



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

---

**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO**

**Análisis del proceso de molienda en el ingenio  
Pedernales S.A de C.V aplicando herramientas de  
calidad**

**REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presenta

**C. Gilberto Ehécatl López Béjar**

**Asesor: Dr. en C. en Ing. Eléctrica Carlos Omar  
González Morán**

**Atizapán de Zaragoza, Edo. de Méx. septiembre 2018**





## REGISTRO DE TEMA

CUUAEMVM/SA/TITULACIÓN/01/18  
Atizapán de Zaragoza, México, 25 de enero de 2018.

**C. GILBERTO EHÉCATL LÓPEZ BÉJAR**  
**Egresado de la Ingeniería Industrial**  
P R E S E N T E

Por la presente, me permito comunicarle que el tema de su investigación por la modalidad de **Reporte de aplicación de conocimientos**, bajo el título: **ANÁLISIS DE PROCESO DE MOLIENDA**, ha sido registrado en esta Subdirección Académica, y que el asesor que Usted propuso el Dr. en C. en I. E. Carlos Omar González Morán, también será notificado por este medio para que se encargue de guiar su investigación.

Así mismo, le recuerdo que tiene usted dos años a partir de esta fecha para presentar su trabajo final liberado por su asesor y revisores que posteriormente se le asignarán y que durante este período deberá presentar un informe cada dos meses, con el Visto Bueno de su Asesor, sobre el avance de su investigación en la oficina de Titulación de este Centro Universitario.

El trabajo de **Reporte de aplicación de conocimientos** queda bajo la responsabilidad del egresado tanto en autoría como en su contenido, el cual deberá tener el nivel que se exige para la obtención de un Título Profesional.

ATENTAMENTE  
**PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**  
**"2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"**



Centro Universitario  
UAEM Valle de México  
Subdirección Académica  
2017-2021  
LIC. EN HIS. GLORIA ZAMUDIO VILLAREAL  
SUBDIRECTORA ACADEMICA

c.c.p. Dr. en C. en I. E. Carlos Omar González Morán  
Expediente



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Valle de México

## REGULARIZACIÓN DE NOMBRE DEL TRABAJO REGISTRADO

CUUAEMVM/SA/TITULACIÓN/346/18

Atizapán de Zaragoza, México, 23 de agosto de 2018

**C. GILBERTO EHÉCATL LÓPEZ BÉJAR**  
EGRESADO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
P R E S E N T E

Por la presente, me permito comunicarle, que visto el estado que guarda su expediente de evaluación profesional y derivado de las observaciones que le fueran hechas por sus revisores el 07 de mayo del 2018, deberá modificar el nombre con el cual registró su *Reporte de aplicación de conocimientos*: "ANÁLISIS DE PROCESO DE MOLIENDA" para quedar como: **"ANÁLISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA EN EL INGENIO PEDERNALES S.A DE C.V APLICANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD"**.

En atención a lo anterior, los votos de los Revisores asignados, así como la autorización de Impresión de su trabajo, deberán contemplar el nuevo Título.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"



Centro Universitario  
UAEM Valle de México  
L. EN HIS. GLORIA ZAMUDIO VILLAREAL  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
2017-2021

c.c.p. Expediente

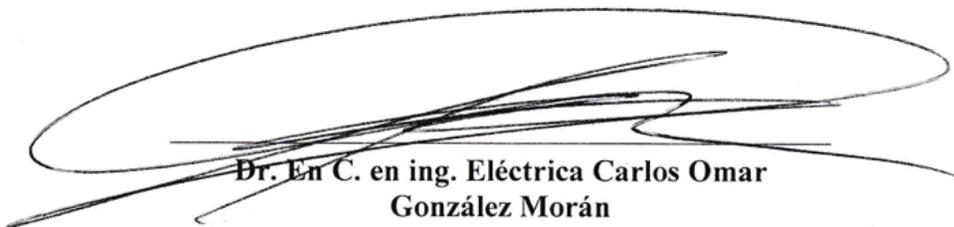
Atizapán de Zaragoza, Estado de México a 17 de abril 2018

**LIC. GLORIA ZAMUDIO VILLAREAL**  
**SUBDIRECTORA ACADÉMICA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO**  
**P R E S E N T E**

Por la presente le informo que el pasante **Gilberto Ehécatl López Béjar**, de la carrera de **INGENIERIA INDUSTRIAL**, con No. de cuenta **1225547**, presenta el trabajo de **REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS: ANÁLISIS DE PROCESO DE MOLIENDA**, mismo que conforme a la Legislación Universitaria, ha sido **aprobado** por el que suscribe para los fines propios de titulación del interesado.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE



**Dr. En C. en ing. Eléctrica Carlos Omar**  
**González Morán**  
**ASESOR**

TELS. 0445514567073  
CORREO: cogonzalez@uaemex.mx

Centro Universitario  
UAEM Valle de México  
**REVISADO**  
17 ABR 2018  
**TITULACIÓN**

Atizapán de Zaragoza, Estado de México a 25/06/18

**LIC. EN HIS. GLORIA ZAMUDIO VILLAREAL**  
**SUBDIRECTORA ACADÉMICA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO**  
**P R E S E N T E**

Por la presente le informamos que el pasante **Gilberto Ehécatl López Béjar**, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, con No. de cuenta **1225547**, presenta el trabajo de **REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS : ANÁLISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA DE CAÑA EN EL INGENIO PEDERNALES S.A DE C.V APLICANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD**, mismo que conforme a la Legislación Universitaria y a las observaciones dictaminadas en el preexamen, ha sido **aprobado** por los que suscribimos para los fines propios de titulación del interesado.

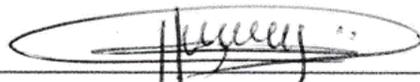
Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

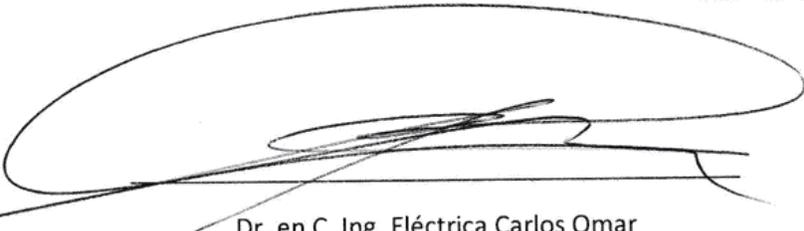


**Dr.en Ing. José Guadalupe Miranda**  
**Hernández**  
**REVISOR**

ATENTAMENTE



**Ing. Ind. Samuel Armando Hernández**  
**García**  
**REVISOR**



**Dr. en C. Ing. Eléctrica Carlos Omar**  
**González Morán**  
**ASESOR**

Centro Universitario  
UAEM Valle de México  
**REVISADO**  
**13 AGO 2018**  
**REVISADO**  
**TITULACIÓN**

Cel. 0445514567073

e-mail: coglez@gmil.com



## SUSTENTACIÓN DE EVALUACIÓN PROFESIONAL

CUVM/SA/TITULACIÓN/347/18

Atizapán de Zaragoza, México, a 24 de Agosto de 2018.

**C. GILBERTO EHÉCATL LÓPEZ BÉJAR**  
Egresado de la Ingeniería en Industrial  
**PRESENTE**

Me permito comunicarle que se autoriza la sustentación e impresión de su trabajo de titulación por la modalidad de Reporte de aplicación de conocimientos, denominado **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA EN EL INGENIO PEDERNALES S.A DE C.V APLICANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD”**, para obtener el título de Ingeniero Industrial, en virtud de que cuenta con los votos aprobatorios del Asesor y los Revisores asignados para este efecto, en apego a los lineamientos establecidos para la Evaluación Profesional.

Nota: No omito comentar que la impresión de sus empastados deberá coincidir con el título que en este documento se autorizó en términos de mayúsculas, minúsculas, acentos, comillas, paréntesis, etc.

ATENTAMENTE  
**PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**  
*“2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México”*



L. EN HIS. GLORIA ZAMUDIO VELAZQUEZ  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA

Centro Universitario  
UAEM Valle de México  
Subdirección Académica  
2017-2021

c.c.p. Expediente

## AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a dios por permitirme vivir este momento por darme esa luz en las buenas y en las malas y permitirme tener el apoyo de mi familia, gracias a mi familia por brindarme su apoyo en todo momento y por creer en mí.

Gracias a la Universidad Autónoma del Estado de México que son mis formadores, son personas con mucha sabiduría quienes se han esforzado para darme las herramientas y luchar por alcanzar mis metas, gracias a ellos he logrado importantes objetivos en mi vida.

Por otra parte, doy gracias al Dr. en C. en Ing. Eléctrica Carlos Omar González Morán y a la Dra. en C. en Ing. Gabriela Gaviño Ortiz quienes fueron las personas que mas me brindaron el apoyo para alcanzar una gigante meta para mi, gracias a estas dos grandes personas por darme su apoyo y tiempo completo y sobre todo por tener fe en mi yo con todo mi afecto y cariño les digo gracias.

El desarrollo de este reporte de aplicación de conocimientos no fue una tarea fácil, sin embargo, gracias a la ayuda del jefe de producción Daniel Fuentes Padilla que me brindo su apoyo en la estancia dentro de la empresa Ingenio Pedernales S.A de C.V. quien me ayudo a lograr mis metas, afirmo que durante todo este tiempo pude disfrutar mucho del aprendizaje de la elaboración del azúcar y así mismo del trabajo en equipo con el personal de la misma empresa.

## RESUMEN EN ESPAÑOL

En este reporte de aplicación de conocimientos se muestra una metodología la cual puede ser aplicada a cualquier proceso industrial de muchos giros.

Los beneficios de usar esta metodología son:

- La identificación de los diversos problemas en un proceso en poco tiempo.
- Las herramientas a seguir y los puntos estratégicos de la metodología paso a paso.
- El mejor criterio de selección para corregir el problema que más afecta un proceso de cualquier empresa.
- Corrección de los problemas que más afectan el proceso.

En el primer capítulo se habla de la historia del ingenio pedernales y como llego el azúcar a México.

En el segundo capítulo nos habla de la información de la producción del azúcar y utilización de las herramientas de calidad que se emplearon en el reporte dando a conocer todos los puntos importantes de las mismas.

En el tercer capítulo es donde se establecen los objetivos, la justificación, la metodología y el estado del arte.

En el cuarto capítulo es donde se aplicaron las herramientas de calidad al proceso de molienda del ingenio pedernales se arrojan también los resultados y las mejoras medidas antes y después de la aplicación.

## SUMMARY IN ENGLISH

nor in this report of application of knowledge it demonstrates a methodology that can be applied to any process industrial and of many turns.

The benefits of using this methodology are:

The identification of the various problems in a process in a short time.

The tools to follow and the strategic points of the methodology step by step.

The best selection criterion to correct the problem that affects a process of any company.

Correction of the problems that most affect the process.

In the first chapter will talk of the history of the ingenio Pedernales and how you got the sugar to Mexico

In the second chapter we speak of the information of the production of sugar and utilization of the quality tools that were used in the report giving all the important points of the same.

In the third chapter is where you set the objectives, the justification, the methodology and the state of the art.

In the fourth chapter is where we applied the tools of quality to process of grinding of the ingenio pedernales are shown in also the results and the improvement measures before and after the application.

## Contenido

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1. RESEÑA HISTORICA DEL INGENIO PEDERNALES	7
LLEGADA DE LA AZÚCAR A MÉXICO	7
HISTORIA DEL INGENIO PEDERNALES S.A DE C.V	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	10
LA CAÑA	10
FIGURA 1. <b>Estructura de la caña</b>	10
SISTEMA DE TRANSPORTE	11
MANIPULACIÓN DE ATADOS DE CAÑA	11
DESCARGA DE LA CAÑA	11
SISTEMA DE PESAJE DE LA CAÑA	12
VOLTEADORES	12
FIGURA 2. <b>Volteo de vehículo de carrera, utilizado un sistema hidráulico</b>	13
PUENTE DE GRÚA	13
FIGURA 3. <b>Grúa de descarga de caña.</b>	14
MESAS DE ALIMENTACIÓN	14
FIGURA 4. <b>Mesa de descarga de caña</b>	15
LAVADO DE CAÑA	15
FIGURA 5. <b>Sistema de lavado de caña</b>	16
CONDUCTORES DE TABLILLAS	16
FIGURA 6. <b>Diseño de tablillas para conductor de caña</b>	17
CARGA DEL CONDUCTOR DE CAÑA PRINCIPAL	18
FIGURA 7. <b>Esquema del sistema de control</b>	18
PICADORAS DE CAÑA	19
FIGURA 8. <b>Picadoras 1 y 2</b>	19
DEFIBRADORA	20
FIGURA 9. <b>Relación entre la fineza de preparación y la densidad</b>	20
FIGURA 10. <b>Estructura de una Defibradora</b>	21
FIGURA 11. <b>Defibradora de caña</b>	22
EXTRACCIÓN CON MOLINOS	22

HERRAMIENTAS DE CALIDAD	27
CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE CALIDAD	27
DIAGRAMA DE FLUJO	28
FIGURA 12. <b>Diagrama de flujo.</b>	29
DIAGRAMA DE SIPOC	31
FIGURA 13. <b>Diagrama de SIPOC</b>	31
DIAGRAMA DE TORTUGA	33
FIGURA 14. <b>Diagrama de tortuga</b>	33
HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE PROBLEMAS	35
FUNCIONAMIENTO DEL DIAGRAMA CAUSA – EFECTO	35
FIGURA 15. <b>Diagrama de pescado</b>	35
FUNCIONAMIENTO DEL DIAGRAMA DE PARETO	37
FIGURA 16. <b>Diagrama de Pareto</b>	39
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
CAPÍTULO 3. OBJETO DEL ANÁLISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA	41
OBJETIVO GENERAL	41
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
JUSTIFICACIÓN	41
ESTADO DEL ARTE	44
METODOLOGÍA	45
TABLA 1. <b>Registro de actividades estadísticas</b>	46
CAPÍTULO 4. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD AL PROCESO DE MOLIENDA	47
HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD	47
DIAGRAMA DE FLUJO	48
FIGURA 17. <b>Diagrama de flujo Área de Molinos</b>	50
FIGURA 18. <b>símbolos del diagrama de flujo</b>	52
FIGURA 19. <b>Diagrama de flujo con simbología estándar ASME</b>	54
DIAGRAMA DE SIPOC	55
TABLA 2. <b>Diagrama de SIPOC.</b>	56

DIAGRAMA DE TORTUGA	58
FIGURA 20. <b>Diagrama de tortuga</b>	59
DIAGRAMA CAUSA - EFECTO	64
FIGURA 21. <b>Diagrama de pescado del área de molino</b>	65
CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA DE PESCADO	66
DIAGRAMA DE PARETO	70
TABLA 3. <b>Cuestionario aplicado al área de molienda</b>	71
FIGURA 22. <b>Resultados del cuestionario del área de molinos</b>	72
TABLA 4. <b>Tabla de Pareto.</b>	73
FIGURA 23. <b>Diagrama de Pareto</b>	75
TABLA 5. Problemas mas importantes a resolver	77
RESULTADOS MEDIDOS	79
TABLA 6. <b>Interpretación de los resultados eficiencia x eficacia</b>	78
TABLA 7. <b>Resultados de la mejora en el proceso</b>	81
CONCLUSIÓN	83
REFERENCIAS	85

## INTRODUCCIÓN

Las industrias azucareras son empresas donde la producción es en serie, el azúcar se produce 6 meses del año a la cual se le conoce como zafra y los otros 6 meses del año restante los trabajadores e ingenieros revisan y reparan las maquinas haciendo también mejoras en el proceso para la próxima zafra, también se aprovecha ese tiempo para capacitación de los empleados en general de la industria. En los ingenios no se desperdicia nada todo es vendido por ejemplo: el lodo que sale del filtro la cual es la tierra que traía la caña cuando ingreso al ingenio se le aplica gabazo y se vende como abono para plantas o aguacateros, el gabazo que se obtiene de la fibra de la caña se utiliza para producir el vapor en las calderas también se utiliza en el lodo para que el filtro absorba más el jugo por alto y bajo vacío, se vende como comida para ganado, y en otros ingenios que ya no cuentan con gabazo y siguen produciendo. La miel o melaza que se le conoce como miel "C" es vendida a industrias de alcohol, ron, derivados de petróleo, engorda de ganado, etc.

Como podremos observar es un negocio redondo, donde no se desperdicia nada el azúcar es muy importante para los seres vivos nos aporta carbohidratos al cuerpo que lo requiere para generar energía. El azúcar debe ser consumido en porciones requeridas o necesarias ya que puede ser un producto dañino para el cuerpo humano es comprobado que el azúcar puede ser adictiva.

El azúcar es muy importante gastronómicamente para endulzar algunos platillos o postres, para dar un buen sabor al café o té y en productos corporales tales como cremas mascarillas entre otros el azúcar ha estado presente en nuestro planeta desde hace mucho tiempo la podríamos encontrar en frutas, vegetales, miel, etc.

La producción del azúcar es un proceso complejo e interesante y muy complejo a la vez, el azúcar se presenta en varios alimentos del consumo humano para endulzarlos, en su fabricación del azúcar se usa la caña o la remolacha que son ricas en sacarosa.

El azúcar es originario de la India los españoles la introdujeron en América y se desarrolló principalmente en las Antillas, En Argentina encontraremos importantes ingenios en las provincias de Tucumán, Salta y Formosa.

El azúcar es sacarosa, un carbohidrato de origen natural se compone por carbono, oxígeno e hidrógeno (carb-o-hidr-ato) hay diferentes tipos de azúcar dependiendo la pureza de la misma puede llegar hasta un 99% de sacarosa [1].

Sus procesos de fabricación son los siguientes:

1. Inspección: Controlar la cantidad de materia prima.
2. Molienda: Cada molino está equipado con una turbina de alta presión.  
En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua caliente para extraer al máximo la sacarosa que contiene el material fibroso. Este proceso de extracción es llamado maceración.
3. Clarificación: Uso de cal. La clarificación del jugo por sedimentación; los sólidos no azúcares se precipitan en forma de lodo llamado cachaza y el jugo claro queda en la parte superior del tanque.
4. Evaporación: Se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10% y 12 % y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55% al 60 %.
5. Cristalización: La cristalización se realiza en los tachos, que son recipientes al vacío de un solo efecto. El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida.
6. Centrifugación: La masa pasa por las centrifugas, en las cuales los cristales se separarán del licor madre por medio de una fuerza centrífuga aplicada a tambores rotatorios que contienen mallas interiores. Se separa miel de los cristales.
7. Secado: El azúcar húmedo se transporta por elevadores y bandas para alimentar las secadoras que son elevadores rotatorios en los cuales el azúcar se colocan en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones.

8. Envasado: El azúcar seca y fría se empaqueta en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio. [2]

## **CAPÍTULO 1. RESEÑA HISTÓRICA DEL INGENIO PEDERNALES**

### **LLEGADA DE LA AZÚCAR A MÉXICO**

En México, la azúcar forma parte de la canasta básica junto con el maíz, frijol y arroz. Cristóbal Colón llevó algunos trozos de caña de azúcar que sembró por primera vez en Santo Domingo y, para el siglo XVI, el azúcar se convirtió en un artículo comercial entre Europa y las regiones productoras de AL, especialmente en suelos de fácil adaptación como Cuba, México, Brasil y las colonias holandesas e inglesas de América. Puede afirmarse entonces que la industria cañera en México y en el resto de AL surgió en y con la conquista; pero, además, tanto el proceso de desarrollo del cultivo de la caña como la producción de azúcar, fue similar en todo el continente.

En el territorio mexicano, el cultivo de la caña de azúcar se inició a partir de que Hernán Cortés trasladara plantas desde Cuba en 1522, incluso algunos estudios señalan que dos años después, es decir, en el año 1524 ya había cañaverales a orillas del río Tepango en Santiago Tuxtla, Veracruz. En Veracruz, la planta de la caña encontró inmejorables tierras fértiles para el cultivo, así como las condiciones climáticas, biológicas, hidrológicas y edafológicas para su desarrollo, lo que le permitió experimentar una rápida expansión por todo el territorio mexicano, particularmente en Michoacán, Jalisco y en la parte central del país cerca de Puebla. También se desarrolló en los alrededores de Atlixco el azúcar, así como en los valles de Cuernavaca y de Cuautla, iniciando así la industrialización de la caña para producir azúcar entre los años 1550 y 1600, en ingenios como el de Tlaltenango, el cual era un ejemplo de eficiencia, incluso mayor que ciertas regiones del mundo.

La azúcar desde ese momento se aquilató como producto de exportación al igual que el oro, la plata o el chocolate; se sabe por ejemplo que la producción del Tlaltenango, que era el ingenio más importante del país, se enviaba en su totalidad a la península ibérica. No obstante, el costo de producción tuvo un proceso indignante de opresión y esclavitud por parte de los avaros conquistadores. El surgimiento de la denominada “Encomienda” entre 1521 y 1560 favoreció la mano de obra esclavizada de los indígenas; en contraste, la disolución de esta norma provocó el surgimiento de haciendas y latifundios como unidades de producción cañera. Este ejercicio de poder por imponer una hegemonía dominante tuvo como resultado un proceso de sustitución de tierras destinadas al cultivo de algodón por el de caña de azúcar. El proceso de reconversión de tierras de cultivo fue violento entre productores, pero los cañeros lograron expandirse de tal forma que para el siglo XVIII ya se contaban 300 fincas cañeras que abastecían a trapiches y fábricas.

Durante el Porfiriato, la hacienda azucarera se convirtió en el modelo económico de la época. Una estimación del azúcar que se producía en el año 1870 era de 2,500 toneladas y entre 1903 y 1905, la exportación de azúcar se incrementó notablemente al pasar de 8,820 a 42,660 toneladas [2].

## HISTORIA DEL INGENIO PEDERNALES S.A DE C.V

El ingenio anteriormente trapiche, fue inaugurado en agosto de 1913, este ingenio es de los más antiguos que siguen haciendo zafra por lo que nos vamos a remontar al año 1810 en el municipio de Tacámbaro, Michoacán en la comunidad de pedernales, donde su equipo de molienda era movido por fuerza hidráulica es decir por grandes corrientes de agua, este ingenio era propiedad de españoles poseedores de grandes extensiones de tierras y donde explotaban a los indígenas tarascos de la región, ya para el año de 1911, cien años después el ingenio fue adquirido por don Luis Bermejillo Márquez, quien hizo importantes modificaciones y lograba moler 250 toneladas de caña por día, ya en el periodo de 1941 a 1948, el norteamericano Thomas D. Doit, tomo en arrendamiento el ingenio y con las innovaciones que realizó

obtuvo cerca de las 4,000 toneladas de azúcar por zafra después de esos años, a partir del año 1949 y hasta 1976 lo tomaron nuevamente los señores Luis Bermejillo Márquez y Braniff, teniendo como socio al ingeniero Manuel Mestre, llevando la producción a poco más de 17,000 toneladas de azúcar [3].

El ingenio actualmente es propiedad de grupo Santos, su molienda y producción ha sido irregular analizando las zafras de 2006 / 2007 a la 2015 / 2016 molió 358,000 toneladas de caña con una producción de azúcar de 45,000 un rendimiento de 12.4% y una eficiencia de 85.6%, con estos datos el ingenio pudiera ser rentable [4].

El (Ingenio pedernales S.A de C.V) que es donde fue nombrado así por el grupo Santos reconocido a nivel nacional con su propósito de dar trabajo a los pobladores y reactivar su economía del pueblo de pedernales Michoacán, produciendo 39 millones de toneladas de azúcar [5].

Las industrias azucareras son empresas donde la producción es en serie, el azúcar se produce 6 meses del año a la cual se le conoce como zafra y los otros 6 meses del año restante los trabajadores e ingenieros revisan y reparan las maquinas haciendo también mejoras en el proceso para la próxima zafra, también se aprovecha ese tiempo para capacitación de los empleados en general de la industria.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### LA CAÑA

La caña de azúcar que se muestra en la figura 1, es una planta herbácea de gran tamaño que se cultiva en países tropicales y subtropicales. Es un híbrido complejo de varias especies, derivadas principalmente del *Saccharwnofficinarum* y otras especies de *Saccharwn*. La caña se propaga vegetativamente sembrando trozos de sus tallos. La nueva planta o retoño crece a partir de los cogollos o yemas de los nudos del tallo, asegurando así una descendencia uniforme. En el proceso de reproducción de la caña se desarrollan y ensayan continuamente nuevas variedades en búsqueda de nuevas y mejores plantas. Este procedimiento se ha constituido en un factor fundamental para el mejoramiento de la productividad en la industria de la caña de azúcar [6].

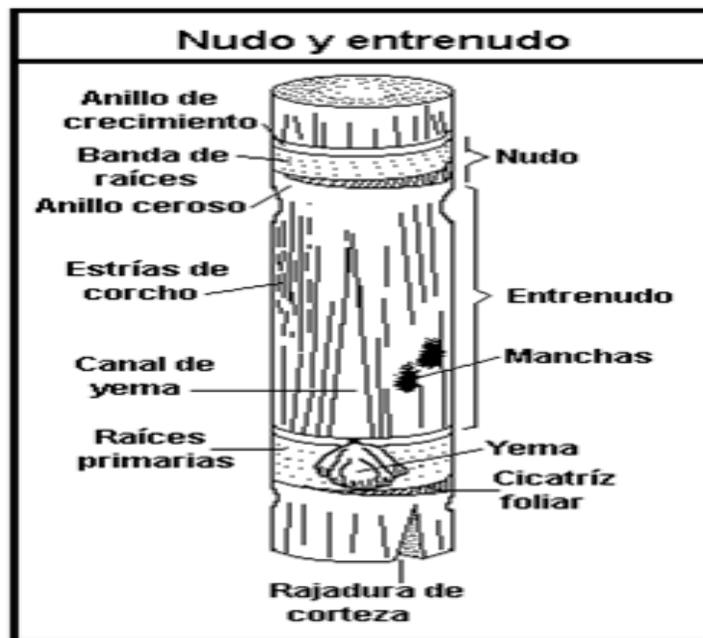


Figura 1 Estructura de la caña

Extraído del libro Ingeniería de la caña de azúcar Verlag Dr. Albert Bartens KG -  
Berlín 2012

## SISTEMA DE TRANSPORTE

La caña se entrega usando muchos tipos distintos de cargadores y vehículos. Éstos pueden incluir tractor y remolque, con un solo remolque o un tándem, varios tipos de camiones, vehículos de carretera grandes, locomotoras ferroviarias y sistemas de tranvía más pequeños. La opción óptima del tipo de transporte depende de la distancia a la fábrica. Sin embargo, existen ejemplos de vehículos grandes usados con éxito para la entrega directa. En las áreas de caña del norte de Suráfrica y Suazilandia, camiones rígidos con remolques o tractores con tándem de remolques de capacidad de carga entre 24 y 30 toneladas han sido usados durante muchos años sin efectos adversos [7].

## MANIPULACIÓN DE ATADOS DE CAÑA

En algunas industrias parte de la caña es entregada en forma de atados o fardos que se aseguran con cadenas, normalmente usando tres por cada atado. Estos por lo general se asocian a sistemas de carga que emplean cabrestantes o tráileres auto-cargadores. Estos sistemas de carga son económicos, flexibles y particularmente adecuados para condiciones de terreno desfavorables, incluyendo tierras inclinadas. El sistema de carga es independiente de otras operaciones agronómicas y entrega caña limpia con bajas pérdidas en campo [8].

## DESCARGA DE LA CAÑA

La manipulación en la fábrica de caña cosechada con combinadas es práctico y fácil que manipular tallos de caña entera. La caña trozada generalmente se almacena bien en los vagones o remolques y puede ser manipulada con menos material

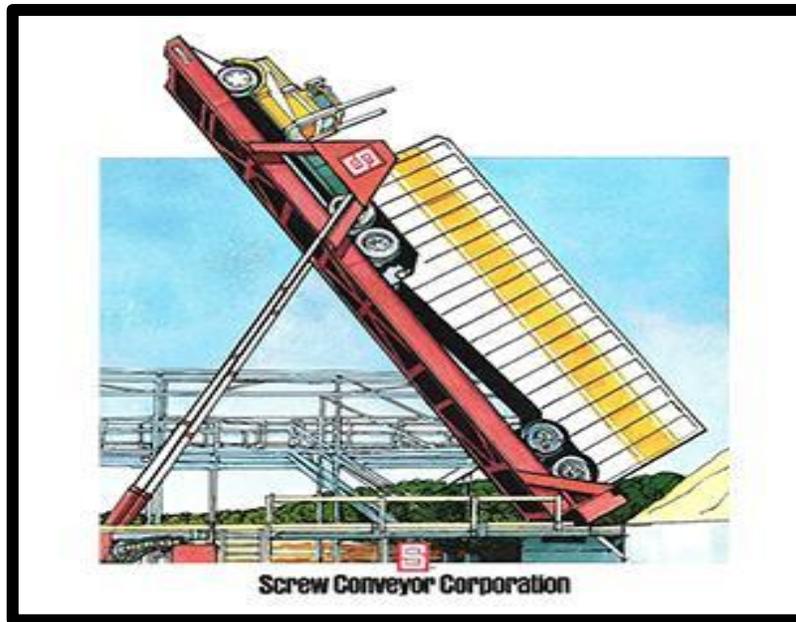
perdido por caída. Además, los trozos fluyen más fácilmente, con una menor propensión a formar atascamientos y tacos que son particularmente frecuentes con tallos de caña entera sin quemar [9].

## SISTEMA DE PESAJE DE LA CAÑA

La medición de la masa de caña entregada es una operación importante debido a las implicaciones en el pago de caña. El pesaje generalmente se efectúa en la fábrica utilizando una báscula de puente o una báscula de plataforma grande, sea la caña entregada por carretera o ferrocarril. Normalmente el vehículo también es pesado después de la descarga para establecer la cantidad neta de caña entregada. Si la caña es entregada en atados, el mismo número de cadenas debe ser cargado en el vehículo antes de medir la masa de tara del vehículo vacío. Actualmente la mayoría de las básculas de puente emplean celdas de carga, lo que las hace confiables y reduce la necesidad de ajustes frecuentes. Sin embargo, se requiere un sistema para la verificación rutinaria y calibración de las básculas [11].

## VOLTEADORES

Un sistema usado ampliamente, en particular con vehículos ferroviarios, así como se muestra en la figura 2, involucra el volcamiento de los vagones sea usando una puerta lateral que se desasegura antes del volcamiento o haciendo girar completamente al vagón de manera que la caña salga por arriba. El vagón se asegura a la plataforma de descarga usando diferentes medios, estando a veces esta plataforma montada sobre celdas de carga, de tal modo que se puede medir el peso antes y después de descargar. Para transporte por carretera, únicamente la canasta del remolque se puede inclinar [12].



**Figura 2 Volteo de vehículo de carrera, utilizado un sistema hidráulico de descarga.**

**Extraído de libro Manufacture and Reclining of Cane Sugar Bailww (1982)**

## PUENTE DE GRÚA

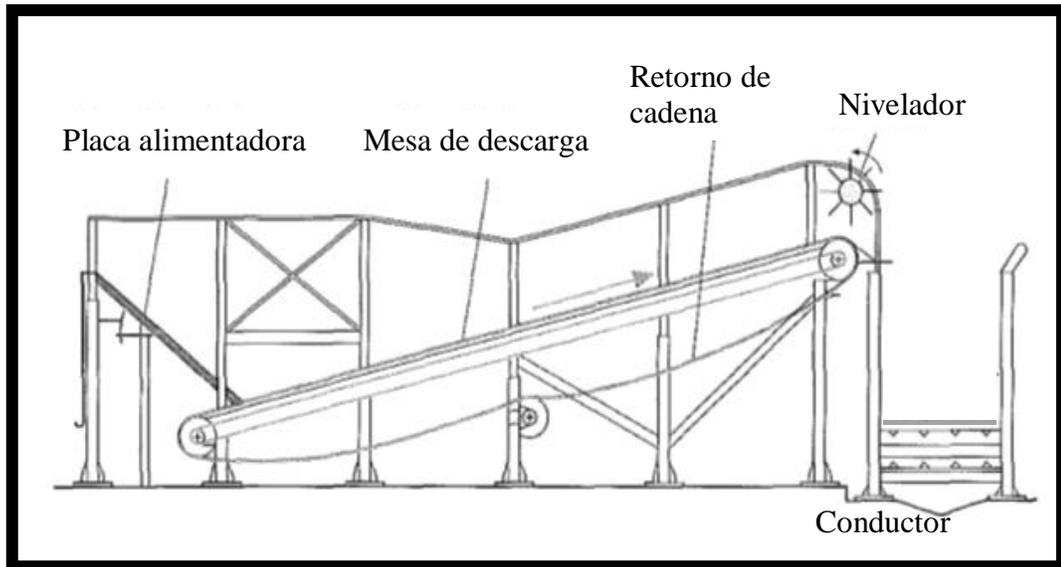
El puente grúa que se muestra en la figura 3, son usados en patios de caña que reciben caña atada en fardos o en áreas donde se descarga caña a granel como reserva para una posterior molienda. En el primer caso los vehículos de entrega se conducen bajo la grúa para su descarga, mientras que en el segundo caso la caña se puede voltear en el área de almacenaje utilizando los sistemas de descarga [13].



**Figura 3 Grúa de descarga de caña.**  
**Extraído de internet autor NORAALBA 2017**

## MESAS DE ALIMENTACIÓN

Las fábricas que manipulan atados de caña normalmente cuentan con una o varias mesas de descarga de caña que se muestra en la figura 4, sobre las cuales los atados pueden descargarse. Una vez que el atado se encuentra sobre la mesa, los broches de las cadenas tienen que ser liberados (por lo general a mano) antes de que la grúa hale y libere las cadenas. Por lo tanto, el puente grúa tiene que extenderse por encima de las mesas alimentadora [13].



**Figura 4 Mesa de descarga de caña convencional.**

**Extraído del libro Ingeniería de la caña de azúcar Verlag Dr. Albert Bartens KG -  
Berlín 2012.**

## LAVADO DE CAÑA

La cosecha de caña en Hawái requirió de un sistema complejo para remover las cantidades excesivas de suelo, rocas y suciedad que eran entregados con la caña. Esto por lo general involucraba un baño poniendo la caña a flote en una suspensión barroagua como se muestra en la figura 5, con la densidad apropiada para la remoción de rocas, seguido por un lavado utilizando grandes cantidades de agua y finalmente el uso de rodillos limpiadores para quitar la suciedad de los tallos de caña. Esta planta es complicada y costosa de operar y mantener. La mayoría de las fábricas que usan lavado de caña tienen sistemas simples [14].



**Figura 5 Sistema de lavado de caña simple.**

**Extraído de internet centros de medios independiente 2016**

#### CONDUCTORES DE TABLILLAS

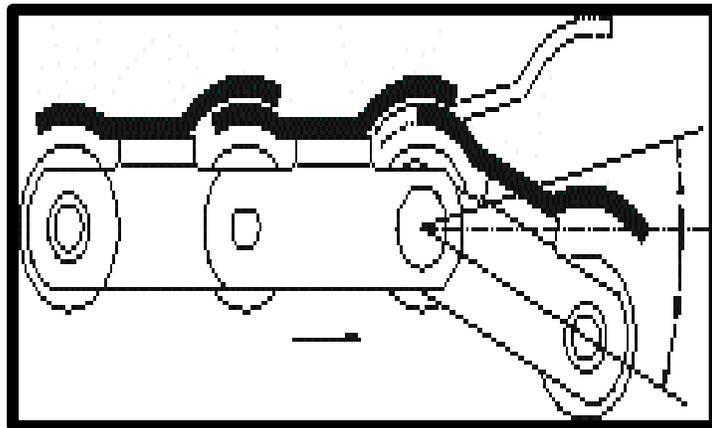
Están inclinados con un ángulo de hasta  $23^\circ$  respecto a la horizontal. Estos conductores cumplen una dura tarea, pues tienen que lidiar con la acidez del jugo de caña, con arena, con suciedad y ocasionalmente con rocas y pedazos de metal. Debido a su robustez, una o más picadoras de caña pueden trabajar sobre estos conductores. El mantenimiento y la selección de materiales apropiados son por lo tanto de importancia. Es recomendable utilizar pasadores y bujes de acero inoxidable en la cadena.

Los conductores necesitan una detallada inspección periódica, preferiblemente semanal, buscando lo siguiente: Desgaste de la cadena (pasadores, rodillos, bujes). Desgaste del piñón. Adecuada tensión de la cadena. Rotura o ausencia de pernos resquebrajados. Tuercas desajustadas en los soportes. Incipiente obstrucción o atascamiento de tablillas. Rotura o agrietamiento de eslabones o soportes. Desgaste de los rieles de apoyo. La capacidad del conductor en toneladas de caña/h puede ser calculada con la siguiente ecuación:

$$mc = \frac{3600 \cdot b \cdot H \cdot pc \cdot u}{1000}$$

Donde (u) es la velocidad del conductor en m/s, (b) la anchura del conductor, (h) la altura media del colchón sobre el conductor y (pc) la densidad de caña.

Las tablillas como se muestra en la figura 6, no deben ser gruesas, preferiblemente no exceder 6 mm, de modo que, si obstrucciones o atascamientos llegasen a ocurrir, la tablilla se doble en lugar de que la cadena o el soporte se rompan. Los piñones frecuentemente tienen un cubo divisible con antorcha y pueden ser fácilmente reemplazados. En el piñón se requiere tener por lo menos 12 dientes y preferiblemente 15, ya que un mayor diámetro mejora el desempeño y la vida útil de la cadena [14].

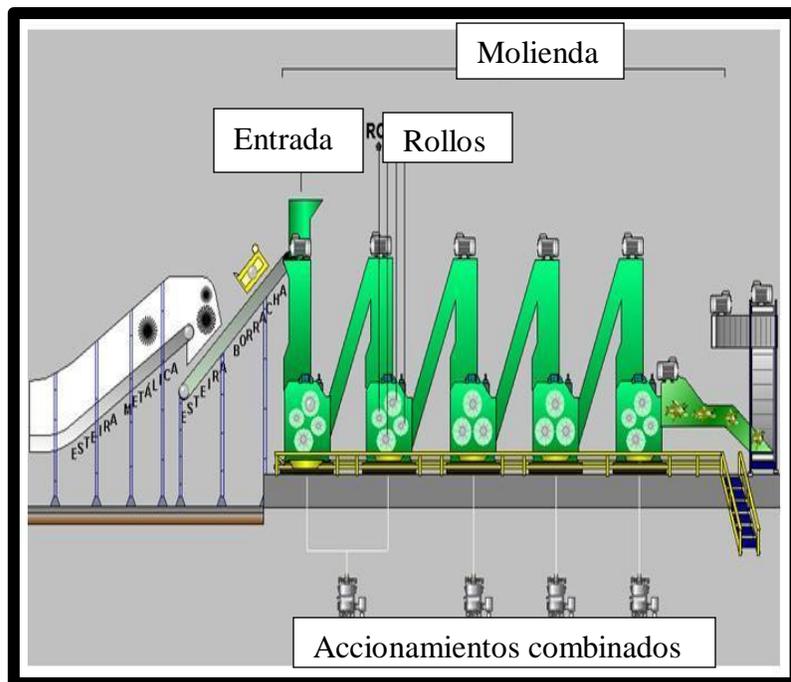


**Figura 6** Diseño de tablillas para conductor de caña.

**Extraído del libro Ingeniería de la caña de azúcar Verlag Dr. Albert Bartens KG -  
Berlín 2012.**

## CARGA DEL CONDUCTOR DE CAÑA PRINCIPAL

Una carga homogénea del conductor de caña principal como se muestra en la Figura 7, facilita enormemente el trabajo del sistema de control y minimiza la posibilidad de que ocurran atoramientos de caña. El procesamiento de caña cosechada mecánicamente hace esta tarea más fácil, dado que esta caña fluye muy fácilmente. En particular con tallos de caña enteros sin quemar, la caña tiene la tendencia de permanecer unida y conduce a la formación de aglomeraciones en el conductor. Cuando varios conductores paralelos alimentan al conductor de caña principal, es común tener un operador que controla la alimentación de los conductores paralelos para lograr una carga homogénea del conductor de caña. Esto es esencial en fábricas que tienen múltiples conductores paralelos y que deben mantener separadas las diferentes entregas de caña de manera que puedan ser identificadas y muestreadas después de la desfibradora [15].



**Figura 7 Esquema del sistema de control de los conductores basado en mantener la velocidad del primer molino constante**

**Extraído de internet SMAR SISTEM302 2005**

## PICADORAS DE CAÑA

Las instalaciones de picadoras para tallos enteros de caña como se muestra en la figura 8, generalmente consisten de una o dos picadoras que se encuentran precedidas por un nivelador. Normalmente las máquinas picadoras utilizan cuchillas rectas y con menor frecuencia cuchillas curvadas al estilo azadón [16].

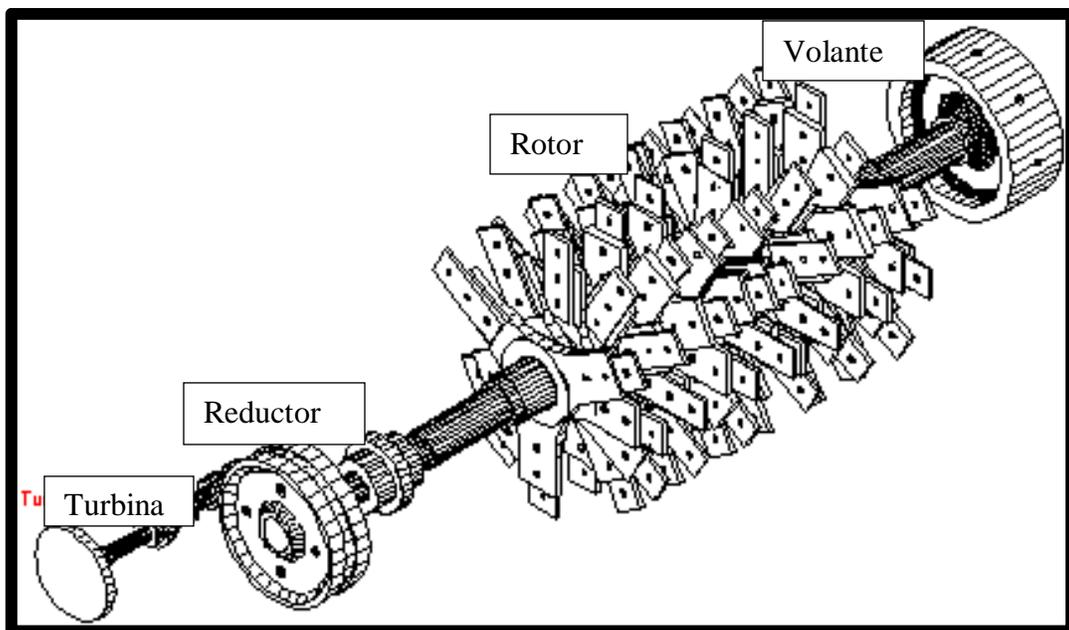


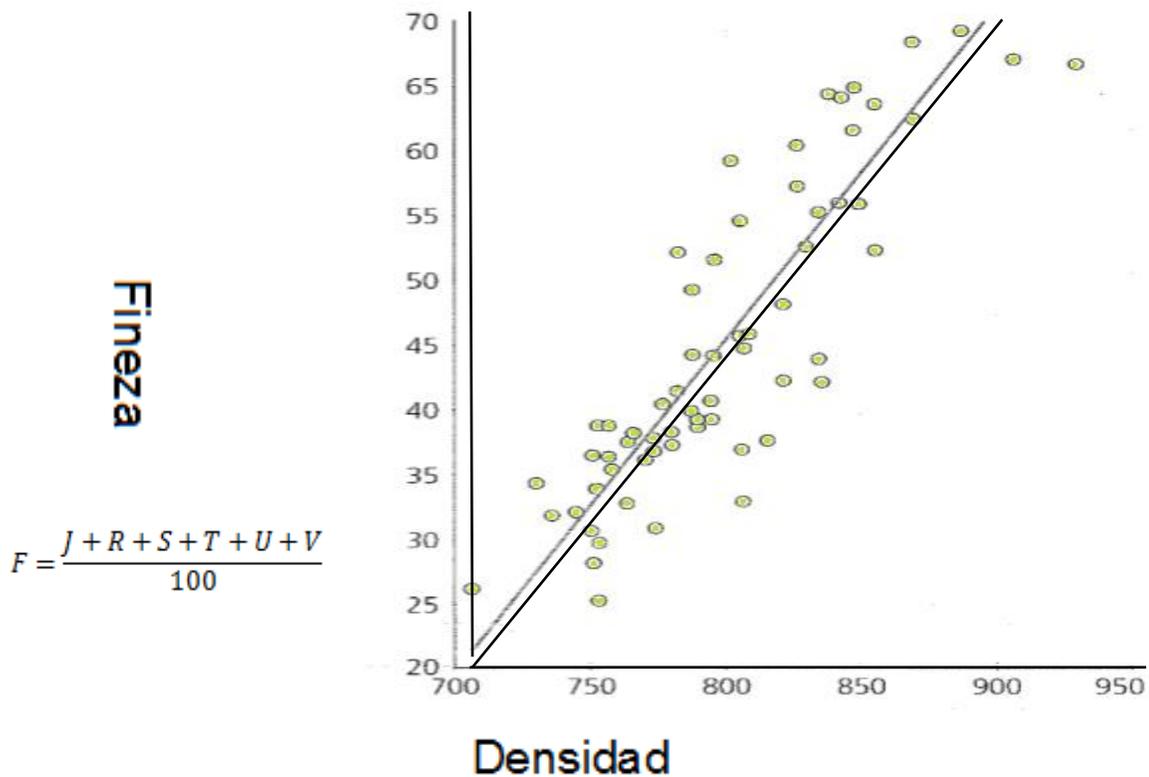
Figura 8. Picadoras 1 y 2

Extraído del libro Ingeniería de la caña de azúcar Verlag Dr. Albert Bartens KG -  
Berlín 2012.

## DESFIBRADORA

La preparación de caña es la variable e importante en la extracción en los difusores. Si se quiere obtener una elevada extracción, es esencial que la caña sea preparada empleando una desfibradora de trabajo pesado de manera que la mayoría de las celdas de caída con contenido de azúcar sean rotas o abiertas. Idealmente la preparación deberá producir un material donde todas las celdas están rotas, pero donde sea aún evidente la presencia de fibras largas, lo que originará un colchón de caída que es estable y suficientemente abierto para lograr altas tasas de percolación.

Figura 9, relación entre la fineza de preparación y la densidad aparente de la caña preparada.



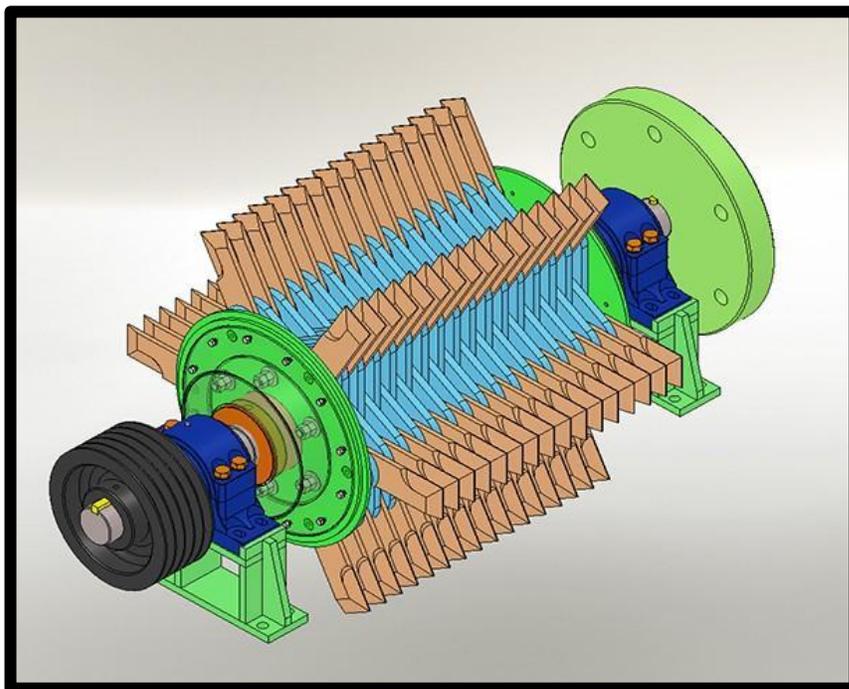
**Figura 9 Relación entre la fineza de preparación y la densidad aparente de la caña preparada.**

**Extraído del libro Ingeniería de la caña de azúcar Verlag Dr. Albert Bartens KG - Berlín 2012.**

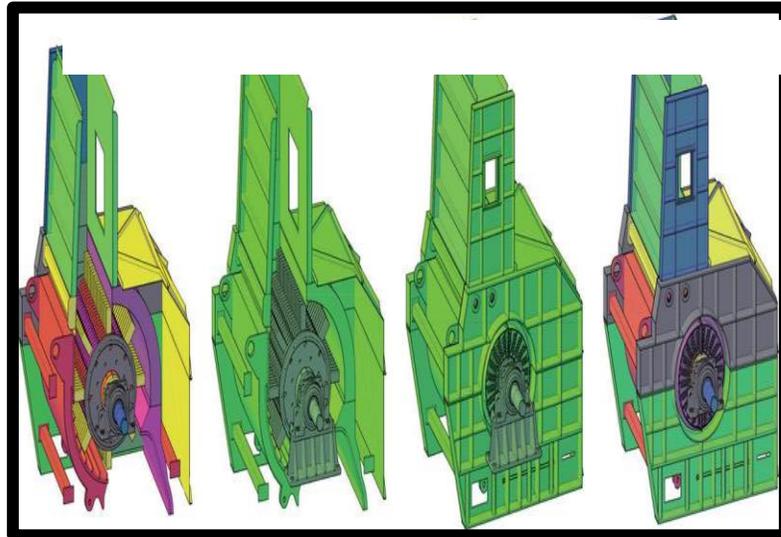
Las desfibradoras actúan de una manera distinta a las picadoras. Martillos basculantes rotan montados sobre un rotor entre 1000 y 1200 r/min como se muestra en la figura 10.

Los martillos se posicionan dejando una estrecha holgura entre la punta del martillo y un yunque que cuenta con barras localizadas en posiciones angulares apropiadas respecto a la rotación de los martillos.

La observación de Hugot (1986) es interesante: "La desfibradora cumple un rol que ni las picadoras ni los molinos pueden realizar: Esta establece un estado de subdivisión que facilita enormemente el trabajo de los molinos" [17].



**Figura 10 Estructura de una Desfibradora.**  
Extraído de internet Aserindustria 2009



**Figura 11 Desfibradora de caña.  
Extraído de internet Simexbrazil 2002**

## EXTRACCIÓN CON MOLINOS

El objetivo de la molienda de caña es separar al jugo que contiene sacarosa del resto de la caña, constituido principalmente por fibra.

El término extracción se utiliza para expresar el porcentaje de sacarosa que ha sido extraído de la caña en los molinos y es igual a la sacarosa en el jugo crudo o diluido.

Expresada como porcentaje de la sacarosa en caña se puede asumir que la caña está conformada por tres componentes, cada uno con dos subcomponentes:

1. Fibra, que consiste en: Fibra vegetal,

Materia insoluble que no es fibrosa, pero está incluida en la "fibra" obtenida en el análisis de caña y bagazo y a veces medida como cenizas.

2. Sólidos disueltos, también conocidos como Brix, que consisten de materia en caña, soluble en agua: Sacarosa (usualmente se mide en forma aproximada como polarización o pol).

3. Agua, consiste en: Agua "disponible" (el solvente en que sacarosa y no-sacarosas están disueltos), Agua libre de Brix (Agua que está ligada a la estructura celulósica

de la caña y por tanto no se encuentra disponible como un solvente para la sacarosa y no-sacarosas y no es extraída en el proceso de molienda) [18].

#### PROPIEDADES DEL JUGO AL SALIR DE EL AREA DE MOLINOS:

- Es ligeramente ácido con un PH entre los (5.0 y los 5.5)
- Es espumoso
- Es turbio
- Es de un color que varía entre amarillo verdoso y café verdoso
- Presenta variedad de impurezas

#### PROCESO DE PRODUCCIÓN

##### BÁSCULA DEL JUGO

El jugo continuo su camino llegando a una báscula donde se pesa y se hace un muestreo cada hora para su análisis en laboratorio y ver las propiedades sacarosa contenida en el jugo que entra a fabrica una vez pesado el jugo se deposita a un tanque donde para ser bombeado al área de ALCALIZADO.

##### CALENTAMIENTO DE JUGO

En el lado de entrada del difusor, el jugo se calienta hasta aproximadamente 90°C para llevar a la caña alimentada, tan pronto como sea posible, hasta la temperatura de operación requerida.

La temperatura a lo largo del difusor se mantiene mediante inyección directa de vapor en algunas de las bandejas de las etapas.

## ALCALIZADO

Se le aplica (cal) que como oxido de calcio aprovechable con el calor conocido como proceso de defecación simple son los principales y más efectivos en el jugo de caña para matar las bacterias y elimina la acides del guarapo el PH es la cantidad o potencial (P) Hidrogeno y (H) medibles solo en líquidos una sustancia puede ser acida neutra o alcalina dependiendo del PH la escala potencial del Hidrogeno va de (0 a 14) siendo su punto neutro 7 (pH).

- Los PH de (0 a 6.9) son ácidos
- Los PH de (7) son neutros
- Los PH de (7.1 a 14) son alcalinos

En la alcalización se busca que alcance el punto neutro que es 7 PH. Con una lechada de cal de aproximadamente 5 baube la cual se mide con un AEROMETRO este proceso se aplica 1 vez cada 2 horas con el fin de quitarle el acides, color y extraer la mayor parte de impurezas el vaciado al jugo es automático así que el operador solo se encarga de medir que no pase más de 5 baube la cal y de manejar las bombas que pasan el jugo por 2 calentadores los cuales el primero lleva el jugo a una temperatura que está entre los 75c° y 80c° y el segundo calentador lo lleva de 100c° a 105c° los calentadores trabajan con vapor el primero con vapor de extracción y el segundo con vapor de escape para afinación de temperatura de acuerdo a parámetros y hay un tercero para cambio cuando uno de los calentadores ya no está dando el parámetro de temperatura e ir realizando limpieza a los mismo [19].

## CLARIFICADOR

Una vez saliendo el jugo de los calentadores se va al tanque FLASH donde el trabajo de este es disminuir la velocidad del jugo antes de entrar al clarificador DOOR.

su función de este equipo es separar el lodo del jugo llamado jugo claro acelerando el proceso con ayuda de un producto químico con el nombre de FLOTULANTE el clarificador Door tiene 4 niveles de muestreo donde se puede observar que el lodo no se acumule en el fondo si es así se purga a un tanque donde es bombeado a un filtro

este filtro trabaja con bajo vacío entre 6 y 8 pulgadas de mercurio alto vacío entre 20 y 25 pulgadas para extraer el jugo mezclado con el lodo lo más que pueda en este filtro se regula el lavado de la torta a modo que la torta pueda hacer todo el recorrido en el filtro y sea de forma uniforme también se tiene que controlar su grueso de la torta que sea aproximadamente de 1 cm.

El jugo claro que sale es pasado por un colador y por 2 calentadores conocidos como calentadores de jugo claro para recuperar la temperatura anterior 105°C [20].

## FILTRACIÓN

En este proceso se trabaja con un filtro que consiste en 2 entradas de vacío (ALTO Y BAJO VACIO) su objetivo es absorber el jugo mezclado con el lodo para no tener tanto desperdicio en el filtro es rotativo y tiene entrada de agua caliente el cual le ayuda a tener una mayor absorción de jugo en este filtro sale como materia vendible cachaza que es la tierra a la cual se le absorbió el jugo y sirve para abono en los arboles aguacateros el jugo que extrae se manda a tanques de alcalizado donde vuelve a proceso.

## EVAPORACIÓN

Sigue el proceso de EVAPORACION en este proceso entra el jugo claro a una temperatura de 105°C - 110°C pasa por el primer evaporador que tiene una temperatura en cuerpo de 112°C después pasa al evaporador 2 que tiene 110°C pasa al evaporador 3 con una temperatura de 100°C pasa al evaporador 4 y finalmente al evaporador 5 que tiene una temperatura de 60°C se le conoce como nombre melador este es el último y el que trabaja al vacío ya que el jugo claro al eliminar un 80-90 % de agua contenida en el jugo se concentra y a este producto final se le llama meladura esta es bombeada a los tachos el evaporador 1 y 2 son los que alimentan a los demás evaporadores pasándoles el vapor entre cada evaporador se pierden aproximadamente 13°C entonces el jugo va de más temperatura a menor temperatura.

## CRISTALIZACIÓN

Para cristalizar la sacarosa se necesita elevar su concentración se lleva de una forma regulada y con precisión para lograr una cristalización deseada a continuación sigue el crecimiento del cristal que es importante ya que tiene que cumplir con una especificación deseada de calidad para el consumidor. Tiene que tener un tamaño aproximado de 0.4 mm el tamaño de los cristales no tienen que tener mucha variabilidad ya que en la centrifugación abra problemas en su purgado [20].

## CENTRIFUGADO

Las centrifugas es la extracción de la miel de las templeas avece de velocidad en la canasta y lavados las centrifugas se separan por templeas A, B y C.

La masa cocida entra a la centrifuga a base de gravedad la fuerza de rotación de pende a la masa y al diámetro de la canasta a esta fase se le conoce como Alimentación [21].

## SECADO

El secado es la última operación unitaria en el proceso de producción del azúcar crudo. Este constituye un proceso aparentemente simple donde el exceso de humedad se remueve de los cristales de azúcar luego de las máquinas centrífugas.

Tiene una maya la cual los azúcares con las especificaciones correctas se irán al área de embazado el azúcar que no sea seleccionada se irá a un tanque disolvedor para ser fundida y reprocesada [21].

## ENVASADO

Este departamento es el encargado de encostar el azúcar. El azúcar baja por una báscula automatizada dúplex que es la que administra el llenado de 50 kg de azúcar al costal el cual es colocado y retirado manualmente por uno de los operadores el operador deja el costal acomodado, viaja por una banda transportadora para que otro operador lo meta a una máquina cosera y continúe su camino por otra banda hasta llegar al almacén de producto terminado, este departamento tiene muchos parámetros de limpieza e higiene ya que es el azúcar es un producto que llegara al consumidor [21].

## HERRAMIENTAS DE CALIDAD

En la actualidad existen diferentes tipos de herramientas e instrumentos de apoyo para la gestión de procesos de mejora en sus distintos ámbitos:

Análisis de problemas, generación y organización de ideas o representación de procesos de flujo de trabajo.

Cada herramienta tiene una especialización y diferente forma de utilizarse, así como diversas ventajas y puntos débiles [22].

## CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE CALIDAD

El principal problema a la hora de elegir una herramienta de calidad o herramientas. Es que al tratar de aplicarse durante el desarrollo de un proyecto de mejora es difícil decidirse cual herramienta aplicar.

Algunas recomendaciones para seleccionar una herramienta de calidad son:

- Realizar una presentación en las que mejor se adapten a nuestros objetivos y necesidades.
- No es necesario seguir a rajatabla las instrucciones o metodología de las herramientas seleccionadas.
- Aprende a utilizar herramientas y adaptarlas a las necesidades de nuestra organización [22].

## DIAGRAMA DE FLUJO

Un diagrama de flujo que se muestra en la figura 12, es útil a la hora de ordenar todo tipo de procesos ya que este los describe, realizar algoritmos y/o simplemente para tener claridad sobre como una tarea o proceso debiese ejecutarse de principio a fin.

Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender.

Un algoritmo describe una secuencia de pasos escritos para realizar una tarea.

Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia.

- Los diagramas de flujo pueden:
- Documentar y analizar un proceso.
- Estandarizar un proceso para obtener eficiencia y calidad.
- Comunicar un proceso para capacitar a otros sectores de la organización o lograr el entendimiento de su parte.

- Identificar cuellos de botellas, redundancias y pasos innecesarios en un proceso y mejorarlo.

Pasos para dibujar un diagrama de flujo básico.

1. Define tu propósito y alcance.
2. Identifica las tareas en orden cronológico.
3. Organízalos por tipo y figura correspondiente.
4. Crea tu diagrama.
5. Confirma tu diagrama de flujo.

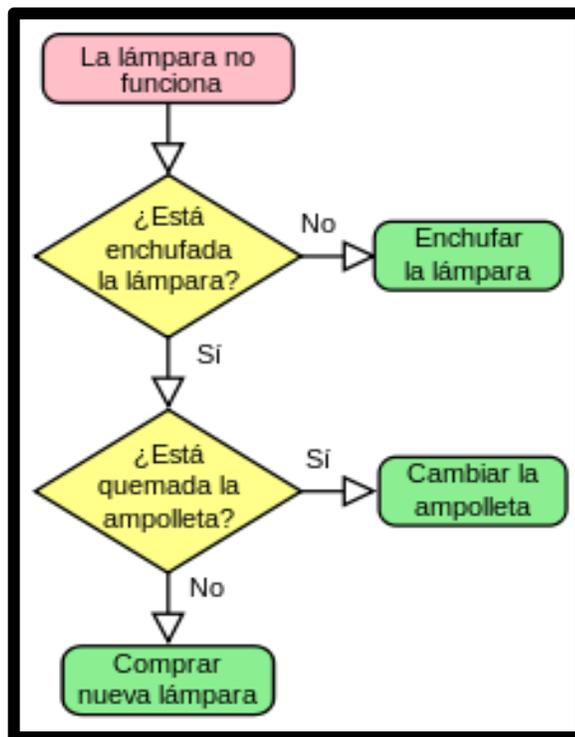


Figura 12 Diagrama de flujo.

Extraído de internet Bellows, Jeannie, Castek 2000

- Ten a tu audiencia en mente y orienta los detalles de tu diagrama hacia ella. La comunicación clara es un objetivo fundamental en los diagramas de flujo.
- Si el proceso que estás representando involucra distintos equipos o departamentos, considera usar un diagrama de carriles para definir claramente las responsabilidades y transferencias.
- Usa conectores dentro o fuera de la página para "editar" tu diagrama y lograr que fluya de forma lógica. Esto te puede permitir separar el diagrama en distintas páginas y que continúe siendo fluido [22].

#### Pasos de elaboración

1. Seleccione un medio de trazado.

Escoja un medio en el que trazar su diagrama de flujo. Algunas personas usan lápiz y papel, o un rotulador y una pizarra, mientras que otras usan software de diagramas de flujo.

2. Enumerar los pasos del proceso.

Una vez haya seleccionado un medio, piense en los pasos de su proceso y enumérelos uno a uno. Si no está seguro de cuándo un proceso en particular entra en juego, escríbalo de todas formas.

3. Añada formas y símbolos.

Empiece con la forma de círculo alargado y continúe añadiendo cada paso a su diagrama de flujo hasta que su diagrama de flujo represente completamente el proceso.

#### 4. Busque opiniones externas.

Asegúrese de que el diagrama de flujo es completo y exhaustivo. Muévase de paso a paso y descubra si ha representado correctamente.

### DIAGRAMA DE SIPOC

El Diagrama SIPOC que se muestra en la figura 13, por sus siglas en inglés *Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers*, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- **Proveedor** (*supplier*): persona que aporta recursos al proceso
- **Recursos** (*inputs*): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- **Proceso** (*process*): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- **Ciente** (*customer*): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente. [22]

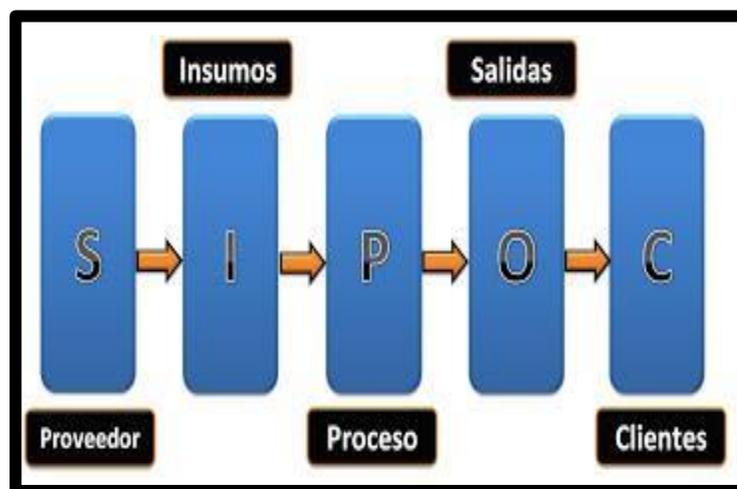


Figura 13 Diagrama de SIPOC.

Extraído de internet engindustrial 2009

Para elaborar un Diagrama SIPOC.

1. Identificar los procesos de gestión.
2. Establecer las entradas del proceso, los recursos necesarios.
3. Establecer los proveedores de estas entradas al proceso.
4. Definir las salidas del proceso.
5. Establecer quién es el cliente de cada una de las salidas obtenidas.

El diagrama SIPOC se define como una representación que nos permite entender el funcionamiento de un proceso.

Cuando consigues representar un proceso para entender su funcionamiento, tienes más facilidad para comprender los requisitos o lo que espera el cliente con esa salida que se le está generando, así como las condiciones o requisitos que tú necesitas en la entrada para asegurar que lo que tú generes sea lo requerido.

Además, esta representación te permite encontrar los puntos débiles que generan problemas sobre tu proceso.

Sin mencionar que logras comunicar de forma más asertiva la forma en que un proceso genera resultados, pues esta es una descripción concreta de lo que hace un proceso.

Diagrama es útil cuando desconocemos:

- ¿Quién provee los materiales o insumos para las actividades?
- ¿Qué requisitos y especificaciones se requieren para dar inicio a las actividades?
- ¿Quiénes son los clientes de nuestros procesos?
- ¿Qué requisitos y especificaciones tiene los clientes de nuestro proceso? [22].

## DIAGRAMA DE TORTUGA

Es un enfoque que ayuda al crecimiento y mejora continua de una Pyme, es una gestión de procesos, tener claro cuáles son los procesos para controlarlos y mejorarlos en base fundamental para el desarrollo sano de la empresa [23].

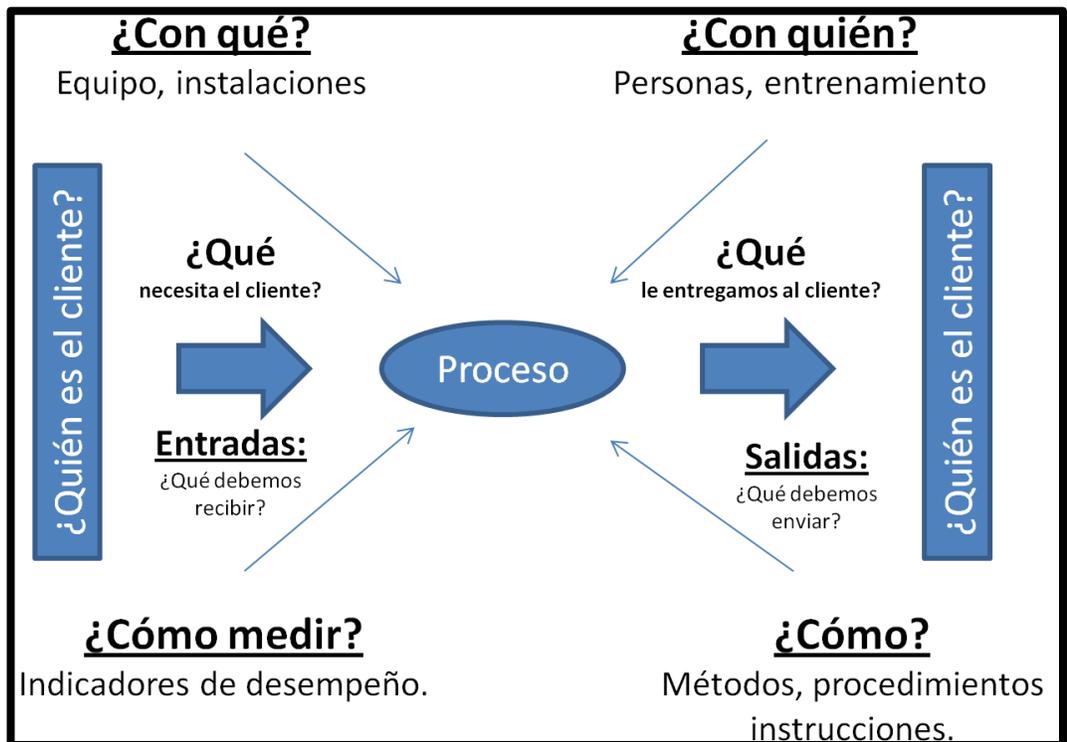


Figura 14 Diagrama de tortuga

Extraído de internet calidad y ADR 2015

El diagrama de Tortuga que se muestra en la figura 14, es un esquema, el cual precisamente adopta la forma de este animal. Dispone de un cuerpo, cuatro patas, una cabeza y la cola. En el cuerpo se representan los procesos y sus transformaciones. Las patas están formadas por interrogantes claves qué debemos hacernos: con qué, cuáles son los requerimientos, cómo emplear los recursos, es decir el método. Con quiénes voy a hacer lo que necesitamos, y finalmente cómo voy a medir esas acciones, es decir cuáles son los indicadores que usaré. La cabeza alude a los elementos de entrada de ese proceso en cuestión. Finalmente, la cola es el final, es decir cuáles son los resultados que surgen de esos elementos de entrada, una vez que han sido procesados.

La aplicación y la elaboración acabada de un diagrama de este tipo “obliga” a que tengamos que preguntarnos cuáles son exactamente todos los ingredientes o elementos que necesitamos para llevar cabo una determinada acción. Hacerlo de manera planificada y anticipada, ahorra muchas ineficiencias además de varios dolores de cabeza. El análisis sistemático y preciso, es una herramienta muy poderosa en la gestión de proceso.

Forma sencilla pero completa de construir un diagrama de Tortuga:

- Identificar exactamente el proceso. Comencemos con un proceso determinado. Si, por ejemplo, elegimos el proceso de ventas, entonces definamos que entendemos exactamente por Ventas. Claramente este paso, así como los siguientes deben realizarse en equipo.
- Identificar y definir los elementos de entrada. Debemos preguntarnos ¿qué es todo lo que necesitamos para que ese proceso se lleve a cabo? Esto incluye desde infraestructura, hasta recursos humanos, pasando por compromiso o involucramiento de otros sectores [23].

## HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE PROBLEMAS

Dos de las más utilizadas son:

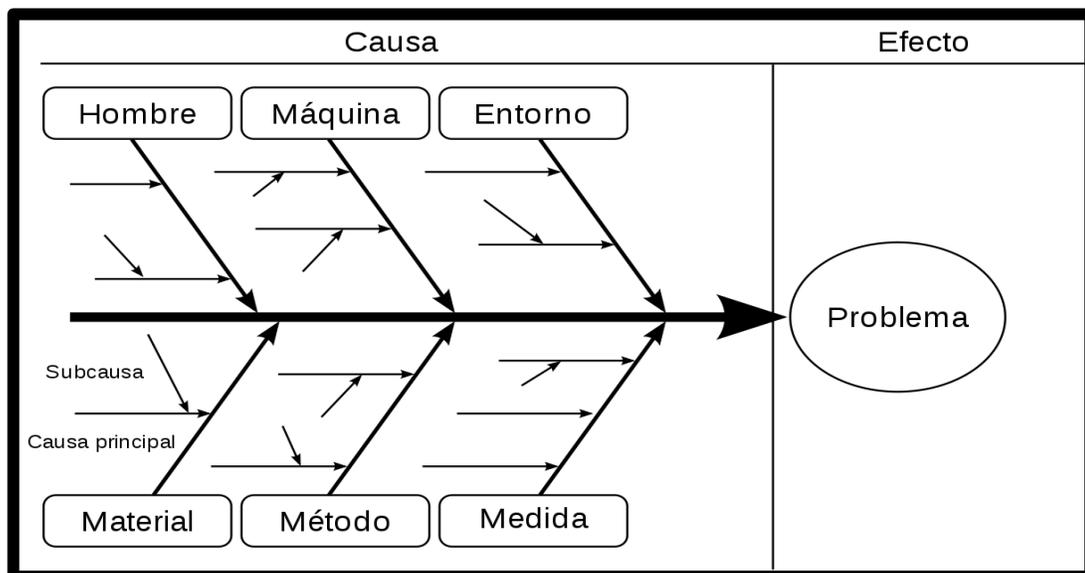
DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO.

DIAGRAMA DE PARETO

### FUNCIONAMIENTO DEL DIAGRAMA CAUSA – EFECTO

El diagrama causa-efecto que se muestra en la figura 15, 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.

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema [23].



**Figura 15 Diagrama de pescado.**

**Extraído de internet GEO 2017**

Es una representación gráfica que por su estructura también se llama diagrama de pescado, este consiste en una representación sencilla en la que puede verse una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando un problema a analizar, que se escribe en la cabeza del pescado.

Muestra gráficamente las entradas o inputs, el proceso, y las salidas u outputs de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control.

1. Para empezar, se decidirá con exactitud qué característica de calidad, salida o efecto se quiere examinar y se coloca en la caja sobre el lado derecho del diagrama.

2. Se escribirán a continuación las categorías que se consideren apropiadas al problema: máquina, mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente, medición son las más comunes y se aplican en muchos procesos.

3. Se realizará una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y se relacionaran con cada categoría.

4. Se generalizará ideas adicionales al usar la herramienta de 5 porqués para cuestionar cada una de las causas anteriormente identificadas en el diagrama de tortuga.

5. Se interpretará los resultados por medio de las 2 siguientes opciones:

- Se buscará causas que se repiten a través de las categorías mayores.
- Se votará para seleccionar las causas con el mayor potencial [23].

## FUNCIONAMIENTO DEL DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto que se muestra en la figura 16, es un diagrama utilizado para el análisis de los defectos en los procesos de la empresa.

Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado otros muchos defectos triviales [23].

Este diagrama:

1. Permite asignar un orden de prioridades.
2. Permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los “pocos que son vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha.
3. Facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos.

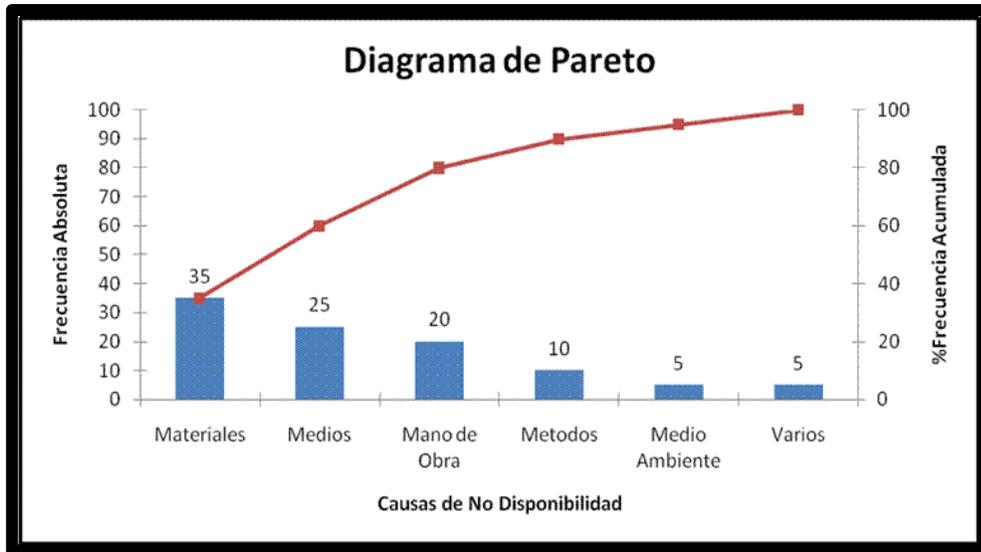
Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos y rebotes internos del pronosticado.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarlas.

El principio de Pareto es también conocido como la regla del 80-20, distribución A-B-C, ley de los pocos vitales o principio de escasez del factor.

Como hacer un diagrama de Pareto:

- a) Seleccionar los aspectos que se van a analizar. ¿Cuál es el problema y las causas que se van a tratar?
- b) Seleccionar la unidad de medida para el análisis: la cantidad de ocurrencias, los costos u otra medida de influencia.
- c) Seleccionar el período de tiempo para el análisis de los datos, por ejemplo: un ciclo de trabajo, un día completo, una semana, etc.
- d) Relacionar los aspectos de izquierda a derecha en el eje horizontal en el orden de magnitud decreciente de la unidad de medida. Las categorías que contienen la menor cantidad de aspectos pueden combinarse en “otra” categoría, la cual se debe colocar en la extrema derecha).
- e) Encima de cada aspecto, se dibuja un rectángulo cuya altura represente la magnitud de la unidad de medida para cada aspecto.
- f) Construir la línea de frecuencia acumulativa sumando las magnitudes de cada aspecto de izquierda a derecha.
- g) Utilizar el Diagrama de Pareto para identificar los aspectos más importantes para el mejoramiento de la calidad [23].



**Figura 16 Diagrama de Pareto**  
**Extraído de internet soporte de minitab 2016**

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ingenio Pedernales, es una empresa mexicana dedicada a la elaboración de azúcar en el estado de Michoacán, la fabricación del azúcar es a través de la caña, su producción supera las 40,000 toneladas anuales.

En el ingenio Pedernales, fue afectada la producción de azúcar ya que en su última zafra la producción disminuyó de 45,000 toneladas a 38,000 toneladas en el departamento de molienda ya que tuvo muchos paros no programados.

Algunas de las principales causas son desgaste, fisuras y quebraduras de las chumaceras y ejes de los molinos de caña que causó muchos paros no programados en la producción, perdiendo tiempo, dinero y sacarosa.

Otra de las causas es que la materia prima, es decir, la caña entre al conductor con piedras o basura y provoque que al pasar por las cuchillas estas se rompan y tengan que ser remplazadas.

Las consecuencias son muchas, una de ellas es que afecta la principal corriente de proceso, que es el vapor, ya que el área de molienda alimenta con el gabazo a calderas para producir el vapor que necesitan varios equipos tales como (calentadores, evaporadores, tachos y secadores).

De acuerdo con lo anterior, se quiere resolver las problemáticas en el área de molienda del ingenio Pedernales con ayuda de herramientas de calidad para efectuar mediciones, obteniendo así datos numéricos y elaborando una metodología para dar al departamento una mejora continua.

Para realizar un mejor análisis de estos datos resulta útil apoyarse en lo que se denomina técnicas graficas de la calidad, como lo son las 5 herramientas básicas de la calidad que son: diagrama de flujo, diagrama de SIPOC, diagrama de tortuga, diagrama causa efecto y diagrama de pareto, utilizadas para la solución de problemas atinentes a la calidad.

## **CAPÍTULO 3. OBJETO DEL ANÁLISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar el proceso de molienda en el ingenio Pedernales S.A de C.V para minimizar las fallas implementando la mejora continua mediante la aplicación de herramientas de la calidad.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Comprender la representación gráfica del proceso.
2. Reconocer las partes implícitas del proceso.
3. Conocer las transformaciones del proceso.
4. Detectar los diferentes motivos que originar un problema.
5. Dar prioridad a los problemas más perjudiciales.
6. Empleo de acciones correctivas y mejora continua.

### **JUSTIFICACIÓN**

Para un ingenio azucarero es fundamental que el área de molienda no tenga paros en zafra.

Los atrasos en la molienda son importantes porque se presenta un desfase a la hora de moler la caña situación que genera desesperación en cañeros, causando parcelas sin cosechar o vendiéndolas al mejor postor.

Si la caña no es cortada en el tiempo estipulado, la calidad disminuye y los afectados, en su gran mayoría, son los cañeros, debido a que los ingenios azucareros buscan la forma para no perder ingresos a su economía.

La frescura de la caña de azúcar es el tiempo transcurrido desde la quema o el corte del cultivo hasta que se muele es importante reducir este tiempo para evitar la pérdida de sacarosa.

Debido a este problema hay riesgo que no se pueda cumplir las metas de molienda que fueron estimadas al inicio de la zafra.

Un día de paro en molinos equivale a 7000 toneladas perdidas.

Durante la ejecución del proceso de molienda, intervienen personas, recursos tecnológicos, materiales, tiempo, infraestructura física entre otros. La buena o mala utilización de estos recursos determina al final el grado de satisfacción del cliente final y como consecuencia la rentabilidad de la empresa.

Al hacer el análisis de procesos de molienda buscas mejoras los siguientes aspectos:

- Eliminar la duplicidad de los procesos y reducción de procesos críticos, disminuyendo o eliminando los errores, Así como las actividades que no generan valor.
- Reducción de tiempos en procesos, optimizando el tiempo de molienda.
- Mejorar la calidad del servicio para incrementar la satisfacción del cliente.
- Mejorar la productividad y eficiencia de los colaboradores en sus actividades diarias.
- Optimizar los costos incurridos en la ejecución de un proceso y mejorar la rentabilidad.

El beneficio sería que con la ayuda de las herramientas de calidad se podrá saber dónde ha surgido fallas y así se cubrirá esas aéreas a más detalle, cuando se esté realizando mantenimiento reducir las fallas en el proceso de molienda ahorrando dinero y tiempo y así se podrá disminuir la variabilidad en el proceso.

Lograr estas mejoras requiere, no sólo tener clara la intención, sino también utilizar herramientas metodológicas que permitan un trabajo ordenado, estandarizado y controlado de las mejoras efectuadas.

Asimismo, la optimización de procesos está orientada en ayudar a la empresa a rediseñar sus procesos de negocio con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia.

## ESTADO DEL ARTE

- a) En el coloquio Nacional de investigación multidisciplinaria se desarrolló la aplicación de herramientas estadísticas para la disminución de pérdidas de sacarosa en un ingenio azucarero Enríquez (2008) menciona que "para lograr bajos costos de producción, se han tomado diferentes estrategias en cada área de la organización, enfocadas principalmente a la disminución de los gastos de operación". Para lograr la detección de problemas se utilizó la herramienta conocida como diagrama de Pareto y para determinar las causas principales que generan los principales problemas el diagrama de causa-efecto [24].
  
- b) El Ing. Alywin Hacay-Chang León Guayaquil desarrollo un Modelo de sistemas integrados de gestión de la calidad y seguridad, para el mantenimiento electrónico del área industrial de ECUADOS S.A, INGENIO LA TRONCAL con base a las normas ISO 9001:2008 Y OHSAS 18001:2007 su finalidad es disminuir los tiempos de paro de los equipos electrónicos aplicando herramientas que permitan una gestión más eficiente, eliminando causas raíces de fallas y estableciendo métodos de mejora continua [24].
  
- c) La Ing. Miroslava del Socorro Partida Rodríguez realizo un Diagnóstico logístico del sistema productivo e implementación de mejora continua en el ingenio Quesería su procedimiento fue de manera logística conociendo el funcionamiento del sistema productivo del ingenio utilizando 7 herramientas lista de chequeos, gráficos, diagrama de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión y diagrama causa- efecto [24].

## METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se llevará a cabo en las siguientes etapas principales:

- a) **Recopilación de información:** Se recopilará la mayor información sobre el proceso de molienda, tanto en el ingenio pedernales como otros externos, así como también, las herramientas de calidad básicas, que, entre muchos otros usos, sirven para la mejora continua de una organización.
  
- b) **Trabajo estadístico:** Este trabajo se realizará en varias Fases. Se propone una metodología propia de la mejora de proceso de molienda con apoyo de instrumentos y herramientas para la gestión del proceso de mejora en sus distintos ámbitos y así poder disminuir las fallas en la zafra aplicando un análisis de problemas, generación y organización de ideas. Analizando las fallas más comunes con la herramienta de causa - efecto, el diagrama SIPOC que por sus siglas en inglés (*Supplier, inputs, process, outputs, customers*) que es la de un proceso en cinco fases, representación de un Análisis de proceso (Diagrama de Tortuga) permite visualizar el proceso de una forma más fácil, Diagrama de Flujo que es la representación de un proceso gráficamente de cualquier actividad [25].

Fase 1. Se utilizará la herramienta diagrama de flujo para describir el proceso y así se podrá documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que pueden ser complejos en diagramas claros.

Fase 2. Se utilizará el diagrama de SIPOC para detectar y organizar los proveedores, la entrada, el proceso y la salida.

Fase 3. Se utilizará el diagrama de tortuga para saber cómo medir las acciones que se llevan a cabo en el proceso y ayudar al mejoramiento del sistema de gestión.

Fase 4. Se utilizará el diagrama de causa - efecto se realizará una lluvia de ideas para identificar las posibles causas de un problema específico.

Fase 5. Se utilizará el diagrama de Pareto se hará una encuesta a los trabajadores del área de molienda de los problemas que más frecuente del área se agruparan de mayor a menor y se sacara el porcentaje después se hará el diagrama de Pareto para obtener el "80/20".

Fase 6. Se tomará una decisión correctiva al área de molienda a partir del resultado del diagrama de Pareto y se hará una mejora continua.

**Tabla 1. Registro de actividades estadísticas**

Fases	Etapa	Actividad	Herramienta
Fase 1	Analizar	Representación gráfica del proceso	Diagrama de flujo
Fase 2	Identificar	Identifica las partes implicadas del proceso	Diagrama de SIPOC
Fase 3	Identificar	Representa las transformaciones del proceso	Diagrama de tortuga
Fase 4	Identificar	Obtención de diferentes motivos que pueden originar una falla o problema	Diagrama causa - efecto
Fase 5	Implementación	Análisis en fusión de prioridades	Diagrama de Pareto
Fase 6	Comprobación	Aplicación de acciones correctivas en el proceso	Mejora continua

- c) Trabajo en campo:** Este trabajo se realizará en varias etapas, se visitará el departamento de molienda para realizar una encuesta a los trabajadores del área sobre los problemas más recurrentes que ellos hayan contemplado en las últimas 3 zafas, finalmente aplicar acciones correctivas en el proceso de molienda y una mejora continua.
- d) Verificación de los resultados obtenidos:** En la etapa final del trabajo se realizó la verificación de los datos obtenidos en el área de molienda utilizando la fórmula  $\text{Productividad} = \text{eficiencia} \times \text{eficacia}$ .

## **CAPÍTULO 4. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD AL PROCESO DE MOLIENDA**

### HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada: comenzando con la selección del proyecto y finalizando con la implementación de este.

Las primeras cinco herramientas se utilizan fundamentalmente en la primera etapa del análisis de métodos.

El análisis Pareto y los diagramas de pescado surgieron a partir de los círculos de calidad japoneses a principio de los años sesenta y fueron muy exitosos en la mejora de la calidad y en la reducción de costos de los procesos de fabricación.

Las gráficas de Gantt surgieron durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de una mejor planeación de proyectos y en el control de proyectos militares complejos. Sin embargo, también pueden ser muy útiles para identificar problemas en una planta industrial.

## Puntos Clave:

- Seleccione el proyecto con las herramientas de exploración: análisis de Pareto, diagrama de pescado y graficas de Gantt.
- Obtenga y presente datos con las herramientas de registro: operación, flujo, hombres/maquina y diagramas de flujo.
- Desarrolle el método ideal con herramientas cuantitativas: relaciones hombre/maquina y cálculos de balanceo de la línea [25].

Por lo general las primeras cuatro herramientas de exploración se utilizan en la oficina del analista. La quinta herramienta, la guía para el análisis de trabajo/sitio de trabajo, permite identificar los problemas dentro de un área en particular, departamento o sitio de trabajo y se desarrolla mejor como parte de una inspección física y observaciones en el sitio.

La guía proporciona una identificación subjetiva de factores administrativos, ambientales, de la tarea o de los empleados clave que podrían causar problemas potenciales.

Es importante la aplicación de las herramientas de calidad ya que son técnicas o procedimientos escritos que ayudan a la empresa a medir la calidad de los servicios. Resolver los problemas relacionados con la calidad y planificar mejor sus procesos para llevar una mejora en la productividad y servicio al cliente. Los problemas de la calidad se presentan como perdidas, las herramientas de la calidad son básicas ya que no requieren de conocimientos avanzados de estadística para aplicarlos y porque son técnicas o gráficas muy sencillas a desarrollar.

Permiten aumentar la calidad de los servicios, acorde al tipo de trabajo o actividad a realizar y aplicable para todo tipo de empresa [25].

## DIAGRAMA DE FLUJO

En el diagrama de flujo que se muestra en la figura 17, nos muestra la representación gráfica del proceso de molienda que se lleva a cabo en el ingenio Pedernales S.A de C.V.

Muestra la visualización de la materia prima que entra en el proceso de molienda.

Nos permite observar las actividades implicadas en el proceso.

En este proceso se manejan 8 máquinas todas en operación las 24 horas del día.

Con color rosa se muestra las operaciones que se hacen en cada fase del diagrama.

El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrarlos costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta [25].

Analizando el diagrama de flujo se puede observar que hay movimientos innecesarios para la empresa en este caso la grúa ya que en el movimiento que hace la grúa para abastecer la mesa alimentadora es innecesaria se podría omitir poniendo una volteadora de camiones así se reducen tiempo y movimientos innecesarios.

El ingenio opta por cambiar la grúa y poner una volteadora limpiando el área y expandiendo la misma para la instalación de la volteadora de camiones.

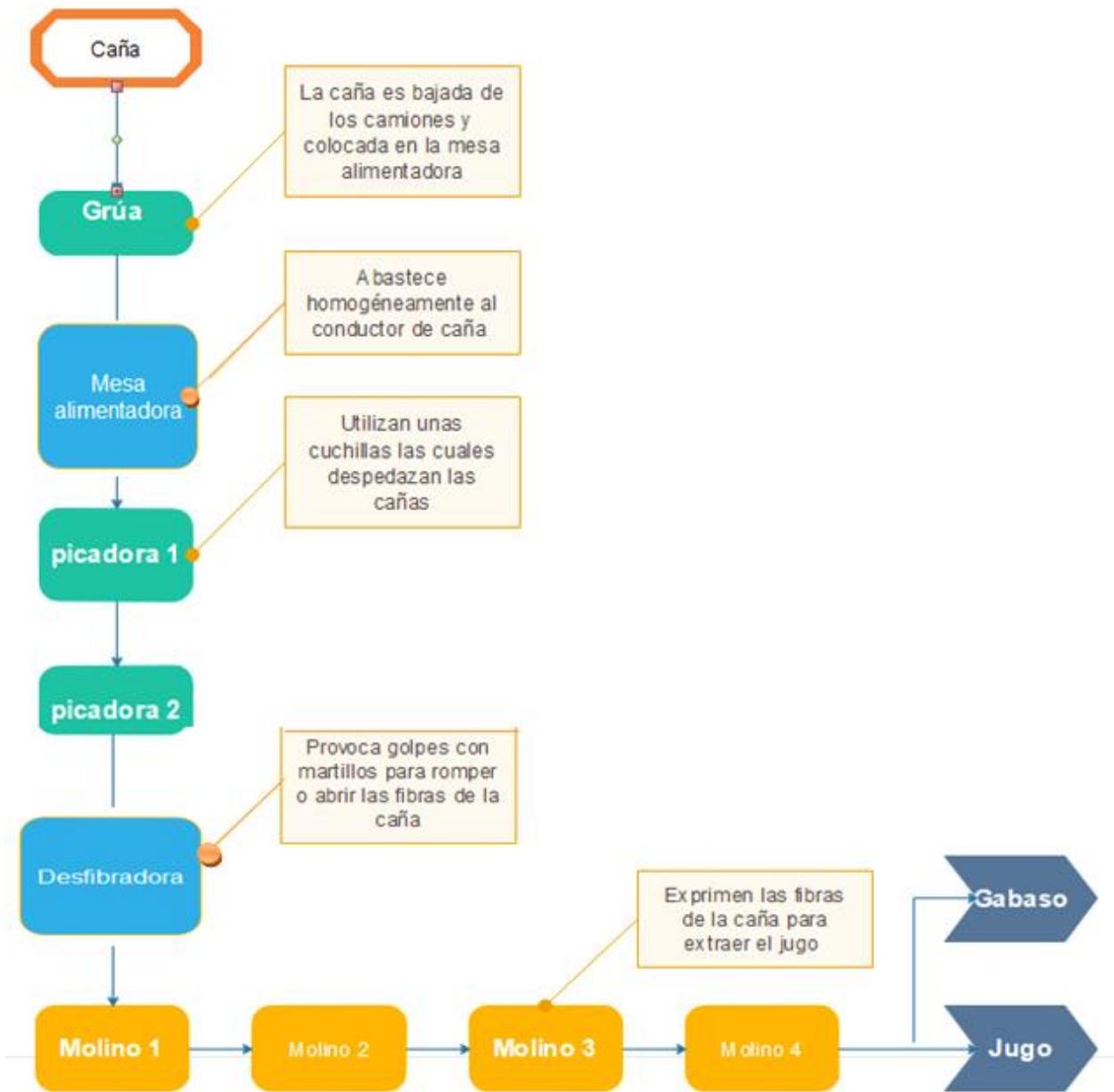


Figura 17 Diagrama de flujo Área de Molinos

En el diagrama de flujo se empieza analizando la materia prima que es la que se marca en este caso con anaranjado como ya se mencionó la caña llega al ingenio por medio

de camiones y carretas. Se pasa por una báscula electrónica tipo plataforma para obtener su peso de entrada al proceso.

La descarga de la caña se hace con una grúa que está marcado en el diagrama de color verde que es el siguiente paso de mi proceso la grúa abastece la mesa alimentadora.

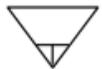
Las picadoras en este ingenio son 2 eso puede variar dependiendo el ingenio las picadoras 1 y 2 marcadas en el diagrama de color verde nos ayudan a picar la caña en trozos pequeños a diferencia de otros ingenios donde la caña entra ya en trozos en el ingenio pedernales la caña entra entera y las picadoras las cortan en partes pequeñas para una mejor extracción del jugo.

Así como se muestra en el diagrama el cuarto paso es una desfibradora que se encuentra marcado de color azul esta es la encargada de machacar la fibra para una mejor extracción y no haya dificultades una vez entrando a los molinos.

El quinto paso es la extracción del jugo este se realiza con los molinos en el ingenio pedernales se cuentan con cuatro molinos que en el diagrama están marcados de color anaranjado son los encargados de comprimir la caña para extraer el jugo.

Finalmente tenemos las salidas que están marcadas de color azul en el diagrama que es el jugo turbio se le conoce así porque es el jugo con el lodo mezclado por eso solo se marca como una salida y la otra salida es el gabazo una vez ya extraído el jugo el gabazo se manda al área de calderas.

Conjunto de símbolos de diagrama de procesos de acuerdo con el estándar ASME.

Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	Origen	Este símbolo sirve para identificar el paso previo que da origen al proceso, este paso no forma en sí parte del nuevo proceso.
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Hay una operación cada vez que un documento es cambiado intencionalmente en cualquiera de sus características.
	Inspección	Indica cada vez que un documento o paso del proceso se verifica, en términos de: la calidad, cantidad o características. Es un paso de control dentro del proceso. Se coloca cada vez que un documento es examinado.
	Transporte	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y/o funcionario.
	Demora	Indica cuando un documento o el proceso se encuentra detenido, ya que se requiere la ejecución de otra operación o el tiempo de respuesta es lento.
	Almacenamiento	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo. También se puede utilizar para guardar o proteger el documento de un traslado no autorizado.
	Almacenamiento Temporal	Indica el depósito temporal de un documento o información dentro de un archivo, mientras se da inicio el siguiente paso.

**Figura 18** símbolos del diagrama de flujo

Extraído de libro Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo  
benjamín w. Niebel

Diagrama de flujo con simbología estándar (ASME) que se muestra en la figura 19.

**TRANSPORTE:** En una empresa es hablar del movimiento de la materia es hablar de la logística de carga en todas sus formas en la cual se traslada insumos, materias primas y productos terminados de un lugar a otro según su planificación de la demanda, en este punto del diagrama nos indica la operación que realiza la grúa que es la transportación de la materia prima que en este caso es la caña, la bajara del camión y la transportara a la mesa alimentadora.

**ALMACENAMIENTO:** Es la acumulación de materia prima los trabajos de almacenamiento requieren una carga y descarga del producto manejo de dispositivos de transporte intermedio que colocara la materia (toros, camiones y grúas) así como el traslado manual.

Su objetivo es guardar la materia prima en la mesa alimentadora utilizada para fines de producción en el ingenio y la información de escasez, que es cuando el operador visualiza la falta de materia prima en la mesa alimentadora y habla al supervisor para prevenir retrasos en la molienda.

**OPERACIONES:** En una empresa son las acciones que se llevan a cabo en un proceso que generan el producto que se ofrece a los clientes las actividades contemplan la dirección de operaciones como se muestra en el diagrama en este caso la desfibradora que es la que destaza la caña con golpes es la primera operación en el molino seguido de las cuchillas que son las que pican la caña y finalmente los cuatro molinos que son los aparatos que extraen el jugo de caña.

Y finalmente tenemos en el proceso de molienda un transporte que es la encargada de mandar el jugo al siguiente proceso en este caso es una báscula y manda al gabazo a el departamento de calderas que lo usaran como combustible para crear vapor que se utilizara en la producción del azúcar.

Este diagrama nos indica con códigos de diseño, las acciones que realizara el proceso en este caso molienda estos códigos se usan en todo el mundo.

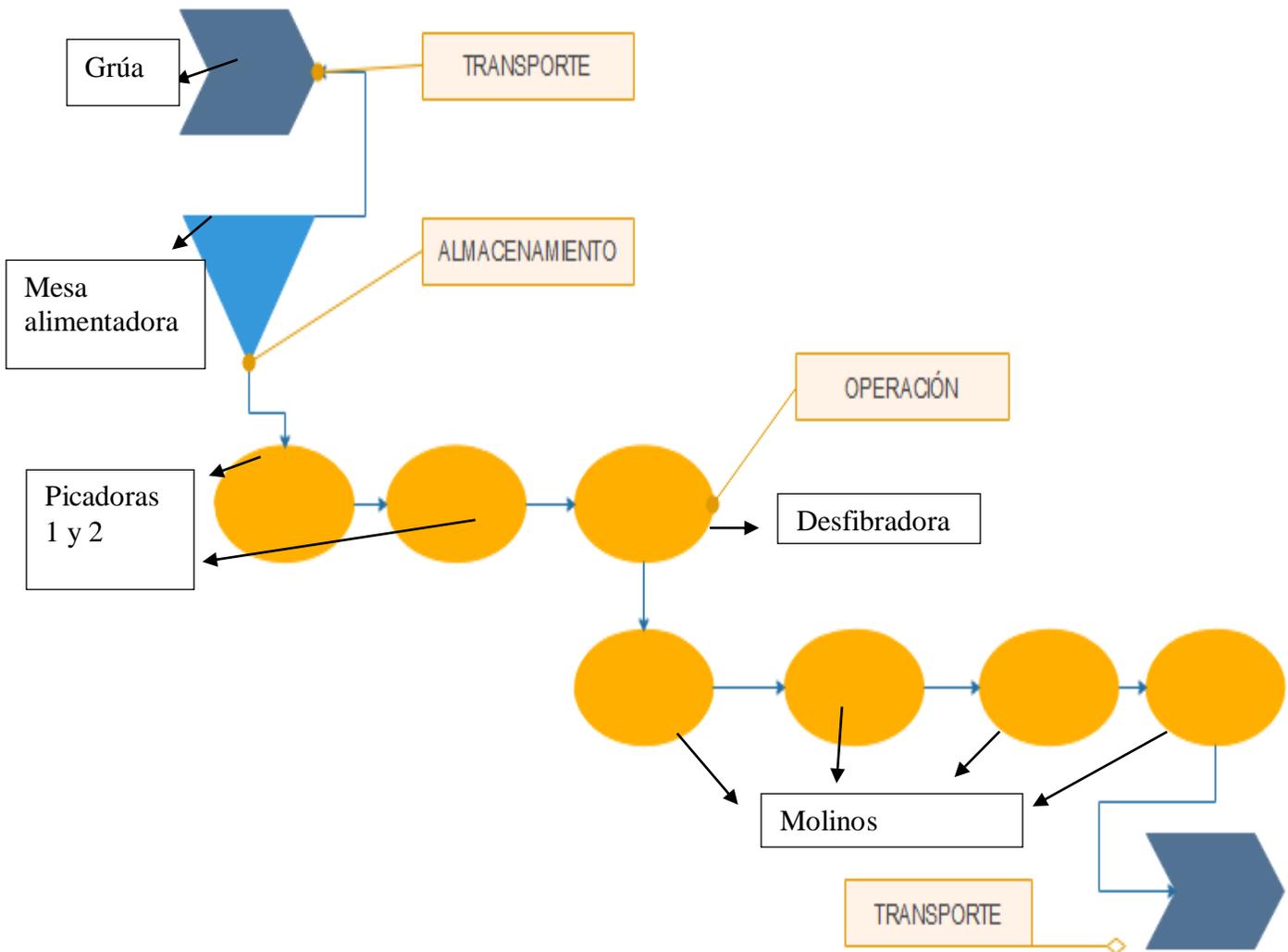


Figura 19 Diagrama de flujo con simbología estándar ASME.

## DIAGRAMA DE SIPOC

El diagrama SIPOC que se muestra en la tabla 2, es una herramienta que se utiliza en las primeras etapas de proyectos de mejoramiento, investigaciones de causa raíz, proyectos de innovación y otros usos similares. Su nombre proviene de sus siglas en inglés *Supplier, Input, Process, Output, Customer*. El SIPOC es un vistazo general al proceso en estudio que le ayuda al equipo a identificar todos los elementos relevantes.

SIP indicará los primeros indicios sobre dónde buscar causas raíz, mientras que OC indicará dónde se están dando los efectos [26].

En el diagrama de SIPOC entran categorías que en el diagrama de flujo no se encuentran y es muy importante, su importancia puede afectar todo el proceso son los (proveedores).

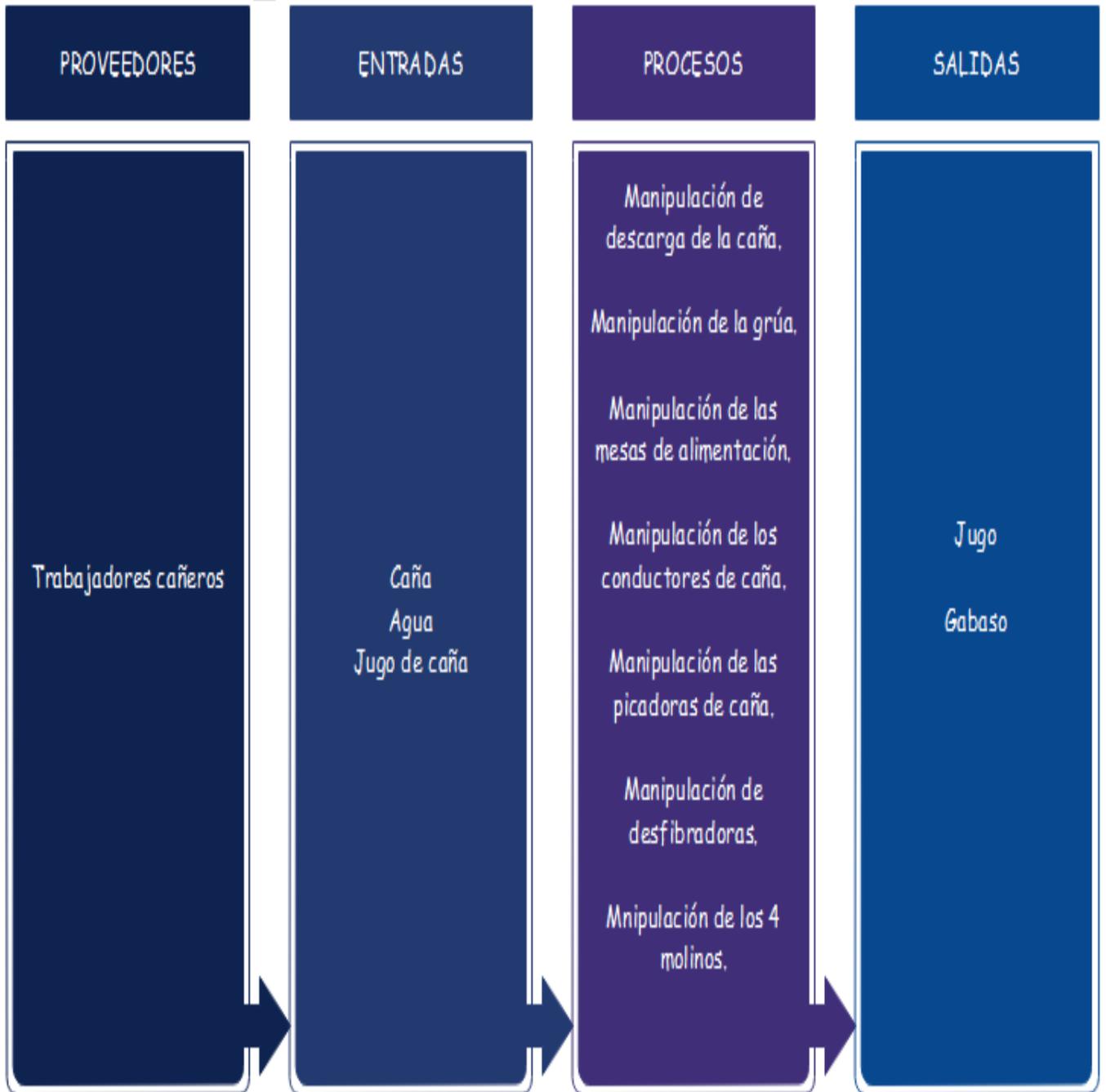
Son aquellos que abastecen el proceso en el ingenio azucarero.

se detectaron fallas por causa de los proveedores ya que sucedieron paros no programados por causas de las huelgas, por otro lado, no traían la materia prima por falta de dinero el ingenio tuvo demasiadas perdidas ya que se perdieron hasta 24 horas sin producción por falta de materia prima.

El ingenio realizó una campaña para apoyar al trabajador cañero brindándoles dinero para su cosecha de materia prima y brindándoles abono y apoyo de corte de la misma.

Es importante en esta industria que los proveedores cumplan con su entrega a tiempo ya que también podría haber paros en el departamento de molienda si no hay materia prima.

Tabla 2 Diagrama de SIPOC.



Pues bien, lo descrito anterior mente en el diagrama de SIPOC no es más que el ordenamiento de una operación. Pues es un proceso que detecta el proveedor, la entrada, salida y un cliente.

El diagrama de SIPOC nos permite entender el funcionamiento del proceso para tener más facilidad de comprender los requisitos o lo que espera el cliente con esta salida, así como los requisitos o condiciones que necesitas en la entrada además de que te permite visualizar los puntos en tu proceso que generan problemas, también logras de forma más asertiva la forma en el que el proceso logra resultados.

En el ingenio el proceso de compras de materia prima o insumos con los cuales la organización opera. Es muy importante ya que es la que permite al ingenio poder ofrecer la azúcar al cliente.

Los proveedores para los ingenios suelen ser empresas exteriores, así que el ingenio evalúa la caña antes de meterla al proceso, generalmente la selección y multiplicación de las variedades de caña busca una producción elevada de ésta por hectárea y un alto contenido de sacarosa.

Las entradas para el ingenio son importantes ya que con ella el ingenio puede elaborar su producto la inspección principalmente es a la caña, la fábrica debería pagar por la caña el valor que se merece en términos de su efecto sobre la recuperación y los costos de procesamiento.

La calidad de caña influye sobre la cantidad de azúcar que se extrae con el jugo de caña y sobre la calidad o pureza de este jugo. Una caña fresca y limpia es el suministro ideal para una fábrica, porque facilita la extracción del azúcar y proporciona jugo de alta pureza para el proceso.

## DIAGRAMA DE TORTUGA

En el diagrama de tortuga que se muestra en la figura 20, identificamos los siguientes aspectos del área de molienda:

Quien realiza las actividades en el departamento de molienda.

Las entradas del proceso de molienda.

Proveedores del área de molienda.

Cuáles son sus referencias del proceso.

Las actividades que se realizan en el área de molienda.

La herramienta de área continúa.

Que recursos se necesitan para el área de molinos.

Medición y evaluación.

En el diagrama de tortuga nos muestra que si no tenemos los suministros necesarios tampoco podemos realizar la extracción del jugo.

Sin agua caliente en molinos no se podrá extraer todo el jugo del gabazo así que la empresa prefiere hacer paro a perder sacarosa. También en este diagrama tenemos que saber cómo vamos a medir nuestro mejoramiento continuo. En el ingenio pedernales se pesa el jugo extraído y se lleva un registro cada hora.

También es necesario tener en cuenta el número de fallas o de paros en el departamento este conteo se hace mensual y se puede determinar donde se obtuvo más fallas y el por qué.

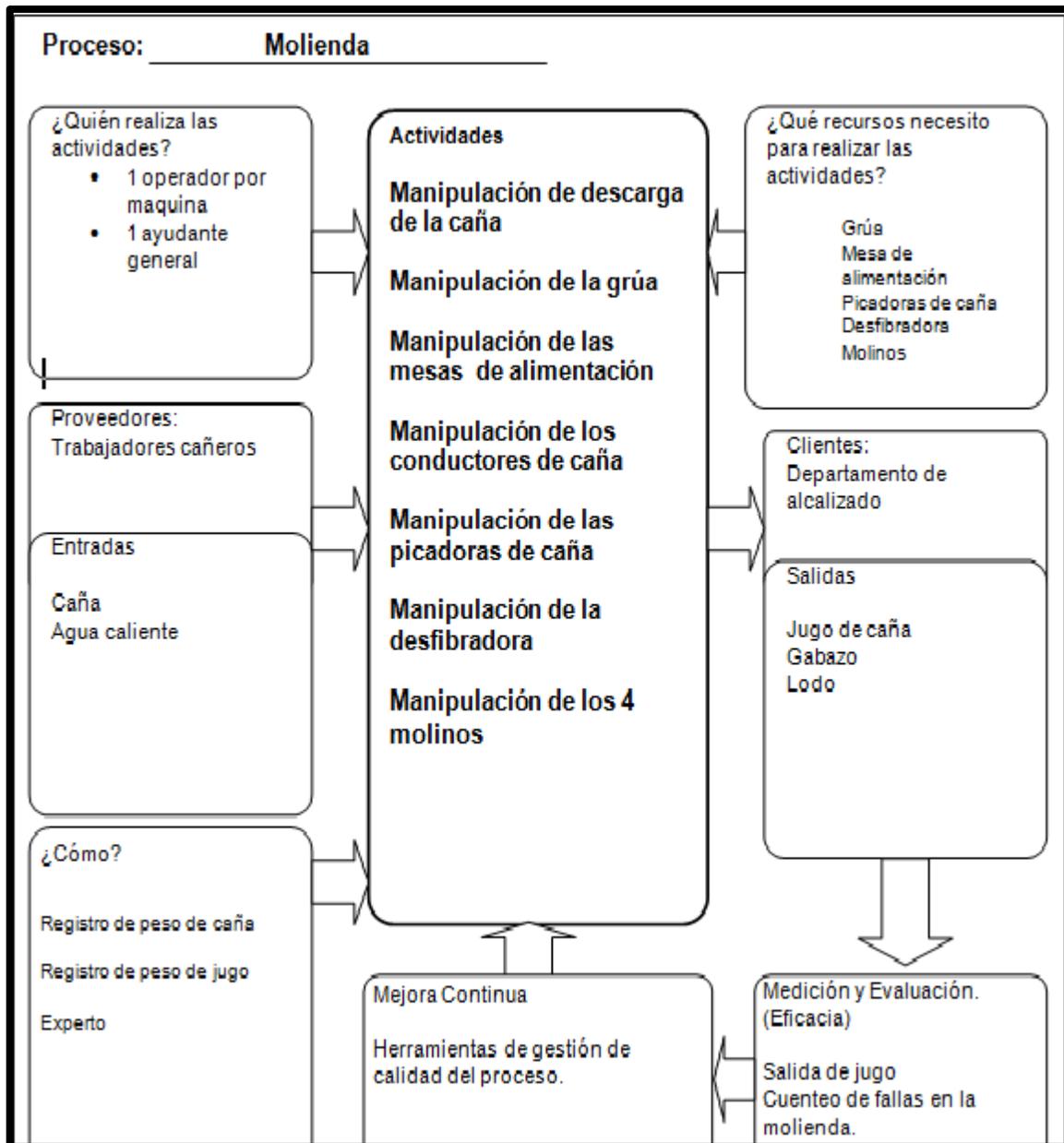


Figura 20 Diagrama de tortuga

## ¿QUIÉN REALIZA LAS ACTIVIDADES?

El área de molienda se considera como uno de los procesos de mayor importancia y responsabilidad en la planta, puesto que de ella depende el tonelaje.

En el ingenio pedernales S.A de C.V cada área del proceso cuenta con un operador y un ayudante general la empresa requiere de 3 turnos por día, ellos son los encargados de realizar las actividades en el proceso cada proceso cuenta con un ingeniero y un supervisor son los encargados de llevar a cabo la administración y la calidad del proceso.

Sus turnos para los operadores son:

Turno A 08:00 hrs. a 16:00 hrs.

Turno B 16:00 hrs. a 00:00 hrs.

Turno C 00:00 hrs. a 08:00 hrs.

## ¿CÓMO REALIZAN LAS ACTIVIDADES?

1. Controlar la operación en los equipos.
2. Verificar el estado de los equipos e instalaciones al inicio de cada turno.
3. Solicitar al supervisor de turno bloqueos y desbloques de equipos.
4. Cada que se le de mantenimiento el operador debe de realizar una prueba.
5. Informar a cada operador el flujo de trabajo.
6. Registrar operaciones.
7. Informar y proponer al supervisor cualquier acción o mejora en el proceso.

## ¿QUÉ RECURSOS NECESITO PARA REALIZAR LAS ACTIVIDADES?

Los recursos para realizar las actividades en el área de molienda son:

Maquinaria:

- Grúa
- Mesa alimentadora
- Picadoras de caña
- Desfibradora
- Molinos

Mano de obra:

- Operadores
- Supervisores
- Azucareros
- Ayudantes generales
- Mecánicos
- Soldadores
- Electricistas

Materia prima:

- Caña
- Agua caliente

## MEJORA CONTINUA:

Se revisará las operaciones de los problemas, la reducción de los costos, la racionalización y otros factores, utilizando las herramientas de calidad que proporcionaran una visión continua, medición y retro alimentación sobre el rendimiento del proceso para mejorar la ejecución del proceso de molienda.

## ¿CÓMO SE MEDIRA Y SE EVALUARA?

Para medir los resultados se propuso usar la fórmula de mejoramiento continuo del sistema que es la que dará resultados estadísticamente al evaluar el análisis numérico que se va obteniendo zafra con zafra.

Esto se refiere que es un indicador de gestión, las cuales son medidas para determinar el éxito de un proceso obteniendo, es la suma de resultados por una persona o grupo en un determinado periodo mientras se ejecuta un proceso.

No hay fórmulas mágicas para medir, pero si es posible aplicar una metodología que ayude a formular un cuadro de medición apropiado al departamento de molienda lo principal es enfocar cuales son los objetivos del proceso.

Los cambios por evaluar deben de estar dirigidos primeramente al objetivo de la molienda, divulgar sus metas y deseos del proceso esto llevara a la visualización de los factores.

#### CLIENTES:

Este punto no cuenta, ya que es mi primer proceso en el ingenio por lo cual no se tienen clientes aun, lo importante es mandar al siguiente proceso el jugo en buenas condiciones para que no se tengan pararos no programados en el ingenio y haiga mucha más producción.

#### SALIDAS:

La extracción del jugo de caña es nuestra primera salida que se lleva a cabo en los molinos y consiste en la compresión de la fibra de caña entre cilindros de gran tamaño llamados mazas.

El lodo es la segunda salida este se extrae con un filtro principalmente para las ventas de abono para plantas, es la tierra con la que llega la caña al proceso.

La fibra es la tercera salida se utiliza para generar el vapor en el área de calderas.

## DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

Utilizando el diagrama de espina de pescado que se muestra en la figura 21, para poder obtener los factores que causan un problema, se distribuyen en categorías todas las causas de los problemas en 5 o 6 categorías conocidas como las 6 M (materiales, medio ambiente, métodos de trabajo, maquinaria, mano de obra, medición) estas relacionan las posibles causas de un problema para la realización de las categorías se utilizó la herramienta de lluvia de ideas entre los trabajadores del área de molienda los aspectos de cada categoría se identificaron por las fallas presentes de las ultimas 3 zafras.

Estas son las causas más probables que generan el problema en el área de molino.

El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la "cabeza del pescado" y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las "espinas del pescado" unidas a la columna vertical y a la cabeza del pescado [27].

Nuestro problema es porque hay paros no deseados en el área de molienda las cuales nos generan varias causas posibles de cinco elementos (Materiales, Maquina, personal, método y medio ambiente).

En el diagrama de pescado se subrayó las fallas más comunes que pensaban los operadores, pero se tenía que comprobar numéricamente.

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

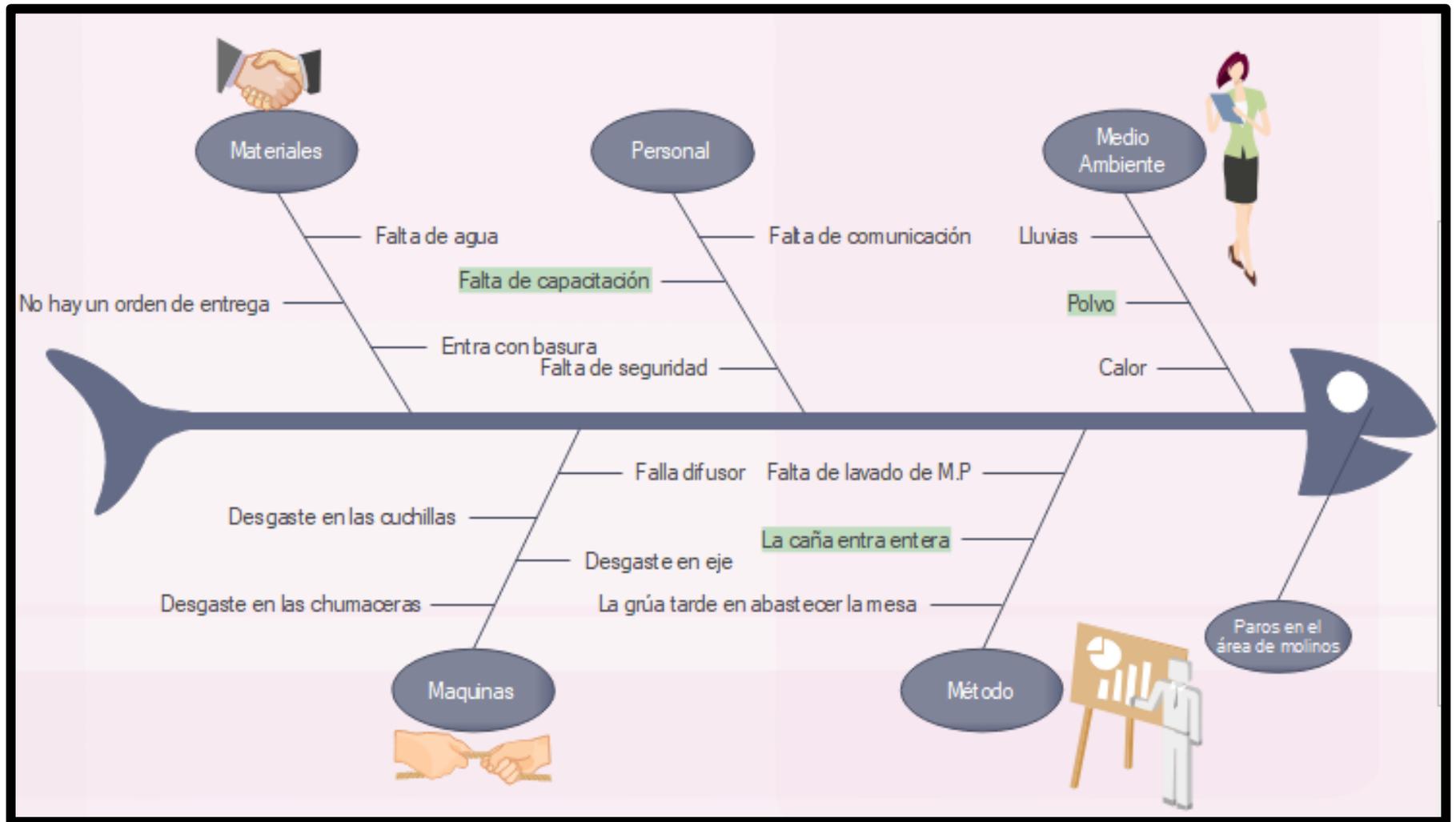


Figura 21 Diagrama de pescado del área de molino

1. Para empezar un diagrama de pescado se necesita tener definido un problema que se requiera examinar y corregir, y se coloca del lado derecho del diagrama en la cabeza del pescado.
2. A continuación, se determinan las causas que se consideren apropiadas al problema: maquinas, método, medio ambiente, materiales, personal y medición son las más comunes y se aplican en varios procesos.
3. Se realiza una lluvia de ideas o también conocido como: *brainstorming*, de posibles causas y se relacionan con cada categoría.
4. Al identificar las posibles causas, se debe de cuestionar cada una de ellas para generar ideas adicionales, al usar la herramienta.
5. Para interpretar los resultados del diagrama se tiene 2 opciones:
  1. Se Busca las causas que se repitan a través de las categorías anteriores.
  2. Se vota para la seleccionar las causas con mayor potencial en la empresa.

## CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA DE PESCADO

**MATERIALES:** Los materiales son los recursos de una empresa o asociación que permiten conseguir aquello que se planeó o se requiera, son los medios físicos que ayudan a conseguir un objetivo.

En las empresas se conocen como: materia prima, maquinas, instalaciones, terreno, etc. Gracias a los bienes es posible desarrollar un producto.

Aplicando esta categoría en la empresa ingenio pedernales observamos con la ayuda de la herramienta de calidad la lluvia de ideas, que en el departamento de molienda no era suficiente el abastecimiento de agua en el proceso ya que se requiere para la extracción de jugo en el área de molinos.

En el abastecimiento de materia prima es indispensable que sea constante la entrada de caña en el área de molienda porque este departamento trabaja las 24 horas durante los 6 meses así que si el departamento no cuenta con recursos no podrá alimentar los otros procesos dado que el gabazo o fibra de la caña que sale del área de molienda es indispensable para el área de calderas ya que se usa como combustible para generar el vapor de todo el proceso azucarero.

Dado a la determinación de la causa que la materia prima aceda con basura a la mesa alimentadora nos generara atascamientos o a su vez quebraduras de cuchillas, paros no programados, accidentes laborales o contaminación del jugo si esta se rompe.

**PERSONAL:** Es el recurso humano que opera el proceso en cada departamento de la industria el cual debe de ser capacitado y con conocimientos del proceso el departamento de molienda es considerado uno de los departamentos iniciales para los trabajadores no por su importancia sino por los motivos que se generan en este departamento tales como: exceso de polvo, ruido, trabajo fatigoso, cansancio por medio ambiente (calor), etc. Por las causas anteriores se han tenido problemas con la capacitación y con la experiencia en el departamento.

Con respecto a la falta de comunicación que es importante en este departamento, es porque el departamento está retirado al proceso del azúcar ya que ahí solo se extrae el jugo y es bombeado a la fábrica, por ende se tardan en detectar problemas ya sea del área de molienda o del proceso azucarero cosa que afecta dado que no se puede dar solución inmediata al problema ya hasta cuando se tiene que hacer un paro no programado así mismo el departamento de molienda no tiene comunicación

buena con la torre de enfriamiento que es la encargada de bombear agua al departamento.

En la falta de seguridad en el departamento se refiere al uso de equipos de protección indispensables para la operación tales como: gafas, tapones de oídos, guantes, equipo de medición en las áreas que se operan etc. Han ocurrido accidentes en el departamento dejando discapacitados en el departamento.

**MEDIO AMBIENTE:** El medio ambiente en la industria perjudica a los trabajadores porque afecta el área de trabajo en el departamento de molienda el calor del sol y de las maquinas cansa a los trabajadores más rápido y los deshidrata en menor tiempo, así como la lluvia afecta al proceso ya que entra al departamento que está en el medio ambiente lluvia que es agua fría por lo tanto cuesta más la extracción del jugo y los empleados disminuyen la ejecución en el proceso.

Finalizando con el polvo que hay en todo el medio que al moler la caña en el proceso se genera y entra en la visión de los trabajadores perjudicando sus acciones laborales y así sus vías respiratorias.

**MAQUINARIA:** Son los instrumentos utilizados para un fin determinado, son las piezas que componen un mecanismo y que ponen en funcionamiento un proceso esta creado para regular o dirigir la acción de una fuerza.

En el proceso de molienda una de las maquinas hace 3 movimientos innecesarios cosa que atrasa la molienda, La grúa una de las maquinas que abastece la mesa alimentadora tiene que trasportar la caña en partes ya que es no es capaz de agarrar gran volumen de caña el giro que realiza es de 180° con una repetición de 3 veces por camión, La utilización de una volteadora ahorrara el tiempo y movimiento que realiza la grúa, pero con mayor rapidez.

El desgaste en la cuchilla es frecuente en el departamento de molienda ya que son las encargadas de despedazar la caña que entra entera en el proceso así que tienen desgaste y pierden resistencia hasta que se terminan quebrándose, son 2 juegos de cuchillas por lo tanto el departamento lo tiene que tener contemplado para darle mantenimiento preventivo.

El desgaste en las chumaceras es muy frecuente en el departamento de molienda ya que las partículas del jugo por su acidez corroen el metal de bronce con lo cual están fabricadas las chumaceras así mismo las piedras rompen o rayan este material cosa que deja de ser útil para un molino y necesitara ser remplazada.

Cuando se habla del desgaste de los ejes en el área de molienda, así como el desgaste de las chumaceras también es atacado por las partículas abrasivas del jugo de caña, además, también genera calor excesivo en las áreas que mantiene contacto hasta presentar fisuras y quebraduras en los bronces.

Los difusores son una alternativa para la extracción del jugo de caña en los ingenios azucareros hay aproximadamente 32 ingenios operando con difusores, sus principales fallas son que las fibras del gabazo después de pasar por los molinos son menores y acaban perjudicando la percolación.

**METODO:** El método es el proceso con el cual se llega a un objetivo predeterminado dentro de una industria es la forma de realizar algo con orden, esta actividad se realiza a través de propuestas que elaboran analistas.

Al hablar del lavado de la materia prima se refiere a la caña, ya que como esta es traída de campos suele presentarse con piedras y animales esto afecta gravemente a la operación de las cuchillas ya que se pueden fracturar al tener contacto con una piedra, también se pueden presentar atascamientos en los molinos o en la banda transportadora, en el caso de los animales si se descuida se podría contaminar el jugo al ser triturados por el área de molienda ya de ahí la importancia de la mesa alimentadora con esta se previene esta situación dado que un operador es el encargado de revisar y así detectar antes de que entre a la banda transportadora un objeto no deseado.

Otra de las situaciones es que la caña entra entera, hay empresas que cortan en trozos la caña antes de entrar al área de molienda y así reducir situaciones de atascamientos en las bandas y en las cuchillas, así como también en la mesa alimentadora, en el ingenio pedernales la caña no es cortada sufriendo las situaciones anteriormente mencionadas.

En el ingenio pedernales aún se trabaja con una grúa, esta situación hace que se pierda tiempo ya que la grúa tiene que realizar un giro de 180° para abastecer la mesa alimentadora, debido a esta situación para descargar un camión y colocar la caña en la mesa alimentadora se realiza en 3 giros por lo tanto se pierde demasiado tiempo, en otros ingenios ya se utilizan los volteadores, que es un sistema donde se voltean los camiones completos hacia la mesa alimentadora, y así el proceso de abastecimiento es más rápido y en menor tiempo.

## DIAGRAMA DE PARETO

En el ingenio pedernales S.A de C.V se tiene un problema en sus últimas 3 zafras el área de molinos ha causado bajas en la producción por tal causa se decidió hacer un diagrama de Pareto para saber cuáles son los problemas más frecuentes y cuáles se tienen que resolver primero para tener más impacto en la mejora del proceso.

Se hicieron 50 encuestas a los trabajadores del Área de molienda para saber cuáles eran las fallas más comunes durante la zafra.

Con este diagrama se asignarán prioridades a los problemas más comunes en el área de molienda, se mostrará gráficamente el principio de Pareto siendo que hay muchos problemas, pero tenemos que enfocarnos a los más importantes.

Facilitará el estudio de las fallas en el área de molienda, el principal uso de este diagrama es para asignar prioridades dentro de una organización, evaluarlas fallas y darles solución.

¿CÚAL ES EL PROBLEMA QUE MÁS HAS FRECUENTADO EN EL ÁREA DE MOLIENDA?

SELECCIONE CON UNA "X"

**Tabla 3 Cuestionario aplicado al área de molienda**

Falta de agua en molienda	
Falta de orden de entrega	
La entrada de la materia prima	
La falta de comunicación	
La falta de capacitación	
La falta de seguridad	
Las lluvias	
El polvo	
El calor	
El desgaste en las cuchillas	
El desgaste en las chumaceras	
La falla del difusor	
El desgaste en los ejes	X
Falta de lavado de materia prima	
Que la caña entre entera	
La grúa que tarda en abastecer la mesa alimentadora	

Las causas son las mismas que se obtuvieron en el diagrama de causa efecto poniendo en prueba el análisis por medio de selección de cada una de ellas, así reducir el número de opciones de fallas con una encuesta.

Resultado de la encuesta a trabajadores del área de molienda que se muestra en la figura 22.

- 4 trabajadores mencionaron la falla mecánica en el difusor.
- 9 trabajadores mencionaron la falla por suspensión por falta de agua.
- 3 trabajadores mencionaron la suspensión por lluvias.
- 15 trabajadores mencionaron el Desgaste en las chumaceras.
- 19 trabajadores mencionaron el Desgaste por los ejes.



Figura 22 Resultados del cuestionario del área de molinos

Se ordenaron las fallas de mayor a menor.

Se establecen los problemas que se tendrán que acomodar en secuencia de mayor a menor, así como se muestra en la tabla 3, la frecuencia es el número de personas entrevistadas que coincidieron con la misma respuesta, el porcentaje se determina con el número de encuestados en este caso son 50 por lo tanto es un 100%, el porcentaje de 19 personas con respecto a 50 encuestados es de un 38%, su porcentaje acumulado es de 38%, por ser el primer porcentaje.

El porcentaje acumulado es la sumatoria de los porcentajes, así como van acomodadas las preguntas por ejemplo 38% mas 30% es igual a 68%.

**Tabla 4 Tabla de Pareto.**

Problemas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Desgaste en ejes	19	38%	38%
Desgaste en chumaceras	15	30%	68%
Suspensión por falta de agua	9	18%	86%
Falla del difusor	4	8%	94%
Lluvias	3	6%	100%
TOTAL	50	100%	

Si trasladamos la ley de Pareto a nuestro problema así como se muestra en la figura 23, nos dice que el 80% de las fallas en el área de molino son producto del 20% de nuestros defectos, lo que esto quiere decir es que nosotros no vamos a resolver estas 5 fallas porque requerirán de una gran cantidad de tiempo , dinero y esfuerzo Pareto nos dice que nosotros nos tenemos que concentrar en resolver el problema o los problemas que nos generan el 80% de las fallas no significa que no se va resolver las otras fallas significa que tenemos que dar prioridad a las fallas más frecuentes en el área de molinos.

Se determinaron los porcentajes que representan las fallas con respecto a los encuestados.

Después se determinaron los porcentajes acumulados.

En la gráfica se ordenaron las fallas de mayor a menor, en la parte izquierda de la gráfica se colocaron las frecuencias de encuestados y en la parte derecha de la gráfica se colocó los porcentajes entonces 50 que es el número de encuestada final y 100% que sería nuestra frecuencia final están a la misma altura, esto nos dice que los 50 encuestados son el 100% de las encuestas.

Se graficaron las frecuencias y se grafican los porcentajes acumulados de cada una de estas fallas.

## DIAGRAMA DE PARETO

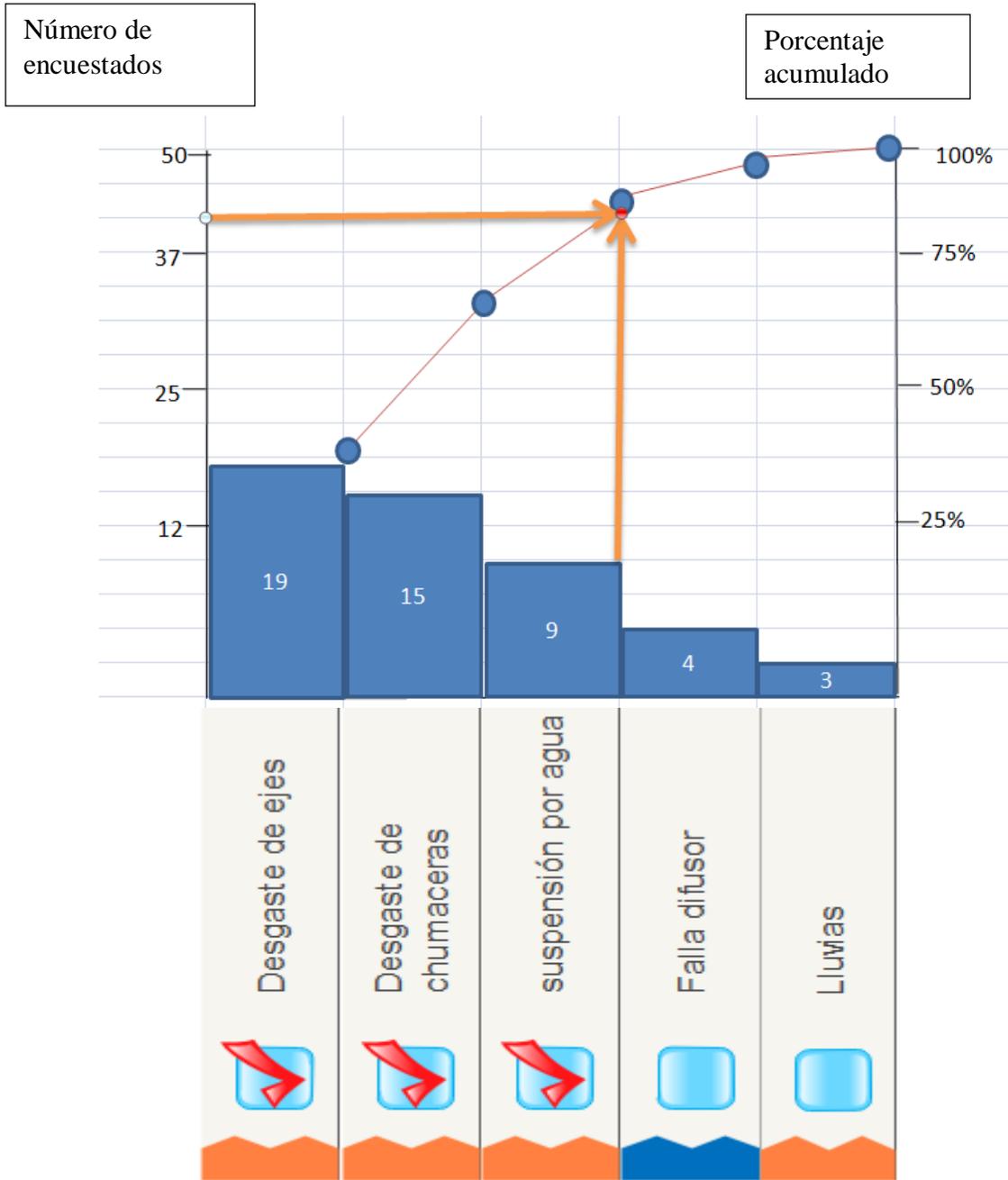


Figura 23 Diagrama de Pareto

En la Interpretación de la información que se muestra en la tabla 5, se determinaron los problemas que acumulan el 80% de las fallas en el área de molinos los cuales son:

**Tabla 5 Problemas más importantes a resolver**

1	Desgaste de ejes
2	Desgaste de chumaceras
3	Suspensión por falta de agua

Estas fallas son las que se tienen que resolver con prioridad.

Con el diagrama de Pareto observamos que las supuestas causas del diagrama de pescado no eran las de mayor prioridad en el problema, gracias a él diagrama de Pareto se asignaron con prioridades las principales fallas en el área de molienda.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con ayuda de las herramientas de calidad fueron:

En el área de molinos del Ingenio Pedernales S.A de C.V se muestran 5 Principales problemas. Pero con el Diagrama de Pareto se observó que le tiene que dar prioridad a 3 problemas que son el 80% de los defectos del proceso los cuales son:

1. Desgaste en los ejes.
2. Desgaste en las chumaceras.
3. Falta de agua en el proceso.

Cumpliendo con los objetivos al detectar las fallas óptimas para corregir y mejorar el proceso con respecto al desgaste en los ejes la empresa decidió utilizar agua caliente en el proceso de molienda para rebajar el ácido del jugo que entra a los molinos reduciendo el desgaste por acides a los ejes y así no tener desgaste hasta que acabe la zafra.

Para el problema de las chumaceras que tienen fallas por desgaste y rayado le beneficiara también la entrada de agua caliente al departamento de molienda ya que también son atacadas por las partículas abrasivas del jugo especialmente en la flotación del eje.

Para el problema de suspensión por falta de agua se corrigió al utilizar un radio para tener una mejor comunicación con la torre de enfriamiento para cuando se acabe el agua puedan comunicarse con la torre de enfriamiento más rápido y la torre de enfriamiento le pueda bombear agua al ingenio y así reducir paros no programados por falta de agua.

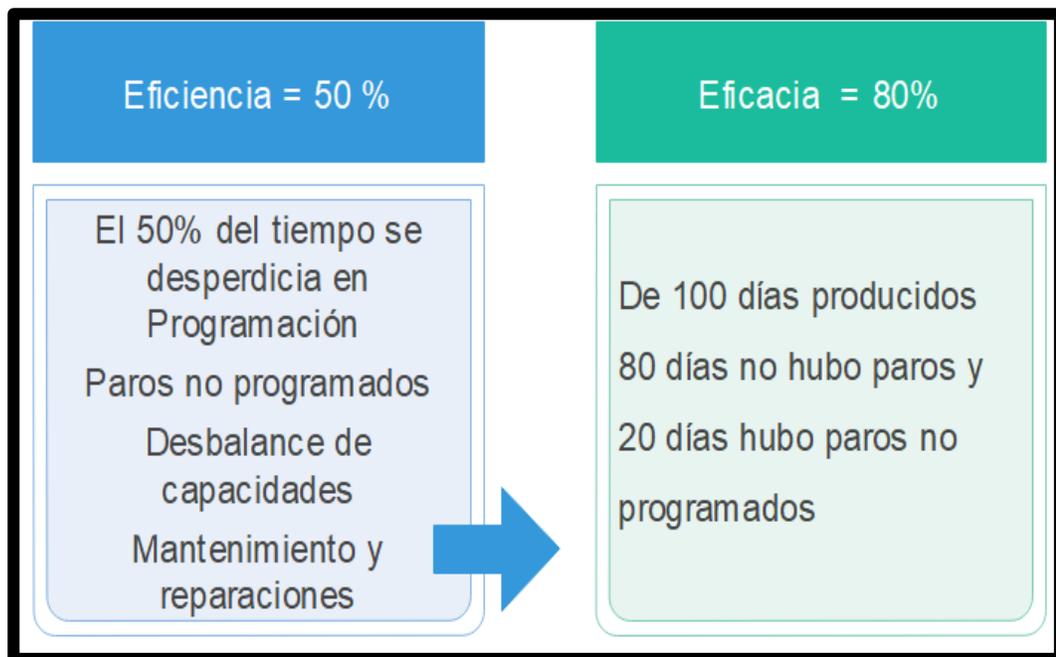
También utilizamos otras herramientas para implementar estrategias de mejora como: diagrama de tortuga (Análisis de proceso) y el diagrama de Ishikawa mejorando la productividad en el Ingenio Pedernales S.A de C.V.

pedernales S.A de C.V sugiero que sea a través de la fórmula del mejoramiento continuo del sistema [27].

Ec (2)            Productividad=eficiencia x eficacia

$$\frac{\text{Volumen de toneladas molidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} \times \frac{\text{Volumen de toneladas molidas}}{\text{Tiempo útil}}$$

**Tabla 6 Interpretación de los resultados eficiencia x eficacia**



## RESULTADOS MEDIDOS

En el ingenio pedernales se muele caña 6 meses al año que en horas hombre son 4,392 horas en el periodo del 2016 se molió 38,000 toneladas de caña, pero hubo paros no programados en el área de molienda, 40 días en toda la zafra en horas son 960 se quiere determinar si el proceso trabaja con eficiencia o con eficacia.

Antes de la aplicación de la metodología propuesta.

Periodo 2016 38,000 toneladas molidas

Utilizando la fórmula de Productividad=eficiencia x eficacia

Si el ingenio trabaja 6 meses el tiempo total es de = 4,392 horas

Pero tuvo paros de 40 días en total el tiempo útil es de =3432 horas

Se divide el tiempo total sobre el tiempo útil = 0.7 horas

Luego se divide la cantidad de volumen molidas sobre el tiempo útil =11.0

Luego se multiplica eficiencia x eficacia lo cual es =7.7 %

Revisando los parámetros de la Tabla 6 nos dice que el proceso tiene eficiencia.

En el periodo del 2017 el área de molienda reporto 40,500 toneladas de caña molida con paros no programados de 432 horas hombre, se quiere determinar si el proceso trabaja con eficiencia o con eficacia.

Después de aplicar la metodología propuesta.

Periodo 2017 40,500 toneladas molidas

Utilizando la fórmula de Productividad=eficiencia x eficacia

El ingenio trabajo 6 meses el tiempo total es de = 4,392 horas

Pero tuvo paros de 18 días en total el tiempo útil es de =3960 horas

Se divide el tiempo total sobre el tiempo útil = 0.9 horas

Luego se divide la cantidad de volumen molidas sobre el tiempo útil =10.10

Luego se multiplica eficiencia x eficacia lo cual es =9.20 %

Revisando los parámetros de la Tabla 6 nos dice que el proceso tiene **eficacia**.

Comparando la producción del 2016 al 2017 fue un cambio de eficiencia a eficacia.  
El éxito de esta metodología es que se puede aplicar a cualquier proceso.

La experiencia en este trabajo fue grata ya que se realizó el análisis, identificación de fallas, diseño e implementación de la metodología propuesta y el uso de herramientas de calidad.

Aplicando los conocimientos de Ingeniería industrial en base a las materias de calidad y estadística, empleándolas de forma correcta.

En general, la productividad se entiende como la relación entre lo producido y los medios empleados, por lo tanto, se mide mediante el cociente:

Resultados logrados entre recursos empleados.

Los resultados logrados que se muestran en la tabla 7, se pueden medir en unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades. Mientras que los recursos empleados se cuantifican mediante números de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc.

Mientras que la eficiencia es el grado con el cual las actividades previstas son relacionadas y los resultados planeados son logrados. Por lo tanto, ser eficaz es cumplir con objetivos y se atiende mejorando los resultados de equipos, materiales y en general del proceso [27].

**Tabla 7 Resultados de la mejora en el proceso**



**Extraído de libro control estadístico de la calidad y Seis Sigma McGraw-Hill  
2012**

Cuando no se atienden estos tipos de fallas en las organizaciones o industrias puede empeorar la calidad en las diferentes actividades y provocar equivocaciones y fallas de todo tipo, por ejemplo:

1. Reprocesos, desperdicios y retrasos en la producción.
2. Paros y fallas en el proceso.
3. Una inspección excesiva para tratar que los productos de mala calidad no salgan.
4. Reinspección y eliminación de rechazo.
5. Mas capacitación, instrucciones y presión a los trabajadores.

6. Gastos por fallas.
7. Problemas con proveedores.
8. Clientes insatisfechos y pérdidas de ventas.
9. Problemas, conflictos humanos en el interior de la empresa.

Las características en común de cada uno de los aspectos anteriores es implicar más gastos, así como menos producción y ventas [28].

Importancia de la aplicación de las herramientas de calidad a un proceso.

1. Costos y participación en el mercado: Las herramientas de calidad llevan a una mejor participación en el mercado también permite el ahorro en los costos de fabricación.
2. Prestigio de la organización: la calidad aparecerá por las percepciones por la que los clientes tengan sobre los nuevos productos de la empresa y por las prácticas de los empleados.
3. Responsabilidad por los productos: las empresas que hacen productos malos pueden ser responsabilizadas por lecciones o daños que causen con su consumo.
4. Implicaciones internacionales: la calidad es un asunto internacional tanto para una compañía como para un país los productos deben competir con calidad y precio [29].

## CONCLUSIÓN

Podemos concluir que gracias a la metodología propuesta y con el apoyo de las herramientas de calidad tales como diagrama de flujo, diagrama de Pareto y diagrama de SIPOC, se identificaron las fallas que retrasan la producción y crean paros no programados en el área de molienda, corrigiendo el 80% de sus fallas en el área.

Es necesario establecer y planificar un tiempo adicional para la evaluación, testificación, análisis, y, si es posible, la eliminación o reparación del defecto detectado en cada fase del proceso [30].

La mayoría de los expertos en Gestión de Calidad coinciden en que gran parte de los problemas relacionados con la calidad y la productividad (defectos y fallos), pueden ser solucionados mediante herramientas de fácil utilización y comprensión que permite mantener y mejorar el estándar de trabajo mediante mejoras pequeñas y graduales, cuyo objetivo final es la mejora de los procesos para conseguir optimizar todos los recursos de que dispone una empresa [31].

Cumpliendo con los objetivos al detectar las fallas óptimas para corregir y mejorar el proceso con respecto al desgaste en los ejes la empresa decidió utilizar agua caliente en el proceso de molienda para rebajar el ácido del jugo que entra a los molinos reduciendo el desgaste por acides a los ejes y así no tener desgaste hasta que acabe la zafra.

Para el problema de las chumaceras que tienen fallas por desgaste y rayado le beneficiara también la entrada de agua caliente al departamento de molienda ya que también son atacadas por las partículas abrasivas del jugo especialmente en la flotación del eje.

Para el problema de suspensión por falta de agua se corrigió al utilizar un radio para tener una mejor comunicación con la torre de enfriamiento para cuando se acabe el agua puedan comunicarse con la torre de enfriamiento más rápido y la torre de enfriamiento le pueda bombear agua al ingenio y así reducir paros no programados por falta de agua.

También se utilizaron otras herramientas para implementar estrategias de mejora como: diagrama de tortuga (Análisis de proceso) y el diagrama de Ishikawa mejorando la productividad en el Ingenio Pedernales S.A de C.V.

## REFERENCIAS

- [1] Bailww \éE. (1982): Manufacture and Rclining of Cane Sugar
- [2] Birke/1 L.S. (1965): The iniluce of lops and lrash on lhe economics of sugar
- [3] Verlag Dr. Albert Bartens KG - Berlin 2012
- [4] azúcar general (2016) definicionabc.com  
<https://www.definicionabc.com/general/azucar.php>
- [5] Azúcar comercio exterior (2017)  
mapama.gob.es[http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/azucar\\_tcm7-315242.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/azucar_tcm7-315242.pdf)
- [6] Birke/1 L.S. (1965): The iniluce of lops and lrash on lhe economics of sugar  
production. Proc. In l. S oc. Sugar Can E Technol. 12, 1636-1642
- [7] (Sugar Can E Technol van der Poel et al. 1998:249 (1965))
- [8] (1999): Annual Report of the Mauritius Sugar Industry
- [9] Bailww \éE. (1982): Manufacture and Rclining of Cane Sugar
- [10] Bemhatdl H. \V. (1994): Dry cleaning of sugarcane
- [11] Birkell H.S.; Stein J.M. (2004): Cane washing lossacs. Sugar
- [12] Coales D. (1994): A review of cane conveying systcms. Proc. S. Afr. Sugar
- [13] Ano11. (2005): ICUMSA Methods Book. Verlag Dr. A. Bartens, Berlin
- [14] Bos/wjf T.L. (1994): Shredder drives. Proc. S. Afr. Sugar Cane Technol. Ass. 68,  
169-171
- [15] Cttllen R. N. (1968): Influences of operating conditions on the stresses in a sugar  
mili roller shaft. Proc. Queensland Soc. Sugar Cane Technol. 35, 281-287
- [16] Verlag Dr. Albert Bartens KG - Berlin 2012
- [17] D. M. MEADOWS Director Ejecutivo- Gerencia Tecnológica
- [18] B. STC. MooR Consultor Bosch Projects
- [19] Gestión de la calidad y gestión ambiental en la industria alimentaria Rafael  
Sánchez Mohedano
- [20] Administracion y control de la calidad James Evans Cengage Learning (2005)
- [21] Calidad y Excelencia Empresarial | Sinapsys Business Solutions
- [22] La Calidad No Cuesta (Philip B. Crosby) - InfoServi

- [23] Que es el control total de la calidad Kauro Ishikawa C. R. U P O. D O R A.
- [24] Gestión integral de la calidad Front Cover. Lluís Cuatrecasas. Grupo Planeta (GBS), 2005 - ISO 9000
- [25] DUARTE, M. Evaluación, TQM La calidad como objetivo estratégico de la gestión de Documentación Automatizada, 1994, p. 279-286
- [26] Control estadístico de calidad y seis sigmas Humberto Gutiérrez Pulido Román
- [27] GARCIA-MORALES, E. Gestión de calidad y sistemas de Gestión Integrada de la Documentación.
- [28] GOÑI, J. J.: La Calidad en los Sistemas de Información. Dirección y Progreso, 1992.
- [29] INTEGRATING Total Quality Management in a Library Setting. Journal of Library Administration, 1993
- [30] Annual Book of ASTM Standard, G 40 Terminology relating to wear and erosion. Vol. 03-02, 1995.
- [31] libro Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo benjamín w. Niebel.