan desde el punto de vista de los hechos y se analiza con precisión la relación entre causa y efecto. Se evitan estrictamente las decisiones sin fundamento basadas en la imaginación o en la teoría desde un escritorio, debido a que los intentos por solucionar los problemas con base

a esas decisiones orientan en decisiones equivocadas, lo cual lleva al fracaso o a demora de la mejoría. Se diseñan y se implementan medidas que contrarresten el problema para evitar que los factores casuales vuelvan a presentarse. Este procedimiento es una especie de recuento o representación de las actividades del control de calidad, y por eso la gente lo llama la ruta de calidad.

Metodología de los 7 pasos para la calidad.

1. Problema
2. Observación
3. Análisis
4. Acción
5. Verificación
6. Estandarización
7. Conclusión

.

### **DEFINIR EL PROYECTO (Problema)**

**Objetivo:** Definir y delimitar el problema o proyecto reconociendo su importancia.

**Herramientas:** Lluvia de ideas, matriz de prioridades, Histogramas, Gráficos de control, Diagrama de Pareto.

Siempre que se aborde un proyecto de calidad, es importante partir de unos requerimientos claros y precisos; de manera que el problema quede muy bien delimitado en función del alcance, de la meta y del impacto que el mismo persigue.

Las actividades que se abordan en la definición del proyecto son las siguientes:

Definición del proyecto: Estado actual y estado deseado.

Recolección de datos, organización y análisis de información asociada con el problema, sus causas y sus efectos.

Establecimiento del grado de mejora; fijación del horizonte de tiempo del primer ciclo de mejora (PHVA).

Establecimiento de metas de corto y mediano plazo.

## **2. Observación**

**Objetivo:** Investigar la situación con espíritu analítico y crítico desde diferentes puntos de vista y acudiendo a diversas disciplinas.

**Herramientas:** Gráficos de control, gráficos de línea, Curso gramas o diagramas de flujo, Histogramas.

"Varios fenómenos en los resultados pueden descubrirse cuando se observa la situación actual desde diferentes perspectivas". Es necesario entonces determinar todas las variables y parámetros que gobiernan el sistema objeto del estudio, con el fin de predecir sus efectos y por ende descubrir las pistas de resolución que se encuentran en el problema mismo.

Vale la pena considerar que uno de los principales objetivos de esta fase consiste en, de ser necesario, atajar efectos negativos por medio de medidas temporales y sintomáticas.

## **3. ANÁLISIS**

**Objetivo:** Descubrir las causas fundamentales del problema.

**Herramientas:** Diagrama de Ishikawa, Diagrama de dispersión, Diagrama de Pareto.

Establecer las causas principales del problema implica plantear inicialmente unas hipótesis y comprobar su relación con el efecto puesto que en la Ruta de la Calidad, las causas son determinadas científicamente (hechos y datos).

Las actividades que se abordan en el análisis son las siguientes:

Planteamiento de hipótesis.

Comprobación de hipótesis.

Determinación de causas raíces.

Valoración de impacto de las causas.

#### **4. ACCIONES**

**Objetivo:** Determinar un plan de acción efectivo.

**Herramientas:** Lluvia de ideas, Diagrama de Gantt.

Las primeras acciones bien pueden haber comenzado a determinarse en la situación actual, claro está, son acciones de naturaleza sintomática, temporal; que mitigan efectos negativos y/o aseguran la continuidad de los procesos con el mínimo impacto adverso al sistema.

Por otro lado, las acciones raíces, es decir, de naturaleza preventiva y causal, están dirigidas a eliminar las causas de los errores, a asegurar su no repetición. Las actividades que se abordan en las acciones son las siguientes:

Realizar una lluvia de ideas sobre las posibles acciones preventivas o acciones para la implementación del proyecto.

Seleccionar varias alternativas con base en efectividad, factibilidad, costo, aceptación, ventajas, desventajas.

Evaluar efectos colaterales, al mismo tiempo que se descartan alternativas.

Involucrar al equipo directamente implicado en el proceso en la elección de las alternativas, del mismo modo en la implementación.

Realizar pruebas piloto.

Establecer indicadores de rendimiento y directrices de control.

## 5. EJECUCIÓN

**Objetivo:** Llevar a cabo el plan de acción, documentando los resultados.

**Herramientas:** Hojas de verificación.

La ejecución corresponde a la segunda fase del ciclo PHVA, es decir, un paso más allá del plan. Las acciones preventivas y causales deben ejecutarse según lo establecido en toda la fase de planeación; dicha implementación debe realizarse con la participación activa del equipo involucrado directamente en los procesos afectados, al mismo tiempo que debe ser monitoreado de forma constante.

Las actividades que se abordan en la ejecución son las siguientes:

Involucrar al personal del proceso.

Entrenar al equipo de implementación.

Hacer seguimiento permanente a la ejecución del plan de acción

Registrar toda la información posible, utilizando los indicadores establecidos para identificar la situación actual.

## 6. VERIFICACIÓN

**Objetivo:** Verificar si las acciones ejecutadas han sido efectivas.

**Herramientas:** Gráficos de control, gráficos de línea, histogramas.

La verificación de las acciones no solo depende de la recolección de información del proceso de ejecución; también precisa de los indicadores que lograron revelar el estado de la situación actual (antes de la implementación de acciones).

De manera que la verificación consiste en comprobar la efectividad de las acciones considerando los resultados parciales y/o finales y la situación inicial. Recuerde que el éxito de la Ruta de la Calidad se mide en función de la productividad, de manera que debe evaluarse con espíritu crítico en los términos en los cuales está establecida la meta del proceso.

En caso de que los resultados no sean los esperados, es decir, no sean efectivos, debe retomarse el segundo paso de la metodología.

## **7. ESTANDARIZACIÓN**

**Objetivo:** Prevenir la reaparición del problema.

**Herramientas:** Manuales de procedimientos.

Un ciclo PHVA transita en ascenso por medio de mejoras incrementales en la pendiente inclinada del devenir de los procesos; en cuyo caso, la cuña que asegura que no se vuelva gradualmente a las prácticas anteriores es la estandarización.

Las actividades que se abordan en la estandarización son las siguientes:

Elaborar un nuevo diagrama de flujo, plano, diagrama de distribución, plan operativo estándar, o simplemente un nuevo manual de procedimientos.

### **DOCUMENTAR**

El objetivo de la fase de documentación del cierre del proyecto consiste en recapitular información que servirá como guía y derrotero para futuros proyectos. De

Manera que en esta fase el equipo deberá revisar el proceso llevado a cabo y los resultados obtenidos.

Es necesario cerrar el proyecto con un reporte final de la Ruta de la Calidad, se recomienda mediante el uso de Makigamis.

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario utilizar también como apoyo las herramientas de control de calidad que permitirán estudiar los problemas donde está ocurriendo el fallo. Y proporcionar soluciones. A continuación se explicaran algunas herramientas de control de calidad teóricamente.

1. Diagrama de Pareto
2. Diagrama de Causa - Efecto
3. Diagrama de Grant
4. Gráficos de Control
5. Lista de Verificaciones
6. Lluvia de Ideas

A continuación se describirán cada una de ellas:

#### Las 7 Herramientas Básicas de la Calidad

Las siete herramientas básicas de calidad es una denominación dada a un conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas enfocados a la calidad de los productos. Se conocen como “herramientas básicas” ya que son adecuadas para personas con poca formación en materia de estadísticas.

Las siete herramientas básicas son:

- 1. Diagrama de Ishikawa:** también llamado diagrama de causa-efecto o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de

problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios.

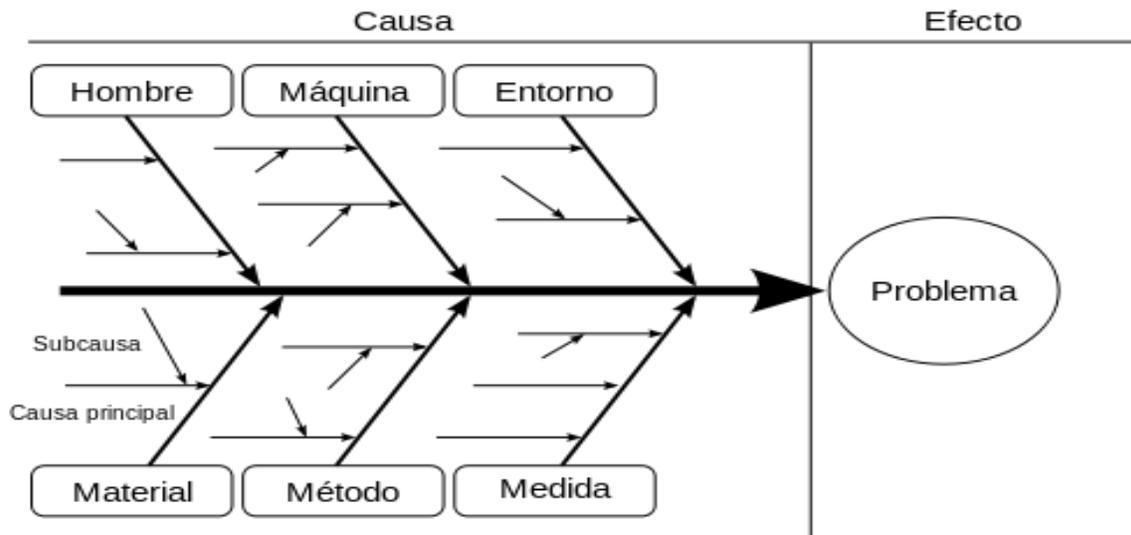


Figura 2.6 Diagrama de causa y efecto

## SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE CALIDAD (Ingeniería Industrial)

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

Cómo interpretar un diagrama de causa-efecto:

1.- *El diagrama causa-efecto* es un vehículo para ordenar, de forma muy concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Es importante ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías. Sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos podemos probar las causas de los fenómenos observables. Errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los

síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante.

2.- *Hoja de Verificación*: también llamada hoja de control o de chequeo, es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. Esta técnica de recogida de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro.

HOJA DE VERIFICACIÓN		No. _____															
NOMBRE DEL SERVICIO: _____	FECHA: _____																
AREA: _____	DELEGACIÓN: _____																
ESPECIFICACIÓN: _____	UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN: _____																
Nº. DE INSPECCIONES: _____	NOMBRE DEL EMPLEADO: _____																
OBSERVACIONES: _____	NOMBRE DEL GRUPO: _____																
DIMENSIONES																	
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
40																	
35																	
30																	
25																	
20																	
15																	
10																	
5																	
0																	
	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2
	FRECUENCIA																
	O TOTAL																

3.- *Gráfico de Control*: es una representación gráfica de los distintos valores que toma una característica correspondiente a un proceso. Permite observar la evolución de este proceso en el tiempo y compararlo con unos límites de variación fijados de antemano que se usan como base para la toma de decisiones.

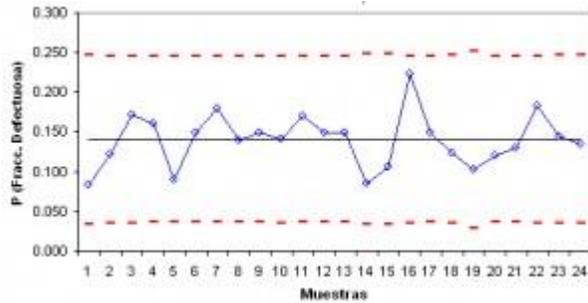


Figura 2.7

4. *Histograma*: es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos. Los histogramas son más frecuentes en ciencias sociales, humanas y económicas que en ciencias naturales y exactas. Y permite la comparación de los resultados de un proceso.

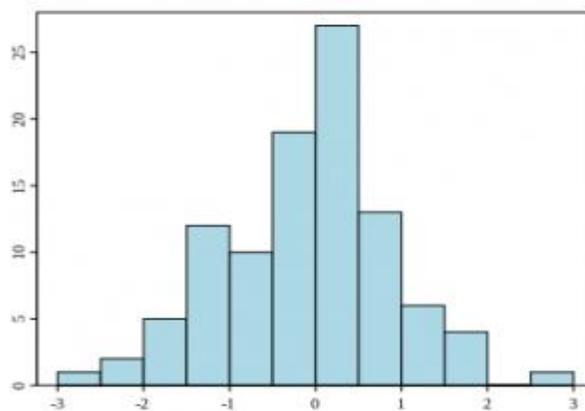


Figura 2.8 histograma

5.- *Diagrama de Pareto*: también llamado curva 80-20 o distribución C-A-B, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente

a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los “pocos vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha.

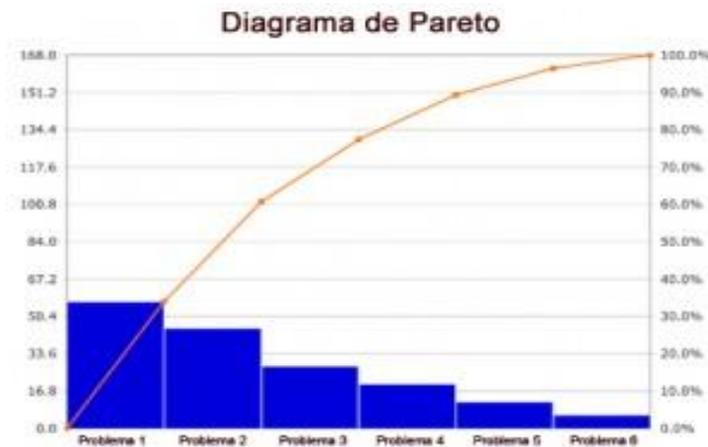


Figura 2.9 ejemplo de diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es fácil de entender y utilizar; sin embargo, es importante tener en cuenta lo siguiente:

Datos recolectados durante un corto período de tiempo, especialmente de procesos inestables, pueden llevar a conclusiones incorrectas. Debido a que los datos podrían no ser confiables, usted podría obtener una idea incorrecta de la distribución de defectos y causas. Cuando el proceso no está en control, las causas pueden ser inestables y los pocos problemas vitales pueden cambiar de una semana a la siguiente. Los períodos de tiempo cortos podrían no ser representativos de la totalidad de su proceso.

Los datos recopilados durante largos períodos de tiempo pueden incluir cambios. Busque en los datos estratificación o cambios en la distribución del problema en el tiempo.

Elija categorías cuidadosamente. Si su análisis de Pareto inicial no produce resultados útiles, es recomendable que se asegure de que sus categorías sean significativas y de que su categoría "otro" no sea demasiado grande.

Elija criterios de ponderación cuidadosamente. Por ejemplo, el costo podría ser una medida más útil para asignar prioridades en comparación con el número de ocurrencias, especialmente cuando difieren los costos de varios defectos.

Concentrarse en los problemas con la mayor frecuencia debería reducir el número total de elementos que necesitan reparación. Concentrarse en los problemas con el mayor costo debería aumentar los beneficios financieros de la mejora.

La meta de un análisis de Pareto es obtener la máxima recompensa de los esfuerzos de calidad, pero eso no quiere decir que los problemas pequeños y fáciles de resolver deban ignorarse hasta que se hayan resuelto los problemas más grandes.

6.-Diagrama de Dispersión: También llamado gráfico de dispersión, es un tipo de diagrama matemático que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos. Los datos se muestran como un conjunto de puntos, cada uno con el valor de una variable que determina la posición en el eje horizontal y el valor de la otra variable determinado por la posición en el eje vertical.

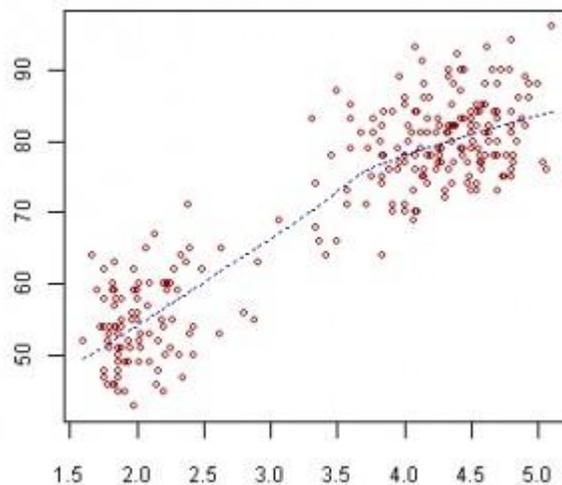


Figura 3.0 ejemplo de diagrama de dispersión

7.- Muestreo Estratificado: también conocida como estratificación, es una herramienta estadística que clasifica los elementos de una población que tiene afinidad para así analizarlos y determinar causas comunes de su comportamiento. La estratificación contribuye a identificar las causas que hacen mayor parte de la variabilidad, de esta

forma se puede obtener una comprensión detallada de la estructura de una población de datos, examinando así la diferencia en los valores promedio y la variación en los diferentes estratos.

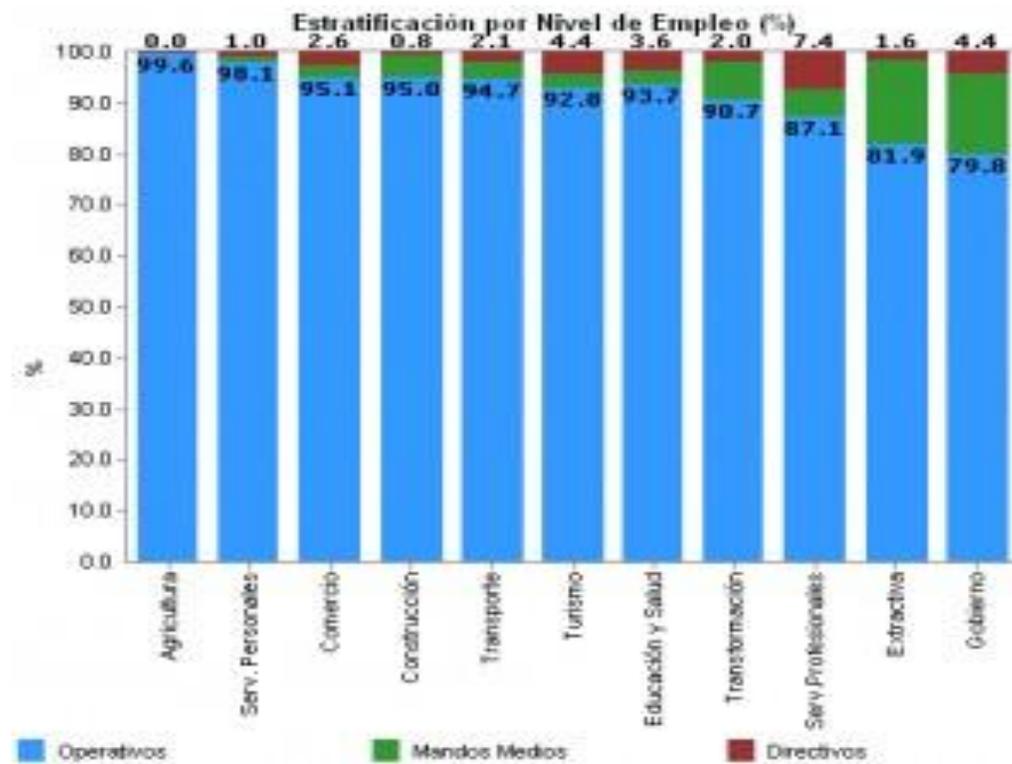


Figura 3.1 ejemplo de grafica de estratificación

### CAPÍTULO 3. DEASAROLLO DEL PROYECTO

Procedimiento:

En este apartado se relataran cada uno de los pasos que se siguieron para llevar a cabo este proyecto. (7 pasos para la calidad)

#### Determinación del proyecto.

(PASO 1 PROBLEMA Identificación del mismo)

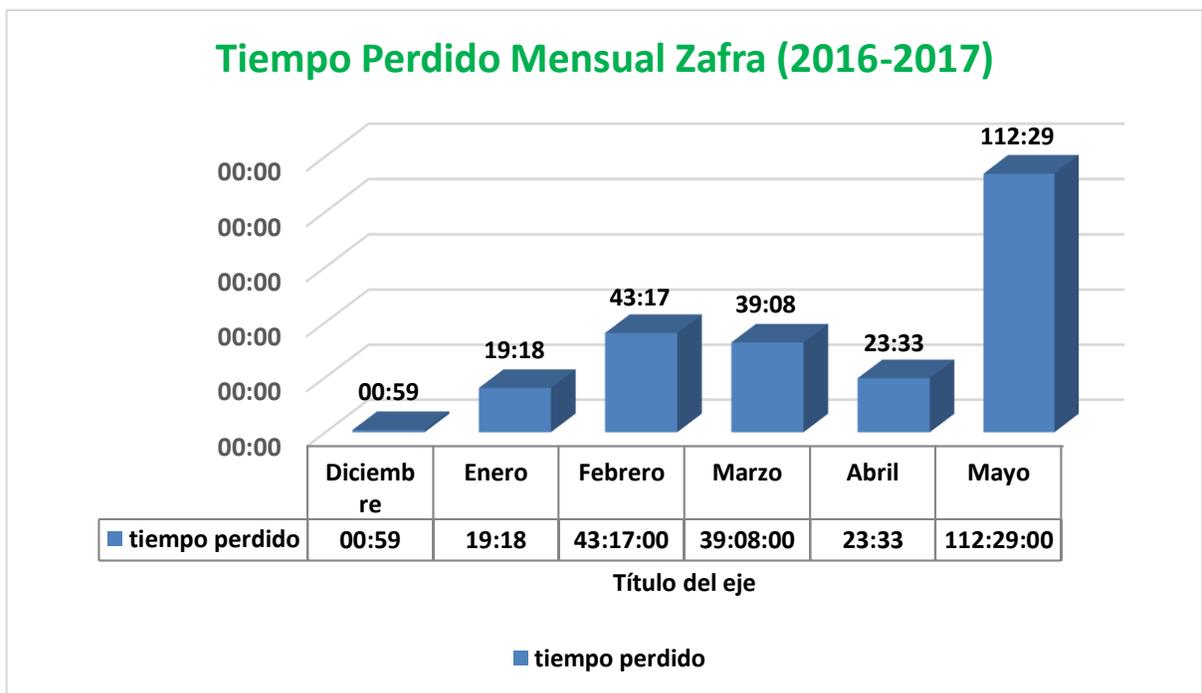


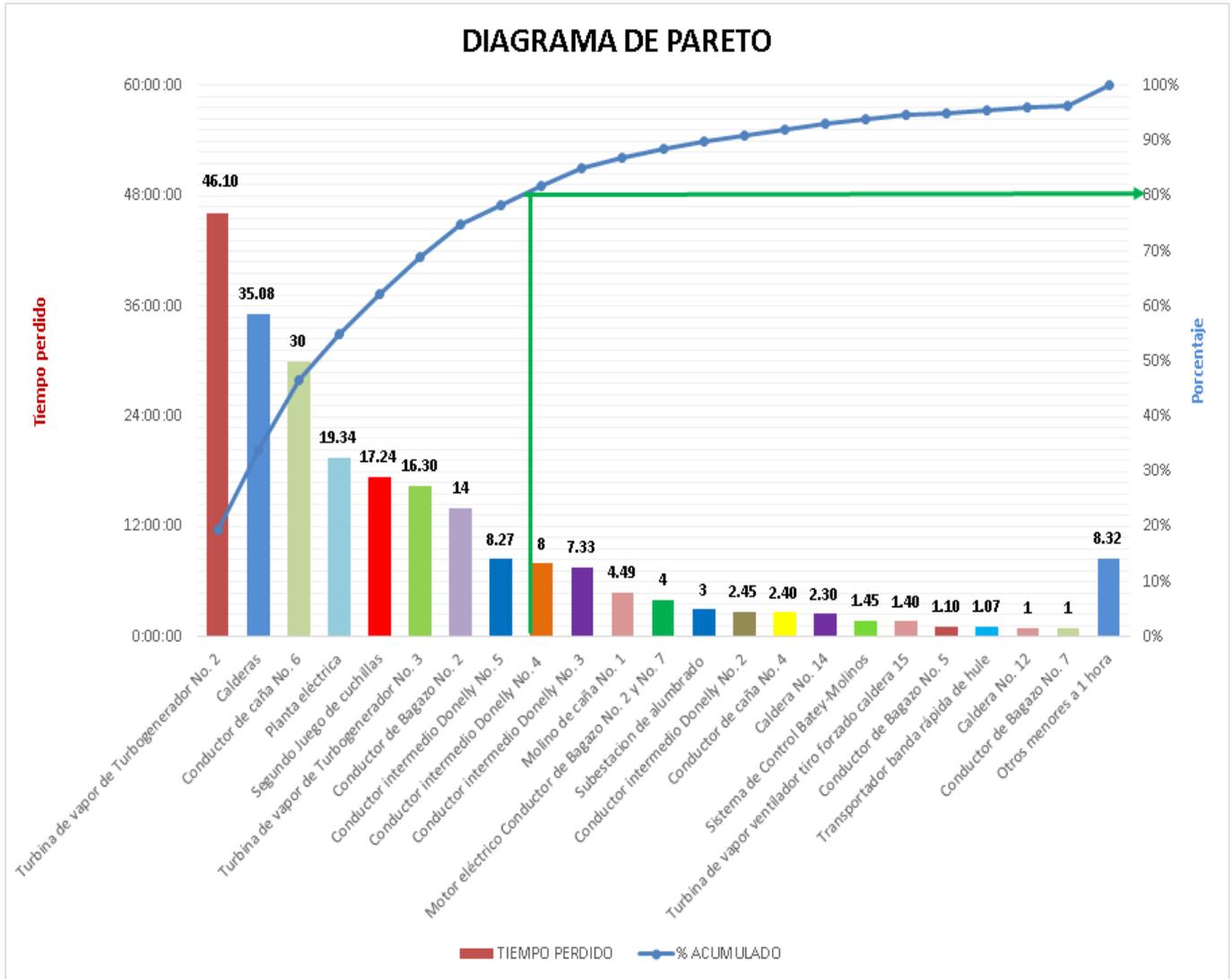
Figura 3.2 Gráfica de tiempo perdido mensual

En la gráfica anterior se muestra el comportamiento de los paros no planeados durante la zafra (2016-2017), Cabe mencionar que en el mes de diciembre solo fueron dos días los que participaron para este mes con un tiempo de 0:59 minutos, total de tiempo perdido durante esta zafra fue de 238:44 horas por fallas de equipos.

De la gráfica anterior podemos concretar que se dejaron de producir (928.4 toneladas de azúcar refinada)

## Descripción del problema

(PASO 1 OBSERVACION) Reconocimiento de las características del problema



(Figura 3.3 diagrama de Pareto)

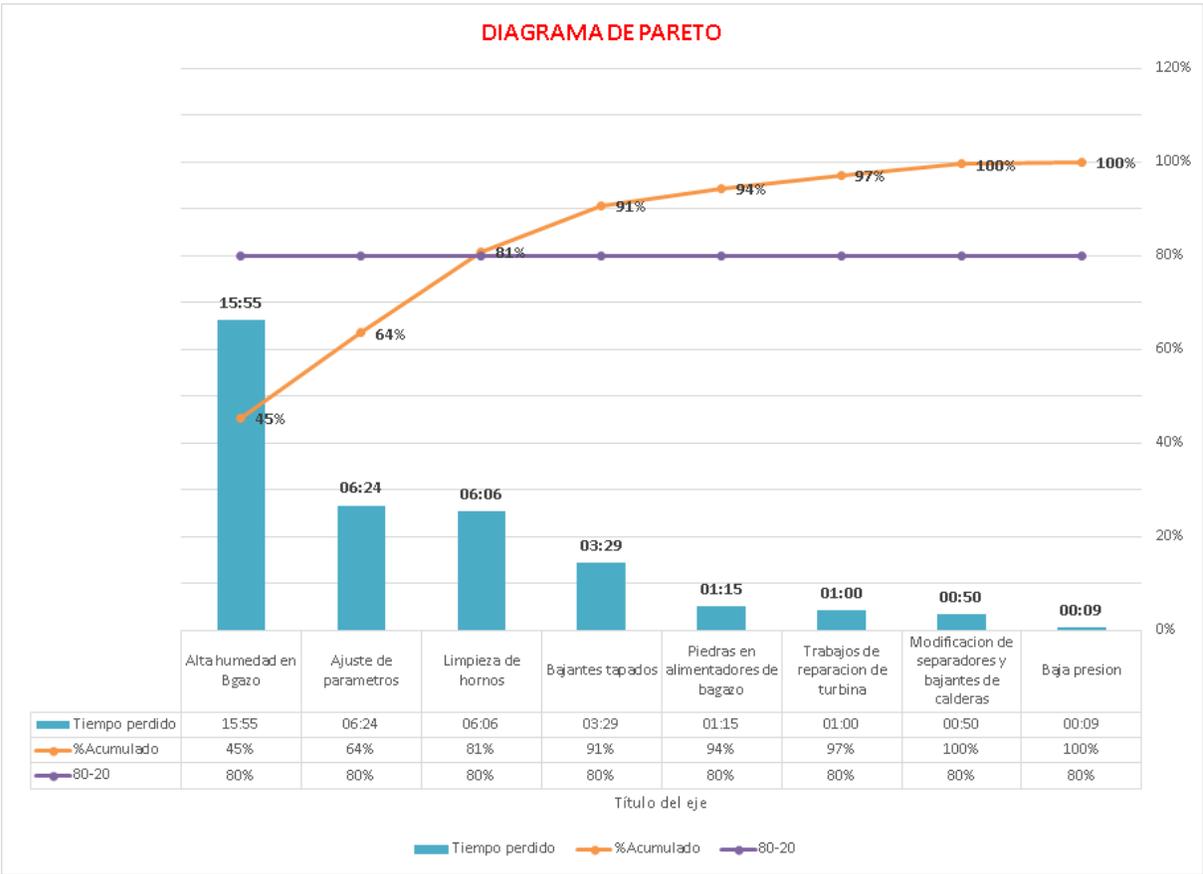
En la gráfica anterior se muestra el diagrama de PARETO con las causas de paro por fallas en equipo durante la zafra (2016-2017) en base al comprobado el principio de Pareto el 80% de las causas corresponden a las primeras 9 del diagrama: Turbina de vapor del Turbo generador No.2 (46.10 hrs), Calderas (35.08 hrs), Conductor de caña No.6 (30 hrs), Planta eléctrica (19.34 hrs), Segundo juego de cuchillas (17.24 hrs), Turbina de Vapor del turbogenerador No.3 (16.30 hrs),



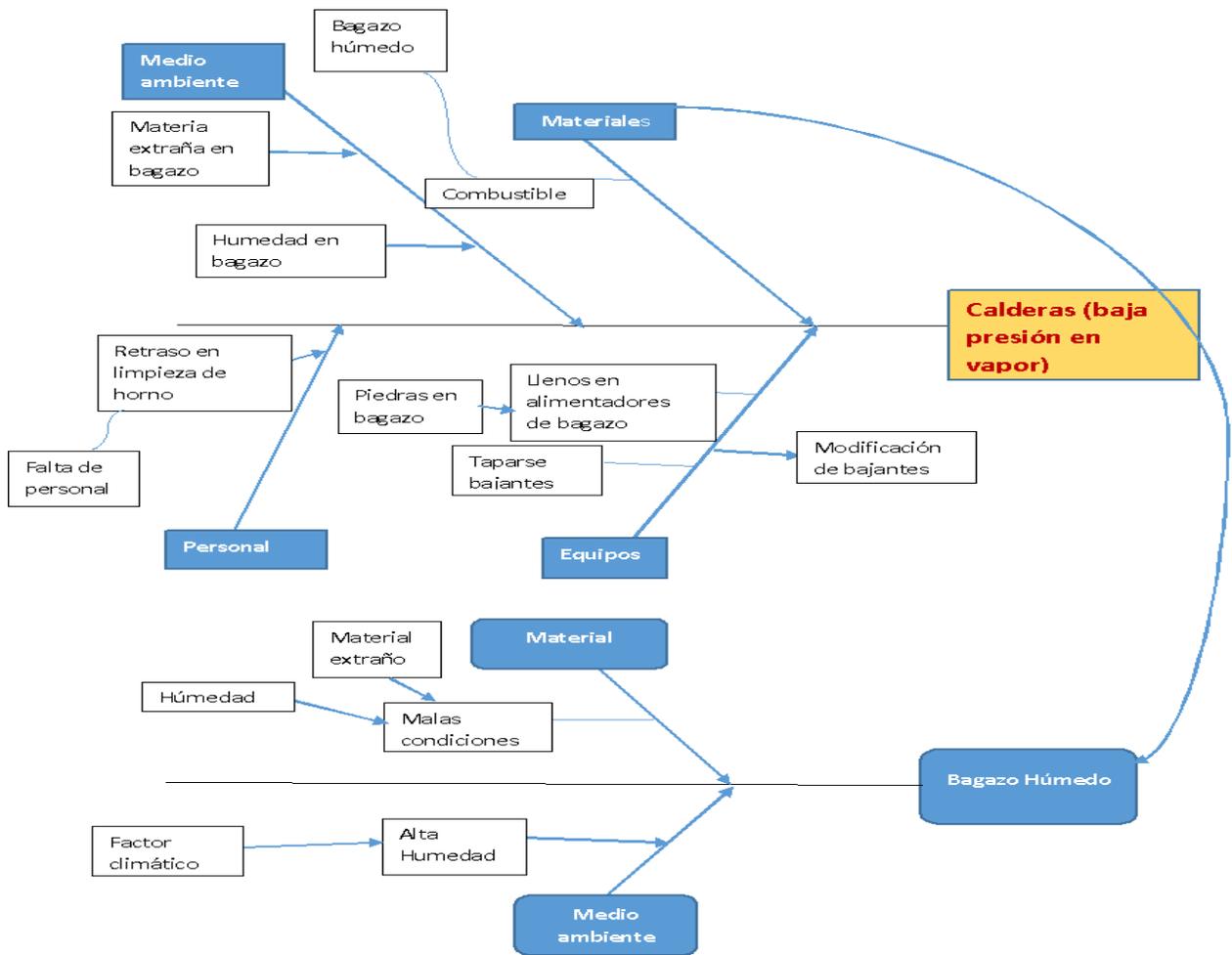
Causas principales que originaron paros de planta en la turbina del turbo generador No.2 fueron fallas en el sistema de gobernación por dañarse Zapatas axiales el tiempo perdido por esta falla fue de 45:10 hrs.

2.-Calderas (Área calderas)

Para el caso de calderas las causas que generaron los paros por baja presión de vapor se muestran en el siguiente Diagrama de Pareto, la causa más importante de la falla en calderas fue, Alta Humedad en bagazo.



(Figura 3.5 Diagrama de Pareto de los fallo en calderas)



(Figura 3.6 Causas que originaron paros de plante por baja presión de vapor)

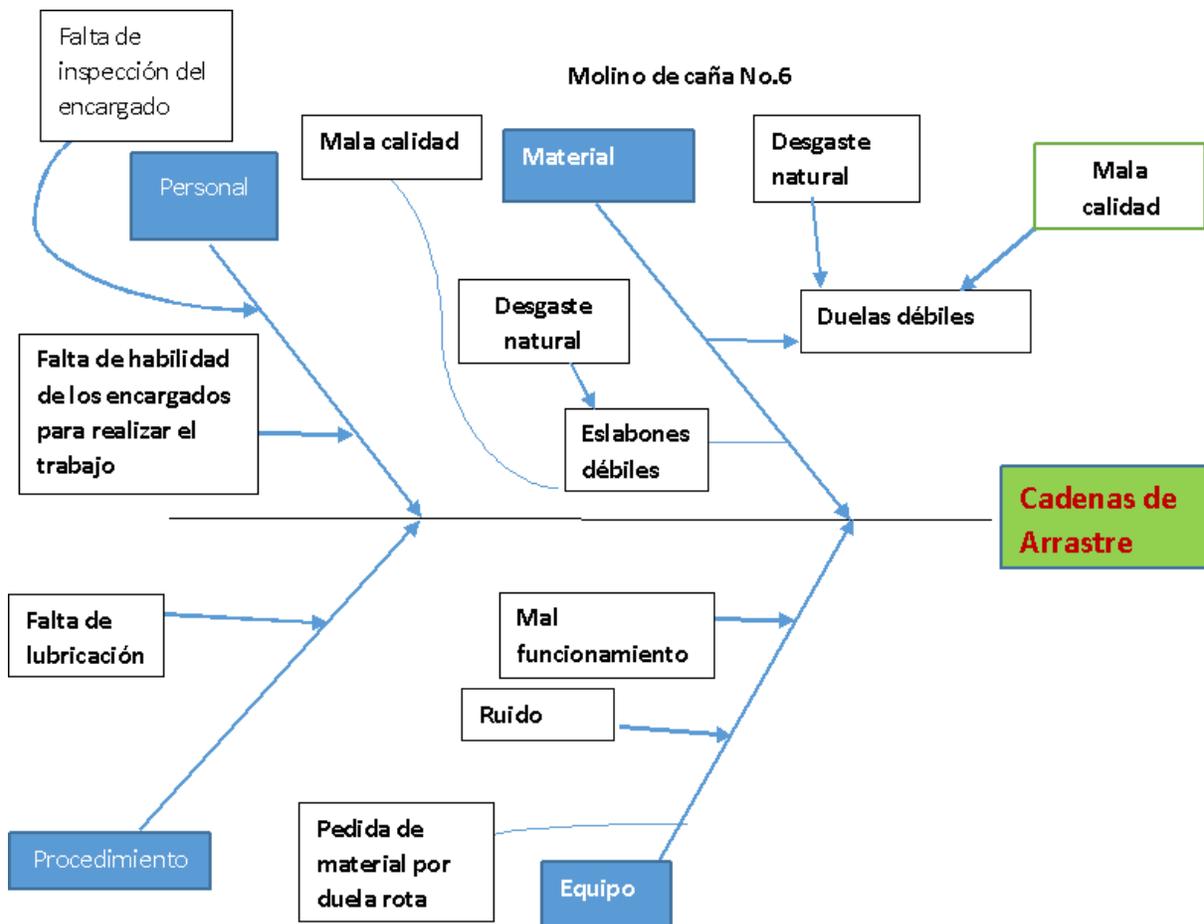
En este diagrama de Ishikawa figura 3.6 se muestran las causas que originaron baja presión en el área y equipos de calderas.

La causa que mayores paros ocasionó fue bagazo húmedo debido a la mala calidad del mismo con 15:55 hrs como se mostró en la figura 3 diagrama de Pareto.

**Recomendaciones:** verificar que el combustible (bagazo) este en buenas condiciones, comprar material de mejor calidad, y así mismo tener personal a disposición para la limpieza de los hornos.

### 3.-Conductor de caña No.6 (Área batey)

En el siguiente diagrama causa y efecto (figura 5) se muestra el análisis de las causas que originaron los paros de planta por falla en el conductor de caña No.6 que fue en las cadenas de arrastre.

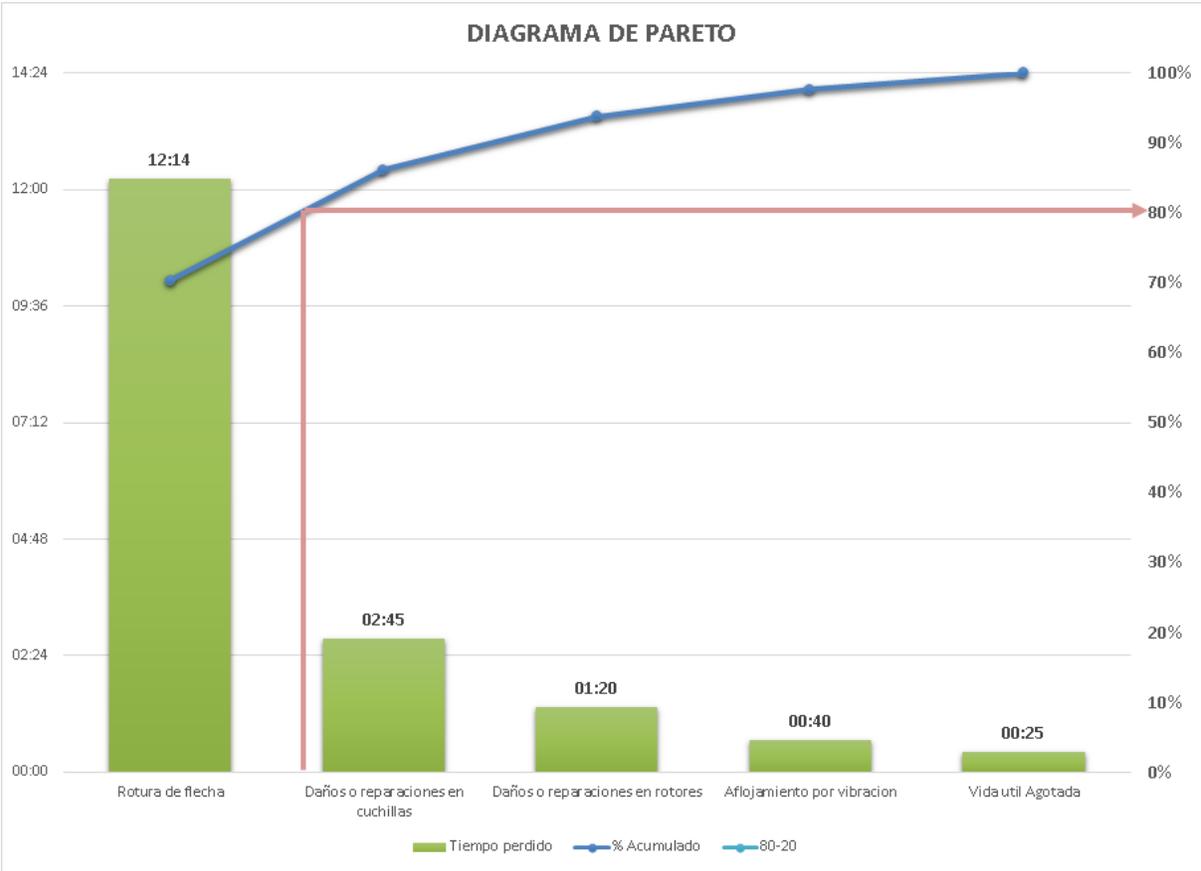


(Figura numero 3.6 Diagrama de causa y efecto de posibles fallos en la cadena de arrastre)

En el siguiente diagrama de causa y efecto mostrado en la figura 3.6 se mostraron los posibles fallos que originaron los paros de planta por fallo en la cadena de arrastre con (30:00 hrs) de Tiempo perdido.

**Recomendaciones:** Verificar que los eslabones y duelas se cambien y lubriquen correctamente, verificar que los eslabones estén en buenas condiciones y que no sean reutilizados así mismos con las duelas.

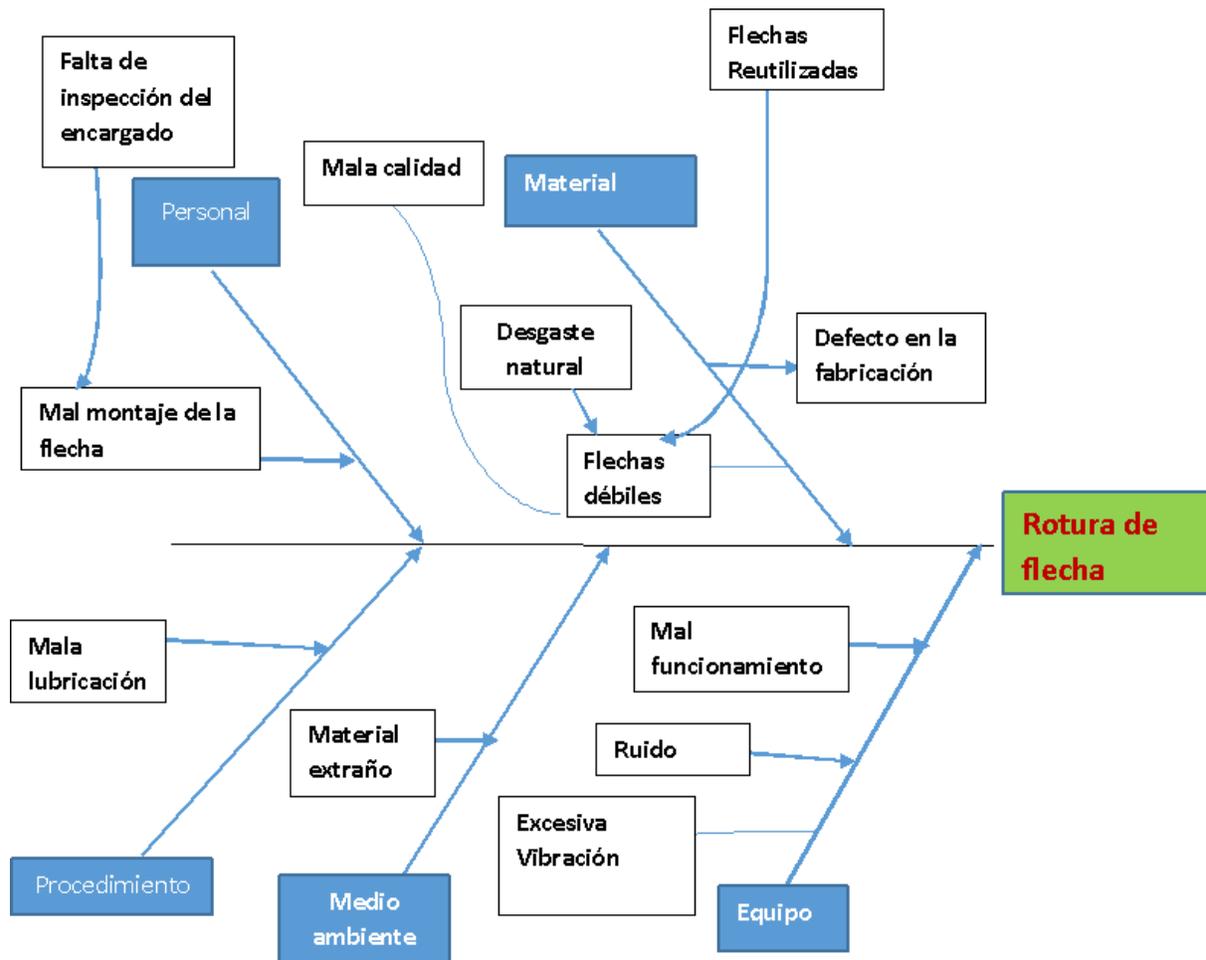
En el siguiente diagrama de Pareto se muestra los paros por fallos en el segundo juego de cuchillas.



(Figura 3.7 Diagrama de Pareto de los paros por fallos en el segundo juego de cuchillas)

En la figura No.3.7 (Diagrama de PARETO) tenemos que el problema que origino el mayor tiempo de los paros en el segundo juego de cuchillas fue la ruptura de la flecha.

## 5.-Segundo juego de cuchillas (Área Batey)

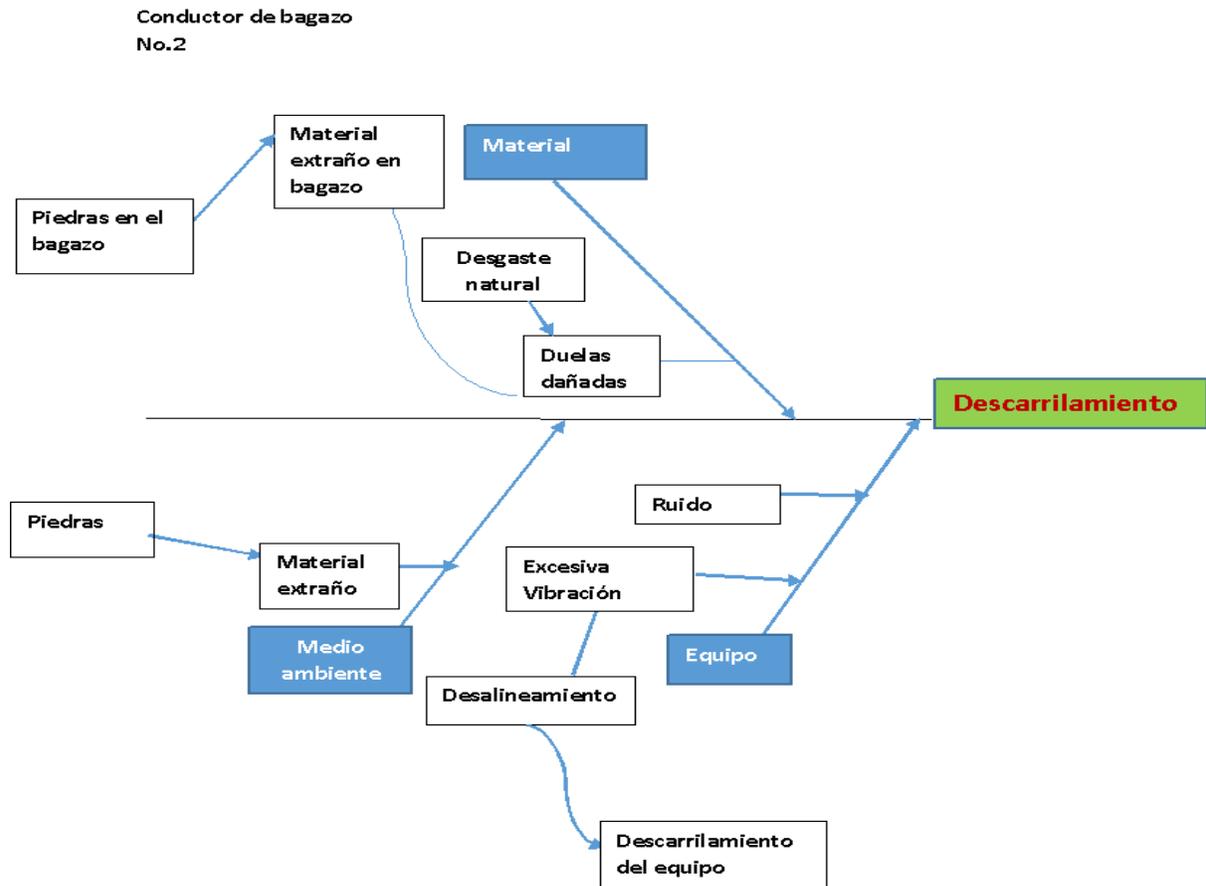


(Figura 3.8 Diagrama de causa y efecto)

En el diagrama de causa y efecto figura 3.8 se muestran las posibles causas que originaron la ruptura de la flecha del segundo juego de cuchillas teniendo 17:24 hrs de tiempo perdido durante el periodo de zafra (2016-2017).

**Recomendaciones:** verificar que las flechas se instalen correctamente, ya que la mala instalación de las mismas puede ocasionar la ruptura así mismo verificar que el material de la flecha sea de mejor calidad y tratar de no reutilizar flechas o al menos evitar tratar de que en caso de utilizar una flecha reconstruida que no sea por un periodo de largo.

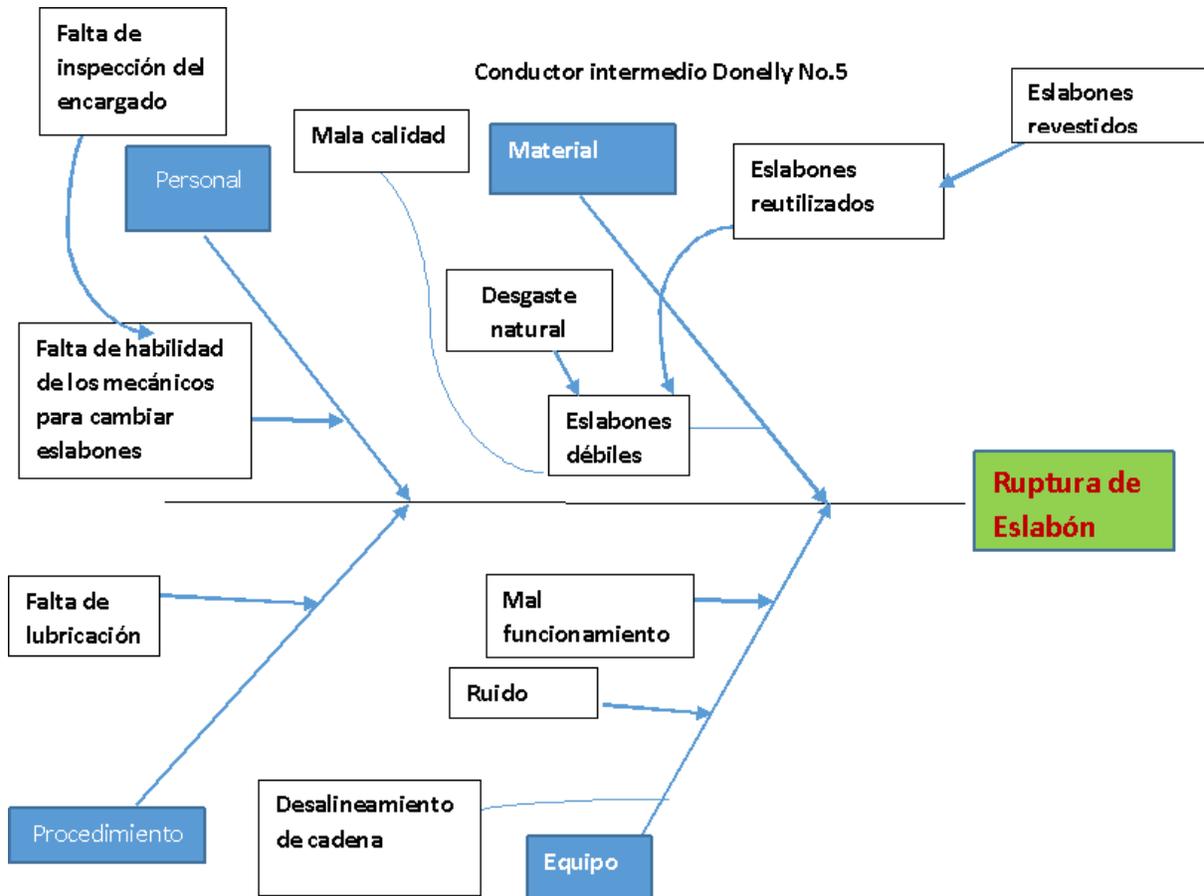
## 6.- conductor de bagazo (Calderas)



(Figura 3.9 diagrama de causa y efecto del conductor de bagazo)

En la figura 3.9 se muestra las posibles causas que originaron los paros en el conductor de bagazo No.2 que fue por materia extraña (piedras) proveniente de la materia prima (caña) tuvo un tiempo perdido de 14:00 hrs durante el periodo de zafra (2016-2017).

## 7.-Conductor intermedio Donelly No.5

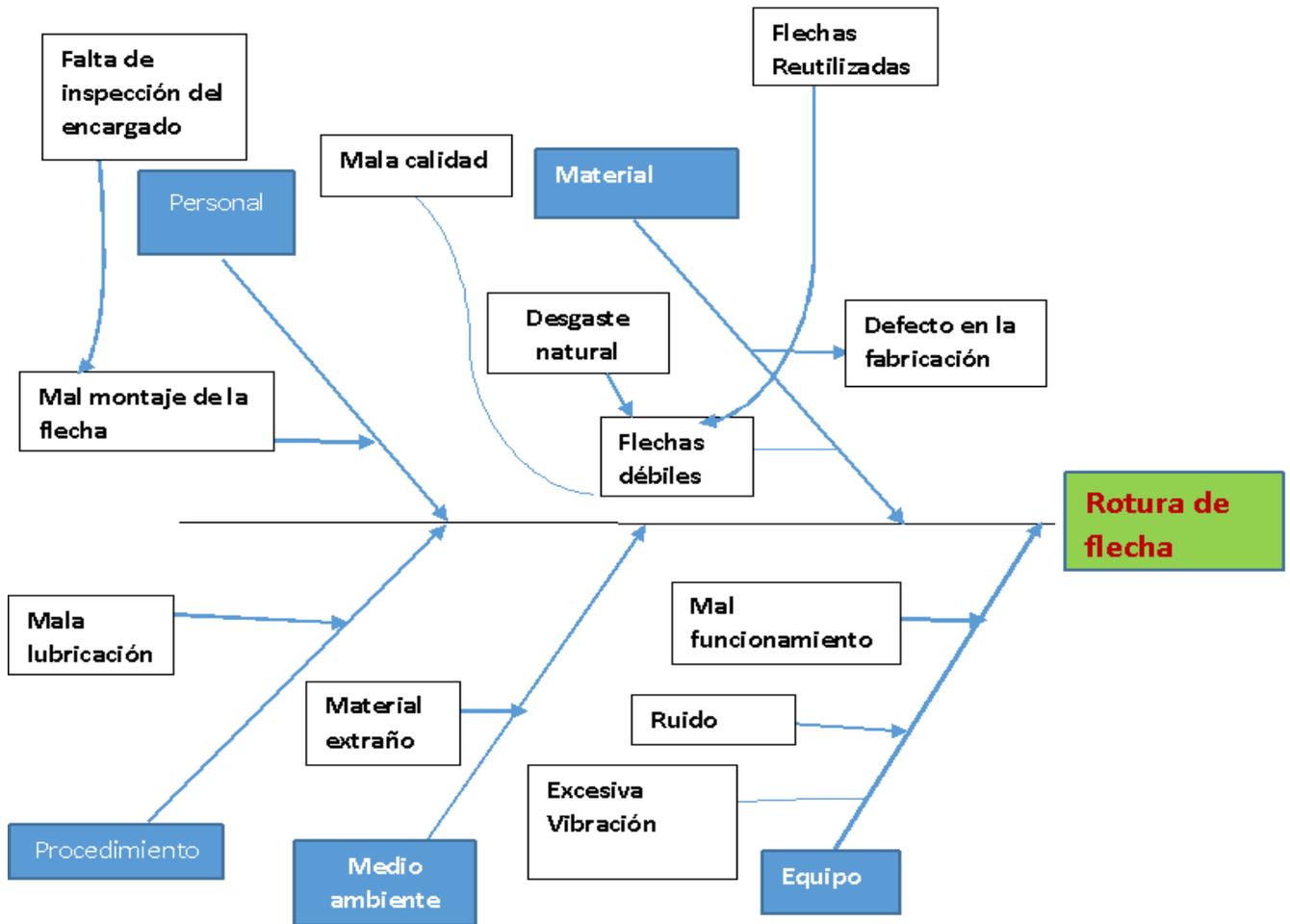


(Figura 3.10 Diagrama de causa y efecto del conductor intermedio Donelly)

En la figura 3.10 se muestra el diagrama de causa y efecto de los posibles fallos que originaron los paros de planta por problemas en el conductor intermedio Donelly No.5 con un tiempo perdido de 8:27 hrs Durante el periodo de zafra (2016-2017) la falla que ocasiono este tiempo perdido fue ruptura de eslabón, en la figura 9 se muestran las posibles causas que originaron el fallo.

**Recomendaciones:** verificar que se coloquen adecuadamente los eslabones así mismo su lubricación, evitar reutilizar los eslabones y no utilizar eslabones revestidos.

## 8.-Conductor Intermedio Donelly No.4



(Figura 3.11 Se muestra el diagrama causa y efecto que los posibles fallos de Rotura de flecha)

En base a la hoja de registro llenada conforme a ese tiempo perdido, la Rotura de la flecha de conductor intermedio Donelly No.4 se originó a fatiga o desgaste natural de material.

Se recomienda tener más supervisión sobre el equipo así mismo hacer al cambio antes del tiempo que tienen registrado ya que la falla fue por fatiga del material nos da como conclusión que tiene un periodo de vida más corto que el que se tiene estipulado para su cambio.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La aplicación de las herramientas de control de calidad nos ayuda a tener una visión más compleja de ¿por qué el fallo y dónde ocurrió? así tomamos decisiones más acertadas acerca de qué acciones correctivas tomar para la eliminación del fallo.

### 4.1 Resultados

Se obtuvo el análisis de los paros de planta por falla en equipos aplicando las herramientas de control de calidad diagrama de causa y efecto y diagrama de Pareto obteniéndose los resultados de los fallos en los equipos, observándose cuáles fueron las causas que más originaron fallos en la planta y el tiempo que se llevaron al corregir dicha falla

### 4.2 Trabajos Futuros

Implementar estas herramientas de control de calidad para tomar decisiones acerca de las acciones correctivas, para así poder eliminar los paros de planta no programados. Así poder comparar el comportamiento del tiempo perdido con la zafra estudiada con la próxima zafra aplicando dichas herramientas para observar los resultados

Cuando el proyecto es muy grande se sugiere su continuación, por lo que se debe dividir en fases. En este apartado se hace referencia a los proyectos que continuarán al presente.

### 4.3 Recomendaciones

#### Calderas:

**Recomendaciones:** verificar que el combustible (bagazo) este en buenas condiciones, comprar material de mejor calidad, y así mismo tener personal a disposición para la limpieza de los hornos.

#### Conductor de caña No.6

**Recomendaciones:** Verificar que los eslabones y duelas se cambien y lubriquen correctamente, verificar que los eslabones estén en buenas condiciones y que no sean reutilizados así mismos con las duelas.

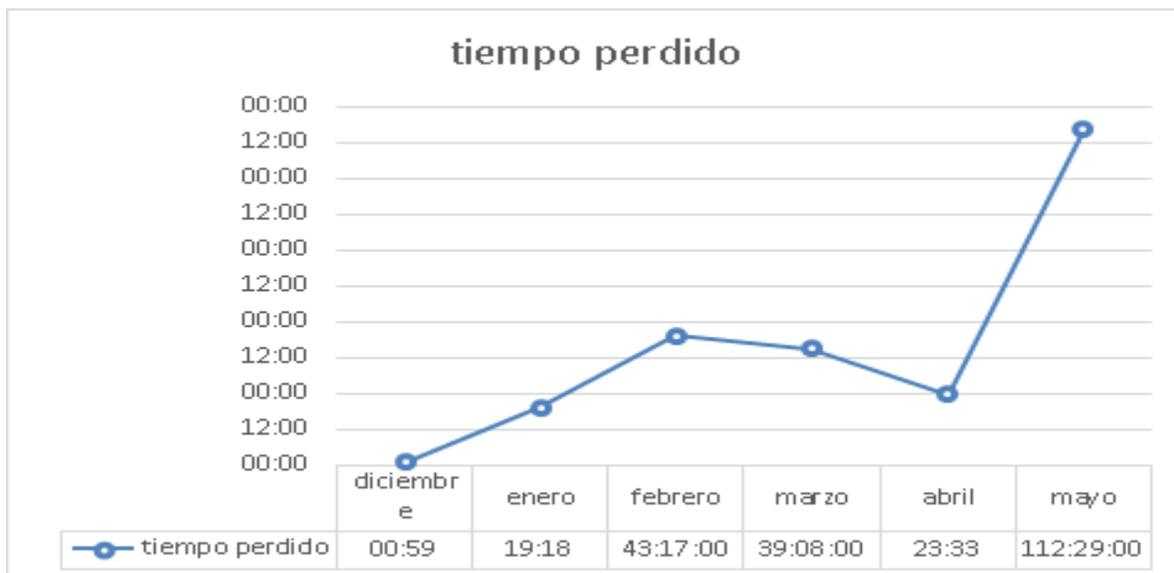
### Segundo juego de cuchillas

**Recomendaciones:** verificar que las flechas se instalen correctamente, ya que la mala instalación de las mismas puede ocasionar la ruptura así mismo verificar que el material de la flecha sea de mejor calidad y tratar de no reutilizar flechas o al menos evitar tratar de que en caso de utilizar una flecha reconstruida que no sea por un periodo de largo.

### Conductor intermedio Donelly No.5

**Recomendaciones:** verificar que se coloquen adecuadamente los eslabones así mismo su lubricación, evitar reutilizar los eslabones y no utilizar eslabones revestidos.

## ANEXOS



(Figura 4.1 variación del tiempo perdido durante el periodo de zafra)

En la figura No.10 se muestra el comportamiento del tiempo perdido durante el periodo de zafra, nos ilustra cómo fue variando durante los meses en que se llevó a cabo la zafra observándose que el último mes fue en el que más se tuvo tiempo perdido y trajo más fallos en los equipo.

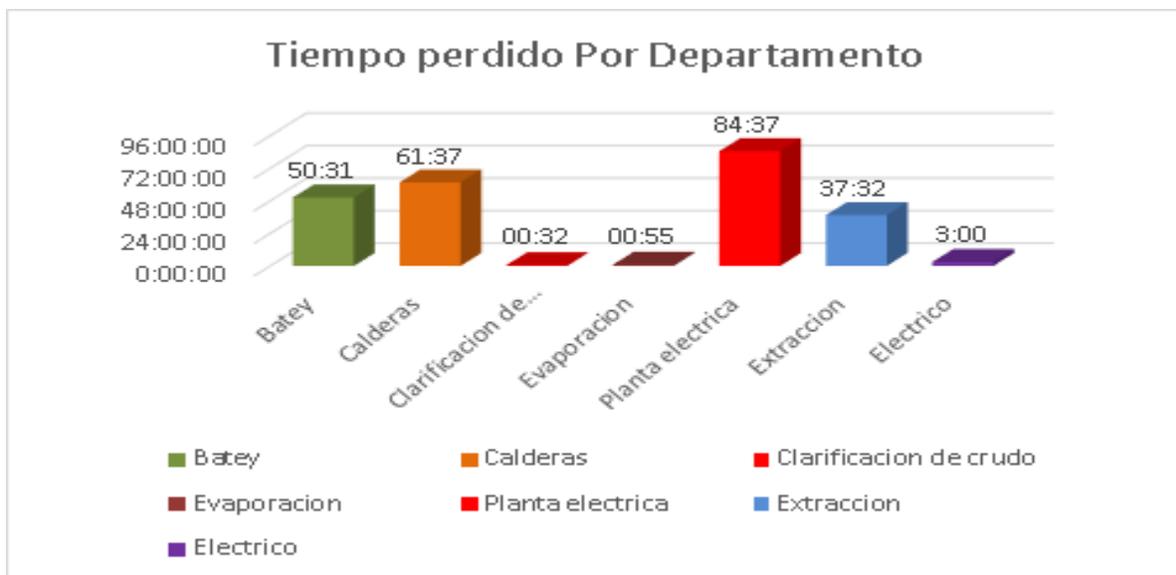


Figura 4.2

En esta grafica se muestra el comportamiento del tiempo perdido por departamento teniendo que el departamento con más tiempo perdido fue la planta eléctrica con 84:37 hrs de tiempo perdido, seguido por calderas con 61:37 hrs, batey con 51:31 hrs, extracción con 37:32 hrs, eléctricos con 3:00 hrs, evaporación con 0:55 minutos y Clarificación de crudo con 0:32 minutos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Pinto R. (1990) Manual para la elaboración de Planes de capacitación

Rodríguez R. (2001) Los “7 pasos para la calidad”

Schuldt J (1998) Administración moderna Internet

Steiner G (1999) Planeación Estratégica

Venegas M. (1989) Control de calidad

<https://www.aiteco.com/el-control-de-calidad-herramientas-basicas/>

<https://www.gestiopolis.com/herramientas-y-tecnicas-de-la-calidad>

<https://www.psicoactiva.com/blog/principio-pareto-la-regla-del-8020/>

[www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas\\_calidad/causaefecto.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm)