



Reporte Final de Estadía

Israel Bernardino Flores

Análisis de fallas en las áreas de batey y molinos

Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja
Congregación Dos Caminos, C.P. 94910. Cuitláhuac, Veracruz
Tel. 01 (278) 73 2 20 50
www.utcv.edu.mx



VERACRUZ
Gobierno del Estado



SEV
ESTADO DE VERACRUZ

VER Educación
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



DET
Dirección de Educación
Tecnológica del
Estado de Veracruz



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa
Ingenio San José De Abajo S.A. de C.V.

Nombre del proyecto
“Análisis de Fallas en las áreas de Batey y Molinos”

Presenta
TSU. Israel Bernardino Flores

Cuitláhuac, Ver., a 20 de abril de 2018.



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial
Ing. Abraham Martínez Zamudio

Nombre del Asesor Académico
MAFO. Sergio Vázquez Rosas

Jefe de Carrera
Ing. Gonzalo Malagón González

Nombre del Alumno
TSU. Israel Bernardino Flores

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 <i>Estado del Arte</i>	4
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	6
1.3 <i>Objetivos</i>	7
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.4 <i>Definición de variables</i>	7
1.5 <i>Hipótesis</i>	8
1.6 <i>Justificación del Proyecto</i>	8
1.7 <i>Limitaciones y Alcances</i>	8
1.8 <i>Datos generales de la empresa.</i>	9
1.8.1 <i>Nombre de la empresa</i>	9
1.8.2 <i>Ubicación de la empresa</i>	9
1.8.3 <i>Giro y tamaño de la empresa.</i>	10
1.8.4 <i>Principales productos y/o servicios que ofrece.</i>	10
1.8.5 <i>Historia</i>	11
1.8.5 <i>Misión</i>	12
1.8.6 <i>Visión.</i>	12
1.8.7 <i>Política de calidad</i>	13
1.8.8 <i>Organigrama del departamento técnico.</i>	14
1.9 <i>Procesos que se realizan en la empresa</i>	15
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	16



CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO	17
3.1 Recopilación de datos de las fallas que generaron paros en el ingenio.....	17
3.2 Registro de datos de las fallas que generaron paros en el ingenio.....	19
3.3 Fallas de Batey y Molinos del mes de Enero	20
3.4 Fallas de Batey y Molinos del mes de Febrero.....	24
3.5 Realización del libro de códigos para las fallas.....	28
3.6 Ingreso de la información.	30
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	31
4.1 Resultados	31
4.2 Conclusiones.....	58
BIBLIOGRAFÍA	60
Referencias	60

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Cristóbal Bernardino Vázquez e Isidra Flores de la Rosa, por su apoyo, esfuerzo y comprensión incondicional que han dado para que yo pueda culminar una carrera universitaria.

A mi esposa Lucero Pintor Rodríguez por su apoyo, comprensión y paciencia para poder culminar con mis estudios.

A mis hermanos que con palabras de apoyo me alentaban día a día para no desistir en seguir estudiando.

A mis profesores de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz que me dieron herramientas necesarias para poder cursar el plan de estudios. Y también por alentarme a seguir estudiando.

Al señor Juan Carlos Alarcón Pacheco por sus consejos y el apoyo para poder realizar mi estadía en esta empresa.

A mi asesor académico MAFO. Sergio Vázquez Rosas y mi asesor industrial Ing. Abraham Martínez Zamudio por darme las herramientas necesarias para la realización de mi tesis.

Al equipo de trabajo que conforman el Departamento técnico: Sr Guadalupe Rodríguez M., TSU. Luis Pablo Muñoz F., Ing. J. Alfredo Lozada R., Ing. José Antonio Canseco Vázquez., Ing. Francisco Jr. Morales Toro por darme material de apoyo para la realización de mi estadía en esta empresa.

Y sin dejar de mencionar a mis compañeros de trabajo (personal obrero) del departamento del taller de tornos, por sus consejos y apoyo. También por darme la facilidad de rolar turnos (en temporada de zafra) para poder asistir a la universidad.

RESUMEN

El objetivo de esta tesis es realizar un análisis de las causas de los paros por fallas en los equipos que se generan en las áreas de batey y molinos durante los meses enero-febrero de la zafra 2017-2018 en las áreas de batey y molinos.

El método empleado es el procedimiento del análisis de fallas, el cual presenta una serie de pasos detallados que nos facilitan encontrar las causas de los problemas. Para que este análisis funcione se necesita recabar información minuciosa acerca de los paros por fallas, paros programados y no programados de la molienda en las áreas que se mencionaron anteriormente; ésta se obtiene a través de los supervisores de maquinaria el cual llevan un registro diario de los tiempos perdidos de molienda que se presentan en su turno designado.

Como resultado se obtuvo que las causas que provocan los paros, son por fallas en los componentes de los equipos. Y también se obtuvo que la disponibilidad del área de batey es mayor con respecto al área de molinos.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Trabajar con un análisis de fallas permitirá encontrar con mayor exactitud las causas que las originan. De este modo podremos analizar a profundidad las fallas que impiden que los equipos cumplan con los objetivos establecidos. Para llevar a cabo este análisis, se necesitará de la colaboración del personal involucrado que son los tres supervisores de maquinaria por turno y el jefe de mantenimiento que proporcione información veraz y adecuada para la evaluación.

En la actualidad realizar este tipo de análisis ha adquirido un valor muy importante para la industria azucarera, debido a que las competencias que pertenecen a este rubro están desarrollando metodologías para el aumento de la disponibilidad de los equipos y reducción de la tasa de fallos.

Ingenio San José de Abajo S.A. de C.V., pretende realizar análisis de fallas en las áreas de batey y molinos ya que son muy importantes para la producción, ya que dependen de esas áreas para la preparación y molienda de la caña de azúcar.

A continuación, se describirá los capítulos que conforman este proyecto:

Capítulo 1.- Es la introducción, tiene la finalidad de proporcionar una visión general de los objetivos y el contenido del documento.

Capítulo 2.- Es la metodología, se centra en todos los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto, llevándolo de la mano con sus alcances y objetivos.

Capítulo 3.- Es el desarrollo, incluye los pasos o actividades ordenadas efectuadas para la realización del proyecto.

Capítulo 4.- Son los resultados y conclusiones, son de gran importancia ya que el objetivo que se plantea alcanzar es de mostrar, interpretar y generar las conclusiones pertinentes en base a los resultados que se deducen del estudio realizado.

1.1 Estado del Arte

Leonardo Javier Alfredo AGuiar G. y Hender Armando Rodríguez B. (2014) Hacen mención que en los departamentos de mantenimiento industrial hay que tener bien definido el concepto de una falla, donde se debe entender o definir como toda alteración o interrupción en el cumplimiento de la función requerida; esta definición nos ayudan a revisar cómo se pueden originar y como clasificar las fallas de los equipos de la compañía.

Joel Esquivel (2009). Refiere que el diagrama de Pareto es un método para organizar errores, problemas o defectos con el propósito de ayudar a enfocar los esfuerzos para la solución de problemas. La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado “Principio de Pareto”, conocido como Ley 80-20 o “Pocos vitales y muchos triviales”, el cual reconoce que unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos generan muy poco del efecto total.

Joel Esquivel (2009). Menciona que un diagrama causa-efecto, diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a contemplar todas las causas que pueden afectar el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar directamente las soluciones sin cuestionar a fondo cuáles son las verdaderas causas. De esta manera, el diagrama de Ishikawa, ayuda a no dar por obvias las causas, sino que obliga a que se vea el problema desde otras perspectivas.

Arturo Eda (2013). Menciona que un MTFB (Mean Time Between Failures) es el Tiempo Promedio Entre Fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo promedio en que un equipo, máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. También hace mención que un MTTR (Mean Time To Repair) es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en

restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. También proporciona el tiempo para analizar y diagnosticar la falla, tiempo para conseguir la refacción, tiempo de planeación.

Eda (2013). Menciona que un MTTF (Mean Time To Fail) es el Tiempo Promedio para Fallar y es indicador que mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. También hace mención que la Disponibilidad es definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado.

Corrales, Gil, Remedios, Masjuan y Gil (2014). Refieren que el proceso de extracción de la sacarosa de la caña de azúcar en el tándem de molinos se puede considerar dividida en dos etapas: una de extracción en seco y otra en húmedo. La de extracción en seco, propiamente dicha, puede estar constituida por una desmenuzadora y un primer molino, o solo por un primer molino o uno desmenuzador. Esta etapa es la que entrega el alimento (fibra + jugo) a la etapa de extracción en húmedo. La relación (masa de jugo/masa de fibra de caña), dependerá de la preparación de la caña y de la efectividad de la etapa de extracción en seco. Mientras menor sea el valor de esa relación en el tándem, mejores serán los resultados de la etapa de extracción en húmedo. Con la imbibición compuesta, el proceso de extracción en húmedo se acerca a uno de lixiviación a contracorriente, donde cada etapa está constituida por el molino y el tramo de transportador que lo alimenta.

Rein (2012) hace mención que el objetivo de la molienda de caña es separar el 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. En los molinos la caña es exprimida utilizando elevadas presiones entre pares de mazas o rodillos consecutivos. Estos están diseñados para extraer tanto jugo (agua disponible + sacarosa + no-

azucares) como sea posible de la fibra insoluble. El residuo de la caña después de que se ha extraído al jugo se denomina bagazo.

Robert B. Abernethy Menciona que el análisis de Weibull es la técnica mayormente elegida para estimar una probabilidad, basada en datos medidos o asumidos. La distribución de Weibull descubierta por el sueco Walodi Weibull, fue anunciada por primera vez en un escrito en 1951. La distribución de Weibull es útil por su habilidad para simular un amplio rango de distribuciones como la Normal, la Exponencial, etc. Las técnicas discutidas en la distribución de Weibull son similares a las usadas con las distribuciones Normal y Log-Normal.

1.2 Planteamiento del Problema

Hoy en día la disponibilidad y eficiencia en los equipos y maquinaria de las empresas y/o industrias juegan un papel fundamental en cuanto a su productividad, dichos indicadores reflejan el estado en que se encuentran operando los equipos, incluso en tan solo minutos se ven reflejadas pérdidas económicas muy serias ocasionadas por paros no programados.

En el Ingenio San José de Abajo se producen 3600 bultos (180 ton) de azúcar estándar cada 8 horas, es decir que cada minuto se producen 7.5 bultos de azúcar. En un turno normal surgen frecuentemente paros no programados, la mayoría ocasionadas por diferentes tipos de fallas en los equipos de batey y de los molinos tales como son: paros en batey por falta de materia prima, paros de molinos por sobrecarga, paros de la molienda de caña por fallas en los componentes de los equipos, descarrilamiento de los equipos entre otros, causando un embotellamiento en el proceso de la fábrica, arrojando pérdidas considerables para la empresa ya que por cada minuto de paro deja de moler 3.03 toneladas de caña de azúcar y también deja de extraer 0.6 basculadas de guarapo; 1 basculada de guarapo es equivalente a 5.05 ton de caña.

Razón por la cual, el área de batey y molinos es muy importante para la producción ya que la empresa depende de esas áreas para la preparación y molienda de la caña de azúcar.

Es por esto, que en el presente trabajo se busca determinar los motivos por los que se ocasionan los paros en los equipos de las áreas de batey y molinos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las causas de los paros en los equipos del área de molinos y batey durante los meses enero-febrero de la zafra 2017-2018.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el histórico de paros que se generan en los meses enero-febrero para la realización de la tesis.
- Realizar codificación de variables que servirán como bases de datos que requiere el software SPSS para su análisis.
- Realizar análisis estadístico de las variables que se generaron durante el periodo establecido.

1.4 Definición de variables

Debido a que el presente proyecto tiene un enfoque cualitativo, no consta de variables ya que no se tiene el propósito de controlarlas y de ejercer manipulación sobre ellas para experimentar, debido a que está fuertemente influenciado por las experiencias, la observación de eventos y actividades cotidianas que se desarrollan o presentan en

su ambiente natural , y con ello se centra en la perspectiva interpretativa de las acciones o condiciones a analizar para poder hacer entendimiento de los significados de los factores hallados (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006)

1.5 Hipótesis

Debido a que el presente proyecto es de carácter cualitativo, no presenta hipótesis ya que no existen variables que tengan relación con el desarrollo del proyecto y que de esta misma que contribuyan a generar datos estadísticos para realizar su comprobación, por lo tanto esta se generara durante o al final del proceso de implementación de la metodología de inspecciones planeadas de seguridad, cuando se haga recopilación de datos sobre los resultados que de ella se obtengan.

1.6 Justificación del Proyecto

En el departamento técnico mecánico del Ingenio San José de Abajo recae la responsabilidad de que los equipos de las áreas de batey y molinos operen en las mejores condiciones posibles, todo esto para poder evitar paros no programados que afecten el proceso de recepción y molienda del ingenio.

Teniendo en cuenta que el área de batey y molinos durante los meses enero- febrero generan 3752 min en paros programados y 3760 min en paros por fallas en los equipos dejando de producir equivalente a 28,140 bultos de azúcar (1,407 ton) y 28,200 bultos de azúcar (1,410 ton).

1.7 Limitaciones y Alcances

El presente proyecto se aplicará en las áreas de batey y molinos a cargo del departamento técnico mecánico en el Ingenio San José de abajo S.A. de C.V. con el fin de obtener mejoras en el proceso para la zafra 2018/2019 de dichas áreas.

La limitación de este proyecto es que el periodo de estadía es de solo 3 meses y medio, por lo tanto el Análisis de fallas solo se va implementar para 2 meses (Enero, Febrero) de los 5 meses de molienda según el estimado de caña que tiene previsto el ingenio.

1.8 Datos generales de la empresa.

1.8.1 Nombre de la empresa.

Ingenio San José de Abajo S.A. de C.V.



Imagen 1 logotipo de la empresa

1.8.2 Ubicación de la empresa.

En la imagen 2 se detalla mediante una vista satelital, la dirección en al cual se encuentra ubicada la empresa: Calle principal s/n colonia Ignacio Vallarta Cuitláhuac, Ver.



Imagen 2: Ubicación de la empresa vía satélite

1.8.3 Giro y tamaño de la empresa.

Giro: Industrial Azucarera, es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de azúcar estándar. Cuya presentación es en sacos de 50kg c/u.

Tamaño: Se clasifica como grande ya que en la temporada de zafra elaboran 442 personas como personal sindicalizado y 135 personas como personal de confianza

1.8.4 Principales productos y/o servicios que ofrece.

Granulado de azúcar estándar, azúcar líquido, alcohol, miel incristalizable y cachaza.

1.8.5 Historia.

El ingenio san José de abajo fue fundado en 1898 por el Sr. Clemente Cruz Pineiro sobre lo que eran las instalaciones de un trapiche. En los inicios del ingenio la compañía “Zaldo Hermanos” del puerto de Veracruz, quien refaccionó de todo tipo de materiales y trabajos el ingenio (1898-1901) al no poder pagar las refacciones recibidas el Sr. Cruz Pineiro entregó en venta el ingenio a la mencionada compañía. Fueron varios administradores los que manejaron esta compañía, uno de estos fue el Sr. Juan Perdomo Medina (originario de la Isla Gran Canaria, en España) que ingresó a administrar el ingenio en el año de 1903. El Sr. Perdomo venía procedente de Cuba, en donde se había dedicado íntegramente al cultivo de la caña de azúcar. En el año de 1923 ingresa al ingenio el Sr. Rodolfo Perdomo González, desarrollando su trabajo en el área de fábrica.

En sus inicios el ingenio tenía 534 hectáreas de siembra de caña de azúcar; sin embargo, en 1924 debido a la creación del Ejido Mata Clara le son expropiadas al ingenio 170 hectáreas de tierra, por lo que el área de cultivo quedó reducida a 361 hectáreas.

En esos años, el ingenio tenía una producción de azúcar en zafra normal de 100 a 150 toneladas, pero la reducción de tierras disminuyó notablemente la disponibilidad de materia prima.

En 1927 el Sr. Cristóbal Perdomo González responsable del área de campo, decidió asociarse con el Sr. Aniceto Celis del Ejido San José de En Medio, sembrando en sus parcelas cuatro hectáreas de caña de azúcar. Asimismo le proporcionaron a otros pequeños ejidatarios los recursos suficientes para la siembra de caña, con la finalidad de disponer de suficiente materia prima para alimentar el molino.

En 1936 se forma Azucarera Mexicana y posteriormente, en 1973, se transforma la razón social a Ingenio San José de Abajo, S. A. de C. V., hasta la actualidad, en que

es manejado por la familia Perdomo Bueno, cuarta generación de Perdomo en la administración, sin que nunca hubiese sido el ingenio adquirido por el gobierno de México, por lo tanto siempre ha sido del sector privado.

En el año 1983 surge Grupo Perno con la participación directa de los hijos del matrimonio formado por el Ing. Rodolfo Perdomo Calatayud (QEPD) y la Sra. Adela Bueno de Perdomo; Adela, Rodolfo, Juan Fernando, Gabriela, Javier y Rosalba.

Ellos asumen la responsabilidad del trabajo iniciado por su bisabuelo y continuado por las siguientes generaciones, siguiendo los pasos de su padre, quedando al frente del ingenio representando así la más antigua participación de una familia en la industria azucarera de México, cumpliendo 100 años en la zafra 2003/2004.

En la actualidad el promedio de producción de azúcar estándar de las últimas zafras supera las 61,000 toneladas de azúcar en cada una.

1.8.5 Misión.

Somos un agro negocio ecológica y socialmente responsable, que busca la satisfacción de los integrantes de la cadena productiva, en la industrialización de la caña de azúcar.

1.8.6 Visión.

Ser una empresa sustentable con responsabilidad social, mediante la implementación de proyectos innovadores y la vinculación con instituciones de educación y centros de investigación para favorecer la competitividad del ingenio y las utilidades de los inversionistas.

1.8.7 Política de calidad.

En ingenio Azucarera San José, estamos comprometidos a satisfacer las necesidades del cliente mediante la producción y entrega de azúcar estándar de acuerdo a sus requisitos aplicando las disposiciones del SGC y mejorando continuamente su eficacia.

1.8.8 Organigrama del departamento técnico.

En la imagen 3 representa el personal que conforma el departamento técnico del Ingenio San José de Abajo.

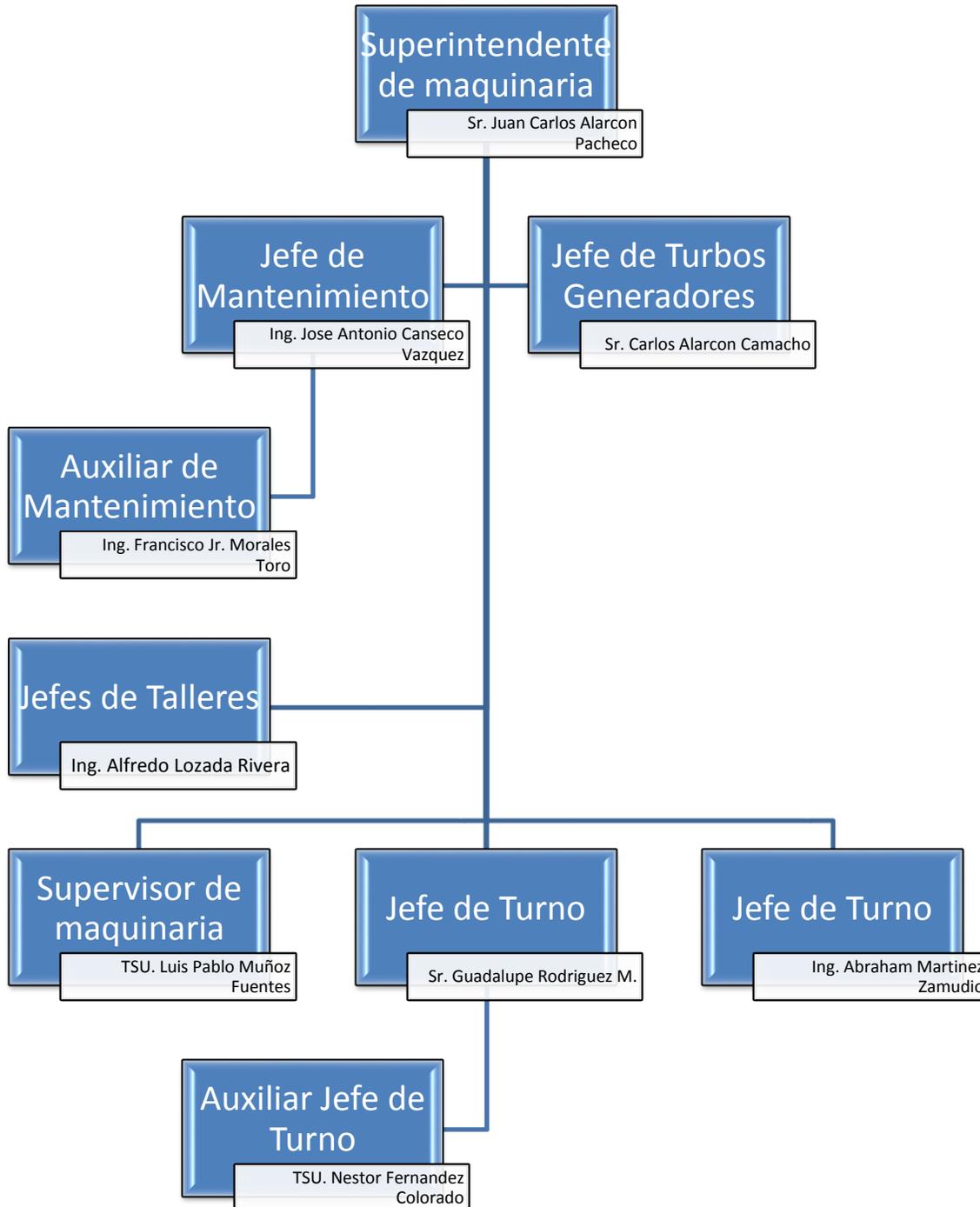


Imagen 3. Personal que conforma el departamento técnico del ingenio

1.9 Procesos que se realizan en la empresa.

Ingenio San José de Abajo S.A. de C.V., es una empresa dedicada a la elaboración azúcar estándar, por ende, pertenece al rubro industrial azucarero; no cuenta solo con la elaboración de azúcar estándar sino que también en la elaboración de alcohol de 96° GL. En la Imagen 3 se muestra el diagrama del proceso para la elaboración de azúcar estándar en la planta.

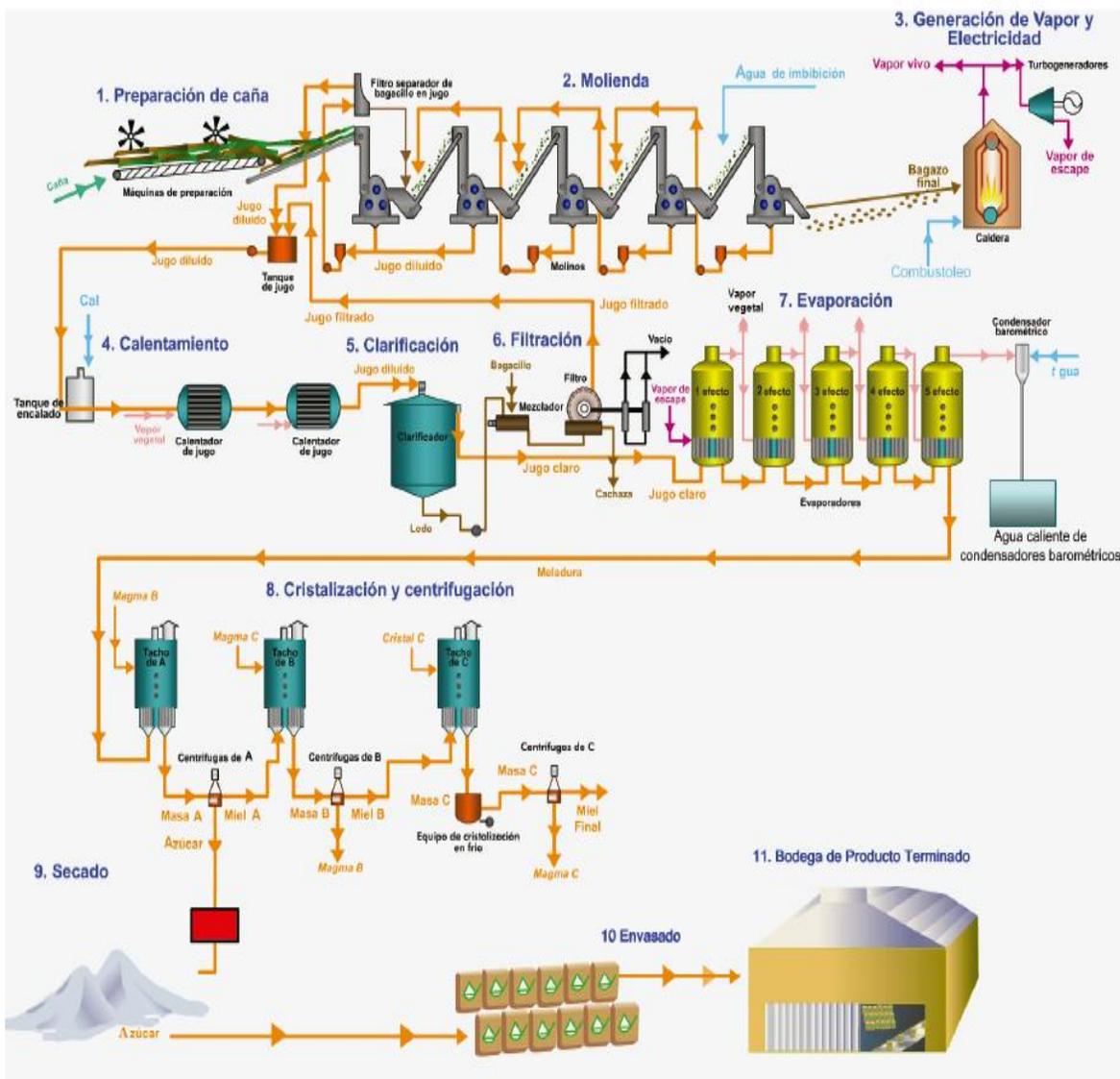


Imagen 2 Diagrama del proceso para la elaboración de azúcar estándar

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

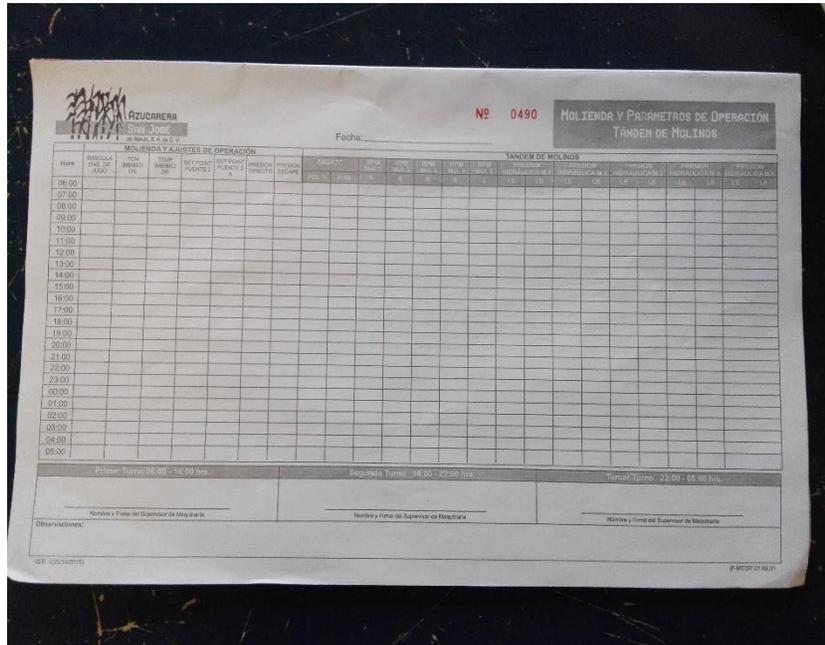
Una investigación puede presentar dos tipos de enfoque: cualitativo y cuantitativo; a los cuales se les aplica procesos cuidadosos, sistemáticos y empíricos. En el enfoque cualitativo el investigador realiza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afirmar preguntas de investigación en el proceso de interpretación. En el enfoque cuantitativo el investigador recolecta datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadístico, para poder probar sus teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). Con fundamento en las características de los tipos de enfoque y en la investigación, esta se desarrolla mediante el enfoque cuantitativo.

El diseño de una investigación hace referencia al plan de trabajo que se llevará a cabo para recabar la información necesaria para poder dar respuesta a la pregunta anteriormente planteada. Según Hernández et. al. (2006). Existen dos tipos de diseño: experimental y no experimental.

La presente investigación se realiza mediante la aplicación del tipo no experimental transeccional debido a que la recolección de datos es de una población determinada la cual se encuentra en su contexto natural, tendrá lugar en un único momento y no requiere la manipulación de variables (Hernández et. al. 2006).

Para la realización de esta tesis se utilizan las herramientas de la Confiabilidad que son: MTFB, MTTR y la Disponibilidad; y también se utilizan las herramientas del análisis de fallas que son: hoja de verificación, histogramas, diagrama de Pareto y diagrama Causa y Efecto. Ambas herramientas son asociadas al método de análisis.

promedio de ton/hrs de agua para imbibición al molino #5 y los parámetros de operación del tándem de molinos establecidos para la molienda diaria.



AZUCARERA
San José
de los Ríos, S. de C. V.

Nº 0490

MOLIENDA Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN
TÁNDEM DE MOLINOS

Fecha: _____

Hora	MOLIENDA Y AJUSTES DE OPERACIÓN							TÁNDEM DE MOLINOS														
	BARILLA CIN. DE AJAR	TON. MOLINO ON	TEMP. MOLINO ON	Vel. rotor PUENTE	Vel. rotor PUNTA	Impulso IMPACTO	Impulso DIFER.	TRABAJO MOLINO														
06:00																						
07:00																						
08:00																						
09:00																						
10:00																						
11:00																						
12:00																						
13:00																						
14:00																						
15:00																						
16:00																						
17:00																						
18:00																						
19:00																						
20:00																						
21:00																						
22:00																						
23:00																						
00:00																						
01:00																						
02:00																						
03:00																						
04:00																						
05:00																						

Primer Turno: 06:00 - 14:00 hrs. Segundo Turno: 14:00 - 22:00 hrs. Tercer Turno: 22:00 - 06:00 hrs.

Nombre y Firma del Supervisor de Maquinaria: _____

Observaciones: _____

Imagen 5 formato de molienda y parámetros de operación tándem de molinos

En la imagen 6 se muestra la bitácora donde el supervisor de maquinaria por turno registra las fallas de los equipos que no generaron paros en la molienda.

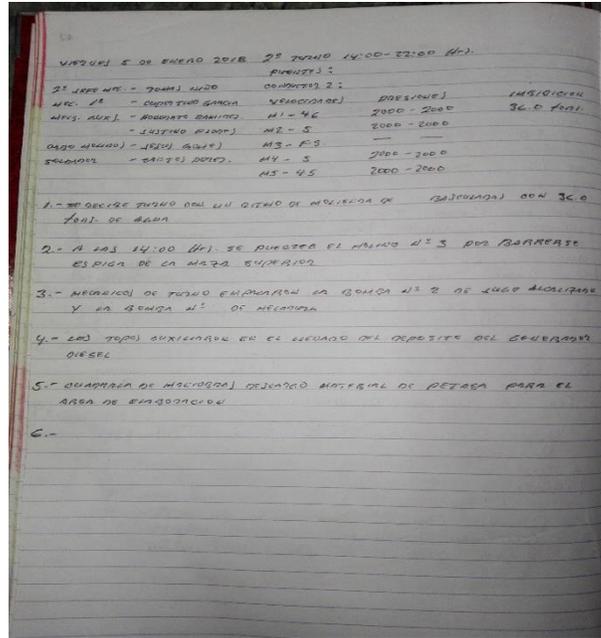


Imagen 6 bitácora de registros diarios de fallas que no generan paros en la molienda

3.2 Registro de datos de las fallas que generaron paros en el ingenio.

En la imagen 7 se muestra el formato donde el jefe de mantenimiento registra los datos (cronológicamente), de manera oficial para la realización de las estadísticas de la fábrica en general.

AZUCARERA SAN JOSE DE ABAJO S.A. DE C.V.
PAROS DIARIOS EN FABRICA
ZAFRA 2017-2018

FECHA: 13 de enero de 2018 FOLIO 031-01-2018

Nº	DEPARTAMENTO	TURNO	HORARIO EN HRS.	DURACION EN MINUTOS	MOTIVO DE PARO	OBSERVACIONES
1	MOLINOS	3	01:30 - 01:38	8	Se pone en operación molino #1 con generador diesel	
2	MOLINOS	1	08:42 - 08:44	2	Paro Molino #1	
3	ELABORACION	2	14:33 - 15:09	36	Se llenan tanques de mieladura	
4	BATEY	2	18:05 - 18:22	17	Se desprende compuerta de eje conducido en mesa inclinada	
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
TOTAL DE TIEMPO PERDIDO EN MINUTOS				63		
TOTAL DE TIEMPO PERDIDO EN HORAS				1.05		

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Imagen 7 formato de registro de paros diarios en fabrica

3.3 Fallas de Batey y Molinos del mes de Enero

Del registro que obtuvo el jefe de carrera, se recabaron las fallas de equipos de las áreas de batey y molinos que generaron paros en la molienda en el mes de enero. En la tabla 1 y 2 se describe cronológicamente dichas fallas en el mes de enero.

Tabla 1 Fallas de equipos del área de batey que generan paros en la molienda.

Fallas de equipos del área de batey que generan paros en la molienda del mes de enero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió el paro	Duración en min del paro	Equipo que falló	Motivo del paro	Causa
1	06:00 – 22:00	960 min		Paro programado	Día festivo
2	14:16 – 14:26	10 min	Rastra general	Des alineamiento de la rastra	Brincarse dientes del sprocket del lado motriz
5	13:40 – 13:47	7 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
6	15:20 – 15:23	3 min	Tambor esparcidor	Atascamiento de tambor esparcidor	Sobre carga del conductor fuera de borda
	15:58 – 16:18	20 min	Banda rápida	Cambio de rodillos de la banda rápida	Desprenderse el rodillo de su base
	15:52 – 16:55	3 min	Tambor esparcidor	Atascamiento de tambor esparcidor	Sobre carga del conductor fuera de borda
8	00:40 – 01:40	60 min	Tambor inductor	Se rompe banda del tambor inductor	Trabajo continua de las bandas de transmisión
9	07:42 – 07:45	3 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
	07:49 – 07:50	1 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
	21: 40 – 21:45	5 min	Mesa inclinada	Se cayó arreador de la mesa inclinada	Desprendimiento de arreador de sus guías por desoldarse topes
10	22:01 – 22:04	3 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
11	12:57 – 13:25	28 min	Mesa inclinada	Desprendimiento de concha en eje motriz lado bodega segunda sección	Mala aplicación de la soldadura
13	18:05 – 18.22	17 min	Mesa inclinada	Desprendimiento de compuerta de eje conducido	Mala aplicación de la soldadura

14	10:43 – 10:48	5 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
16	12:01 – 12:08	7 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
21	09:11 – 09:17	6 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
	15:10 – 15:20	10 min	Conductor fuera de borda	Se paró el conductor	Activarse falsa alarma de descarrilamiento
	16:16 – 16:20	4 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
22	02:22 – 07:13	291 min	Elevador de bagazo	Descarrilamiento del elevador de bagazo	Se descarriló cadena del esprocket (lado bombas) del lado conducido
25	22:40 – 22:48	8 min	Mesa inclinada	Caer metería extraña (tubo)	
29	08:27 – 08:38	11 min	Mesa inclinada	Ruido extraño en el cuchillero localizando un arreador de la mesa inclinada	Desprendimiento de arreador de sus guías por desoldarse topes
	23:11 – 11:00 del día 30	731 min		Paro no programado por falta de caña	Condiciones meteorológicas
31	13:54 – 13:57	3 min	Mesa inclinada	Se quema motor del nivelador de caña	Sobre carga eléctrica

Tabla 2 Fallas de equipos del área de molinos que generan paros en la molienda

Fallas de equipos del área de molinos que generan paros en la molienda del mes de enero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió el paro	Duración en min del paro	Equipo que falló	Motivo del paro	Causa
1	06:00 – 22:00	960 min		Paro programado	Día festivo
3	12:50 – 13:20	30 min	Molino #4	Ajustar cuchilla central	Desgaste de la cuchilla central
	21:02 – 21:36	22 min	Molino #4	Atascarse charola por exceso de bagazo	Desgaste de la cuchilla central
4	04:33 – 05:46	73 min	Molino #5	Se detuvo	Se disparó turbo generador
5	07:33 – 11:25	232 min	Molino #4	Ajustar cuchilla central	Desgaste de la cuchilla central
	16:57 – 17:05	8 min	Molino #1	Se detuvo	Falló generador diésel
	17:40 – 17:45	5 min	Molino #1	Cambio de alimentación eléctrica	Se conectó al generador diésel
7	15:55 – 16:05	10 min	Molino #4	Paro programado	Poner en marcha el molino ya que quedo fuera de servicio para

8	11:09 – 11:13	4 min	Molino #1	Se detuvo	cambiar la cuchilla central Se disparó generador diésel
9	20:02 – 20:09	7 min	Molino #5	Se detuvo	Sobre carga eléctrica
10	12:00 – 12:50	50 min	Molino #1	El raspador de la masa superior se salió de su posición	Ruptura de tornillos de la chumacera
	15:47 – 15:52	5 min	Molino #5	Se detuvo	Sobre carga eléctrica
12	02:10 – 02:34	14 min	Molino #5	Se detuvo	Sobre presión hidráulica
	13:04 – 13:08	4 min	Chute #1	Atascamiento	Por obstrucción de caña entera
	21:09 – 21:14	5 min	Molino #5	Se detuvo	Sobre presión hidráulica
	21:15 – 21:33	18 min	Molino #1	Se detuvo	Falló generador diésel
	22:30 – 22:37	7 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga de bagazo del molino #4
13	01:30 – 01:38	8 min	Molino #1	Cambio de alimentación eléctrica	Se conectó al generador diésel
	08:42 – 08:44	2 min	Molino #1	Se detuvo	Falló generador diésel
14	08:45 – 08:47	2 min	Molino #5	Se detuvo	Sobre carga eléctrica
17	01:35 – 01:38	3 min	Chute #1	Atascamiento	Por obstrucción de caña entera
	20:15 – 20:17	2 min	Chute #1	Atascamiento	Por obstrucción de caña entera
18	22:58 – 24:37	99 min	Molino #5	El raspador de la masa superior se salió de su posición	Ruptura de tornillos de la chumacera
20	12:13 – 12:20	7 min	Molino #1	Se detuvo	Falló generador diésel
	14:44 – 14:48	4 min	Chute #1	Atascamiento	Por obstrucción de caña entera
22	07:19 – 07:35	36 min		Fuga en línea de agua de imbibición del molino #5	
	16:42 – 16:46	4 min	Molino #4	Se detuvo	Sobre presión hidráulica
23	07:35 – 07:49	14 min	Donelly #2	Se rompió arreador	Horas de trabajo
24	11:00 – 06:00 del día 25	1140 min	Molino #5	El raspador de la masa superior se salió de su posición	Quebrarse el brazo de la base
25	09:35 – 09:45	10 min	Molino #5	Se detuvo	Corto circuito en el variador de temperatura
27	11:10 – 11:33	23 min	Molino #1	El raspador de la masa superior se salió de su posición	Ruptura de tornillos de la chumacera

29	07:55 – 08:02	7 min	Molino #1	Se detuvo	Sobre presión hidráulica
	23:11 – 11:00 del día 30	731 min		Paro no programado por falta de caña	Condiciones meteorológicas
31	04:15 – 04:26	11 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga de bagazo del molino #4
	09:23 – 09:30	7 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga de bagazo del molino #4

En la tabla 3 y 4 se describe cronológicamente en el mes de enero, las fallas de los equipos de las áreas de batey y molinos que no generan paros en la molienda.

Tabla 3 Fallas de equipos del área de batey que no generan paros en la molienda

Fallas de equipos del área de batey que no generan paros en la molienda del mes de enero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió la falla	Duración en horas de la falla	Equipo que fallo	Motivo del fallo	Causa del fallo
23	22:30 – 23:30	1 hr	Nivelador de caña de la mesa inclinada	Paro programado para revisar su componente	Se aflojaron tuercas del nivelador de caña
24	04:10 hasta el día 26 de enero 15:45	59 hrs 35 min (2 días 11 hrs 35 min)	Nivelador de caña de la mesa inclinada	Pararse el equipo	Se descarrilo cadena de transmisión del reductor hacia el movimiento; también se desplazó el sprocket del reductor provocando que se saliera la cuña
27	16:25 – 16:40	15 min	Volcador #2	Falta de alimentación eléctrica	Corto circuito en el motor
29	14:53 – 15:10	17 min	Volcador #2	Paro programado para revisar su falla en su componente	Fuga de aceite en la manguera que va hacia el pistón

Tabla 4 Fallas de equipos del área de molinos que no generan paros en la molienda

Fallos de equipos del área de molinos que no generan paros en la molienda del mes de enero en la Zafra 17/18					
--	--	--	--	--	--

Día	Horario en el cual ocurrió la falla	Duración en horas de la falla	Equipo que falló	Motivo del fallo	Causa del fallo
5	13:00 hasta el día 23 de febrero 17:55	1180 hrs 55 min (49 días 4 hrs 55 min)	Molino # 3	Pararse por fallas en su componente	Por interferencia del encamisado en la espiga de la masa superior del reductor maestro
6	01:40 hasta el día 7 de enero 16:05	38 hrs 35 min (1 día 14 hrs 35 min)	Molino #4	Pararse por fallas en su componente	Desgaste de la cuchilla central
22	03:50 – 04:50	1 hr	Bomba de agua caliente #2	Paro programado para revisar su componente	Se quedó pegada válvula check

3.4 Fallas de Batey y Molinos del mes de Febrero

Del registro que obtuvo el jefe de carrera, se recabaron las fallas de equipos de las áreas de batey y molinos que generaron paros en la molienda en el mes de febrero. En la tabla 5 y 6 se describe cronológicamente dichas fallas en el mes de febrero.

Tabla 5 Fallas de equipos del área de batey que generan paros en la molienda

Fallas de equipos del área de batey que generan paros en la molienda del mes de febrero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió el paro	Duración en min del paro	Equipo que falló	Motivo del paro	Causa
1	06:50 – 06:53	3 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
4	15:30 – 16:03	33 min	Mesa inclinada	Descarrilamiento de mesa inclinada	Exceso de tierra en el sprocket
	18:50 – 19:55	65 min	Juego de cuchillas	Exceso de vibración en la chumacera lado libre	Se quebró ancla de la base de la chumacera
5	09:34 – 09:43	9 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
8	02:54 – 02:58	4 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
9	07:21 – 07:23	2 min	Grúas radiales	Falta de carga en el molino	Estaban fuera de servicio
	07:30 – 07:38	8 min	Grúas radiales	Falta de carga en el molino	Estaban fuera de servicio

12	03:30 – 09:05	335 min		Paro no programado por falta de caña	
16	04:14 – 05:02	48 min	Elevador de Bagazo	Atascamiento del eje conducido	Sobrecarga del molino #5
	08:40 – 09:50	70 min	Juego de cuchillas	Exceso de vibración en la chumacera lado libre	Se quebró ancla de la base de la chumacera
18	04:34 – 09:20 del día 19			Paro programado	Mantenimiento de la fabrica
21	01:07 – 02:45	98 min	Elevador de bagazo	Ruptura de 3 duelas del elevador de bagazo	Horas de trabajo
23	04:35 – 04:48	15 min	Mesa inclinada	Ruido extraño en el cuchillero localizando una placa de la mesa inclinada	Mala aplicación de la soldadura
24	09:16 – 09:18	2 min	Conductor fuera de borda	Activarse sensor de descarrilamiento	La activo una caña
26	01:25 – 01:40	15 min	Banda rápida	Atascamiento de la banda rápida	Sobre carga del conductor fuera de borda
28	00:59 – 01:03	4 min	Banda rápida	Ruido extraño en el cuchillero localizando una placa	Materia extraña proveniente del exterior

Tabla 6 Fallas de equipos del área de molinos que generan paros en la molienda

Fallos de equipos del área de molinos que generan paros en la molienda del mes de febrero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió el paro	Duración en min del paro	Equipo que falló	Motivo del paro	Causa
1	19:52 – 19:57	5 min	Donelly #5	Atascamiento	Sobrecarga del molino #5
	20:01 – 20:10	9 min	Molino #4	Corto circuito en el motor del reductor brevini (lado engranes)	Sobrecarga eléctrica
	20:23 – 20:26	3 min	Molino #4	Cambio de manómetro de la bomba auxiliar de aceite (lado engranes)	Sobre presión de aceite
4	13:34 – 13:36	2 min	Chute #1	Atascamiento	Por obstrucción de caña entera
5	00:08 – 00:16	8 min	Donelly #2	Se rompió arreador	Horas de trabajo
	10:12 – 10:23	11 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga de bagazo del molino #4
	18:05 – 18:20	15 min	Molino #5	Se detuvo	Calentamiento en el sensor de aceite

6	10:09 – 11:22	73 min	Molino #2	Desplazamiento de la 4ta masa	Sobrecarga de caña
	14:18 – 14:34	6 min	Molino #1	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	15:56 – 16:16	20 min	Molino #1 y #5	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
8	11:34 – 11:43	9 min	Molino #2	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	13:54 – 14:15	21 min	Molino #2	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
10	09:35 – 09:43	8 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	09:46 – 09:54	8 min	Molino #4	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	11:01 – 11:08	7 min	Molino #1	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	12:26 – 12:28	2 min	Chute #1	Atascamiento	Por obstrucción de caña entera
11	13:37 – 14:10	33 min	Molino #5	Se embagazó masa bagacera	Fallo raspador bagacero
	08:01 – 08:10	9 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	15: 54 – 16:13	19 min	Molino #1	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
12	16:52 – 18:00	8 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	03:30 – 09:05	335 min		Paro no programado por falta de caña	
	09:16 – 09:25	7 min	Molino #1	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	13:49 – 14:00	11 min	Molino #5	Atascarse charola por exceso de bagazo	Desgaste de la cuchilla central
13	14:40 – 14:42	2 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga de bagazo del molino #4
	08:43 – 08:48	5 min	Molino #1	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	11:08 - 11:19	11 min	Molino #2	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
15	14:50 – 15:05	15 min	Bomba de agua caliente #1	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	19:00 – 19:38	38 min	Molino #5	Atascarse charola por exceso de bagazo	Desgaste de la cuchilla central
16	07:50 – 08:40	50 min	Molino #1	Degollarse pernos	Sobrecarga de bagazo
18	04:34 – 09:20 del día 19			Paro programado	Mantenimiento de la fabrica
19	12:56 – 13:05	9 min	Molino #2	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	13:24 – 13:30	6 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	19:11 – 19:17	6 min	Molino #4	Cambio de válvula de la bomba auxiliar de aceite (lado engranes)	Sobre presión de aceite
20	13:20 – 13:48	28 min	Molino #2	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica

	15:04 – 15:07	3 min	Molino #4	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
21	06:00 – 06:35	35 min	Molino #5	Atascarse charola por exceso de bagazo	Desgaste del raspador bagacero
	08:20 – 08:51	31 min	Molino #5	Atascarse charola por exceso de bagazo	Desgaste del raspador bagacero
	09:35 – 09:42	7 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga de bagazo del molino #4
	14:29 – 14:34	5 min	Molino #4	Cambio de manómetro de la bomba auxiliar de aceite (lado engranes)	Sobre presión de aceite
	16:14 – 16:20	6 min	Molino #2	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
	23:37 – 23:49	12 min	Molino #5	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica
25	07:19 – 08:16	57 min	Molino #2	Paro programado	Para entrar en operación
26	04:55 – 11:00	365 min	Molino #5	Cambio de raspador bagacero y superior	Desgaste del raspador bagacero y superior
27	09:39 – 09:58	21 min	Molino #4	Se detuvo	Sobrecarga eléctrica

En la tabla 7 y 8 se describe cronológicamente en el mes de febrero, las fallas de los equipos de las áreas de batey y molinos que no generan paros en la molienda.

Tabla 7 Fallas de equipos del área de batey que no generan paros en la molienda

Fallos de equipos del área de batey que no generan paros en la molienda del mes de febrero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió la falla	Duración en horas de la falla	Equipo que fallo	Motivo del fallo	Causa del fallo
3	16:20 hasta el día 4 de febrero 04:20	12 hrs	Grúa radial #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura de diafragma del pistón de embrague (mecanismos de balates)
13	10:00 – 14:50	4 hrs 50 min	Grúa radial #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura del cable lateral izquierdo
14	04:45 – 06:20	1 hr 35 min	Mesa inclinada	Descarrilamiento de la sección lado bodega	Mesa inclinada con exceso de basura de caña
24	21:10 – 23:30	2 hrs 20 min	Volcador #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura de la manguera de aceite (succión de bomba). Se perdió 60 Lts de aceite iso-100

25	18:56 – 20:30	1 hr 34 min	Volcador #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura de la manguera de aceite (succión de bomba). Se perdió 160 Lts de aceite iso-100
27	00:00 – 02:30	2 hrs 30 min	Volcador #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura de la manguera de aceite (succión de bomba). Se perdió 200 Lts de aceite iso-100
	19:15 – 20:20	1 hr 5 min	Grúa radial #2	Pararse por fallas en su componente	Amarrarse motor del compresor

Tabla 8 Fallas de equipos del área de molinos que no generan paros en la molienda

Fallos de equipos del área de molinos que no generan paros en la molienda del mes de febrero en la Zafra 17/18					
Día	Horario en el cual ocurrió la falla	Duración en horas de la falla	Equipo que fallo	Motivo del fallo	Causa del fallo
5	06:10 – 00:30	18 hrs 30 min	Bomba de agua caliente #1	Paro programado para revisar su componente	Falla en los rodamientos
6	21:30 – 23:15	1 hr 45 min	Bomba de agua caliente #1	Pararse por fallas en su componente	Des alineamiento del equipo
24	00:30 hasta el día 25 de febrero 08:16	31 hrs 46 min (1 día 7 hrs 46 min)	Molino #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura de 1 diente de la masa superior
25	10:00 hasta el día 01 de marzo 17:25	103 hrs 25 min (4 días 7 hrs 25 min)	Molino #2	Pararse por fallas en su componente	Ruptura de 2 diente de la masa superior

3.5 Realización del libro de códigos para las fallas.

El libro de códigos es una ficha donde se especifican los valores numéricos con que se codificará cada una de las variables del estudio que el software requiere para el análisis. En la tabla 9 se muestra el libro de códigos utilizado para análisis de fallas.

Tabla 9 Libro de códigos para los análisis de fallas

Libro de códigos para los análisis de Fallas			
No.	Nombre de la variable	Etiqueta de la variable	Valores

1	Área	Área donde ocurrió la falla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Batey 2. Molinos 3. Ambos
2	Pro_paro	La falla produce paro en la molienda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si 2. No
3	Mot_falla	Motivo de la falla/paro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Paro programado 2. Para no programado 3. Detenerse 4. Des carrilamiento 5. Des alineamiento 6. Atascarse 7. Falla en sus componentes 8. Ruido extraño en el conductor 9. Componentes eléctricos 10. Alimentación eléctrica 11. Otros 12. Falta de carga en el molino 13. Activarse sensor de descarrilamiento
4	Equ_falla	Equipo que produjo la falla/paro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grúa radial #1 2. Grúa radial #2 3. Volcador #1 4. Volcador #2 5. Mesa horizontal 6. Mesa inclinada 7. Conductor de caña fuera de borda 8. Juego de cuchillas 9. Tambor inductor 10. Desfibradora de caña 11. Esparcidor de bagazo 12. Banda rápida 13. Electroimán 14. Elevador vertical de bagazo 15. Rastra general 16. Chute #1 17. Molino #1 18. Conductor intermedio tipo Donely #2 19. Chute #2 20. Molino #2 21. Conductor intermedio tipo Donely #3 22. Chute #3 23. Molino #3 24. Conductor intermedio tipo Donely #4 25. Chute #4 26. Molino #4 27. Conductor intermedio tipo Donely #5 28. Chute #5 29. Molino #5 30. Colador rotativo 31. Bomba #1 del colador rotativo

			32. Bomba #2 del colador rotativo
			33. Bomba de proceso #1
			34. Bomba de proceso #2
			35. Bomba de agua caliente (imbibición simple) #1
			36. Bomba de agua caliente (imbibición simple) #2
			37. Bomba de imbibición #1
			38. Bomba de imbibición #2
			39. Bomba de imbibición #3
5	Tiem_per	Tiempo perdido que produjo falla/paro en minutos	

3.6 Ingreso de la información.

Una vez listo el libro de códigos, toca el turno de ingresar la información al software SPSS para realizar el análisis de fallas de los equipos en el periodo enero-febrero.

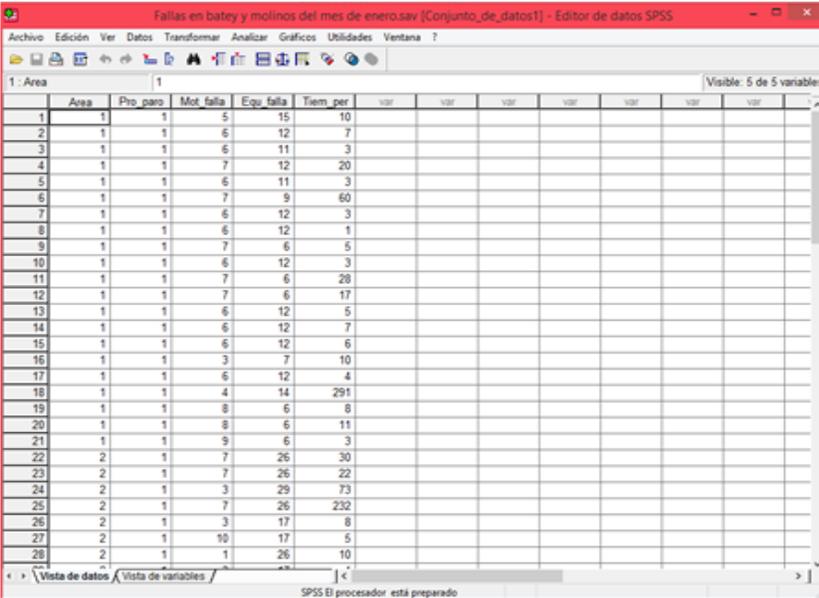


Imagen 8 Ingreso de la información al software SPSS

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 Resultados

Resultados de Fallos de los equipos del área de batey y molinos que *generan* paros en la molienda del mes de enero en la Zafra 17/18

En la tabla 10 se muestra que en el mes de enero se produjo 54 fallos que generaron paros, con un total de 2378 min perdidos. Si se toma en cuenta que el promedio de basculadas/hr del mes de enero fue de 36 (.6 basculadas/ min); como resultado de dichas fallas el ingenio dejó de extraer 1426.8 basculadas de guarapo lo que equivale a 7,205.34 ton de caña (1 basculada de guarapo= 5.05 ton de caña) que el ingenio dejó de moler.

Estadísticos descriptivos

Tabla 10 Fallas que generaron paros

	N	Suma
Tiempo perdido de la falla o paro en minutos	54	2378
N válido (según lista)	54	

En la tabla 11 e imagen 9, se muestra el desglose de los fallos en batey y molinos. Debido a los fallos en batey el ingenio dejo de extraer 303 basculadas de guarapo equivalentes a 1,530.15 ton de caña que dejo de moler. Y debido a los fallos en molinos el ingenio dejo de extraer 1,123.8 basculadas de guarapo equivalentes a 5,675.19 ton de caña que dejo de moler.

Tabla 11 Área donde ocurrió la falla

Área donde ocurrió la falla	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Batey	21	38.9	38.9	38.9	505 min
Molinos	33	61.1	61.1	100.0	1873 min
Total	54	100.0	100.0		2378 min

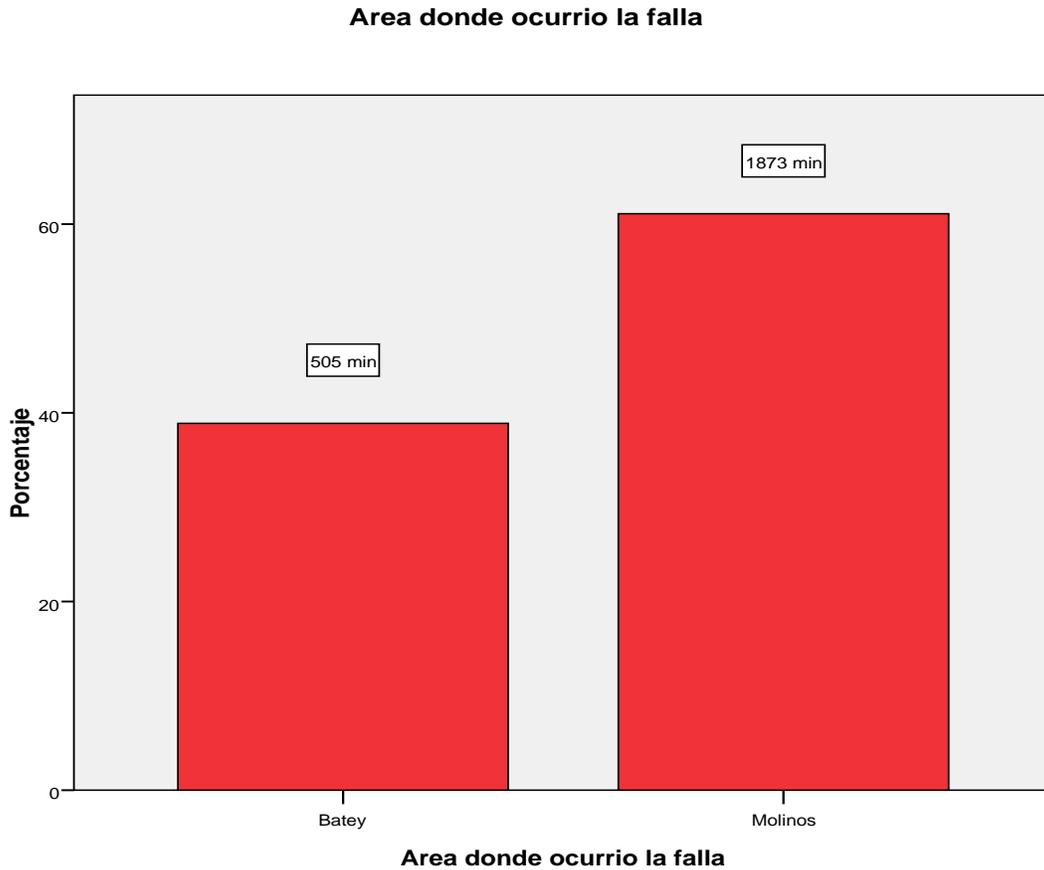


Imagen 9 Área donde ocurrió la falla

En la tabla 12 e imagen 10, se muestra las frecuencias de cuáles fueron los equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de enero, afectando considerablemente el estimado de molienda.

Tabla 12 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

Equipo que produjo la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Mesa inclinada	6	11.1	11.3	11.3	72 min
Conductor de caña fuera de borda	1	1.9	1.9	13.2	10 min
Tambor inductor	1	1.9	1.9	15.1	60 min
Esparcidor de bagazo	2	3.7	3.8	18.9	6 min
Banda rápida	9	16.7	17.0	35.8	56 min

	Elevador vertical de bagazo	1	1.9	1.9	37.7	291 min
	Rastra general	1	1.9	1.9	39.6	10 min
	Chute #1	4	7.4	7.5	47.2	13 min
	Molino #1	10	18.5	18.9	66.0	132 min
	Conductor intermedio tipo Donnelly #2	1	1.9	1.9	67.9	14 min
	Molino #4	5	9.3	9.4	77.4	298 min
	Molino #5	12	22.2	22.6	100.0	1380 min
	Total	53	98.1	100.0		2342 min
Perdidos	Sistema	1	1.9			36 min
Total		54	100.0			2378 min

Equipo que produjo la falla o paro

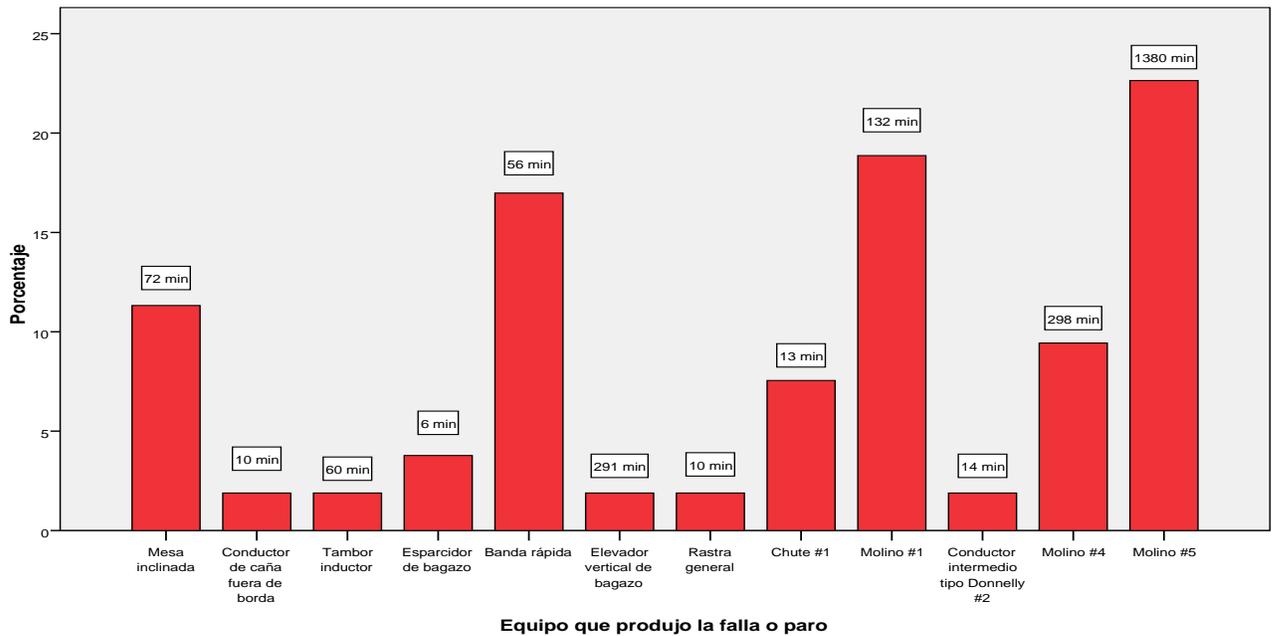


Imagen 10 Los equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

En la tabla 13 e imagen 11, se muestra las frecuencias del motivo del cual los equipos produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de enero, afectando considerablemente el estimado de molienda.

Tabla 13 Motivo de la falla

Motivo de la falla	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Paro programado	1	1.9	1.9	1.9	10 min
Detenerse equipo	17	31.5	31.5	33.3	199 min
Des carrilamiento	1	1.9	1.9	35.2	291 min
Des alineamiento	1	1.9	1.9	37.0	10 min
Atascarse	14	25.9	25.9	63.0	55 min
Falla en sus componentes	13	24.1	24.1	87.0	1740 min
Ruido extraño en el conductor	2	3.7	3.7	90.7	19 min
Componentes eléctricos del equipo	1	1.9	1.9	92.6	3 min
Alimentación eléctrica del equipo	3	5.6	5.6	98.1	15 min
Otros	1	1.9	1.9	100.0	36 min
Total	54	100.0	100.0		2378 min

Motivo de la falla o paro

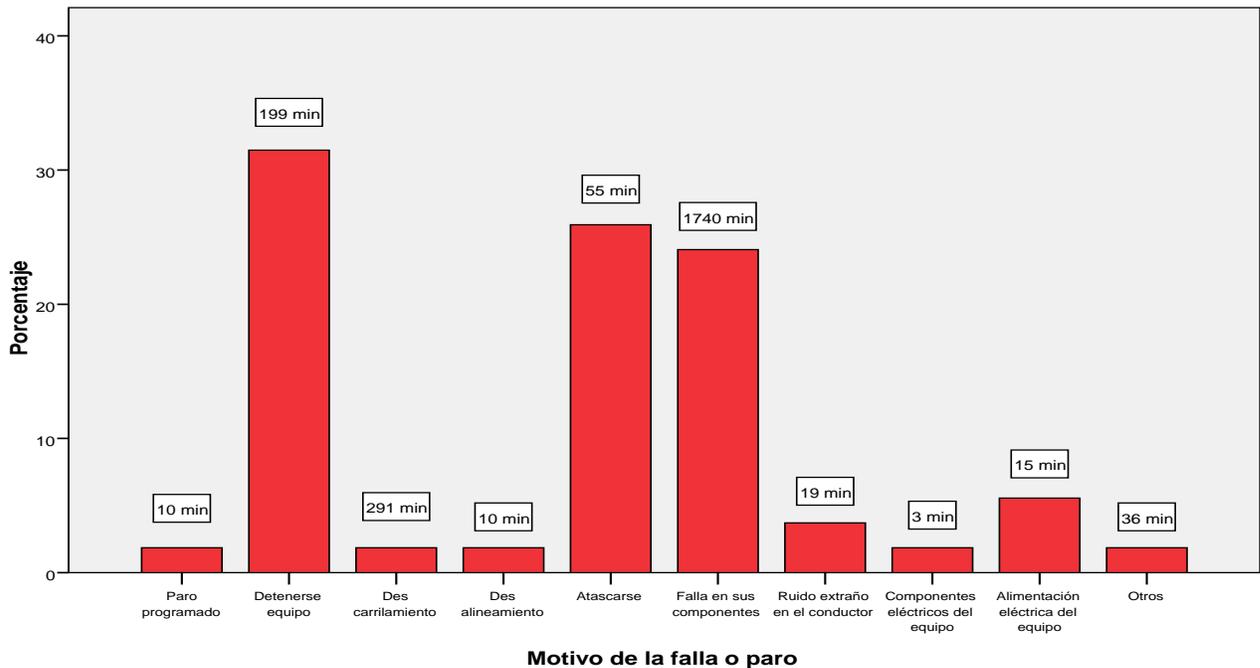


Imagen 11 Motivo de la falla o paro

En la imagen 12 se presenta el diagrama de Pareto en función de las horas paradas por motivo de la fallas del mes de enero en las áreas de batey y molinos.

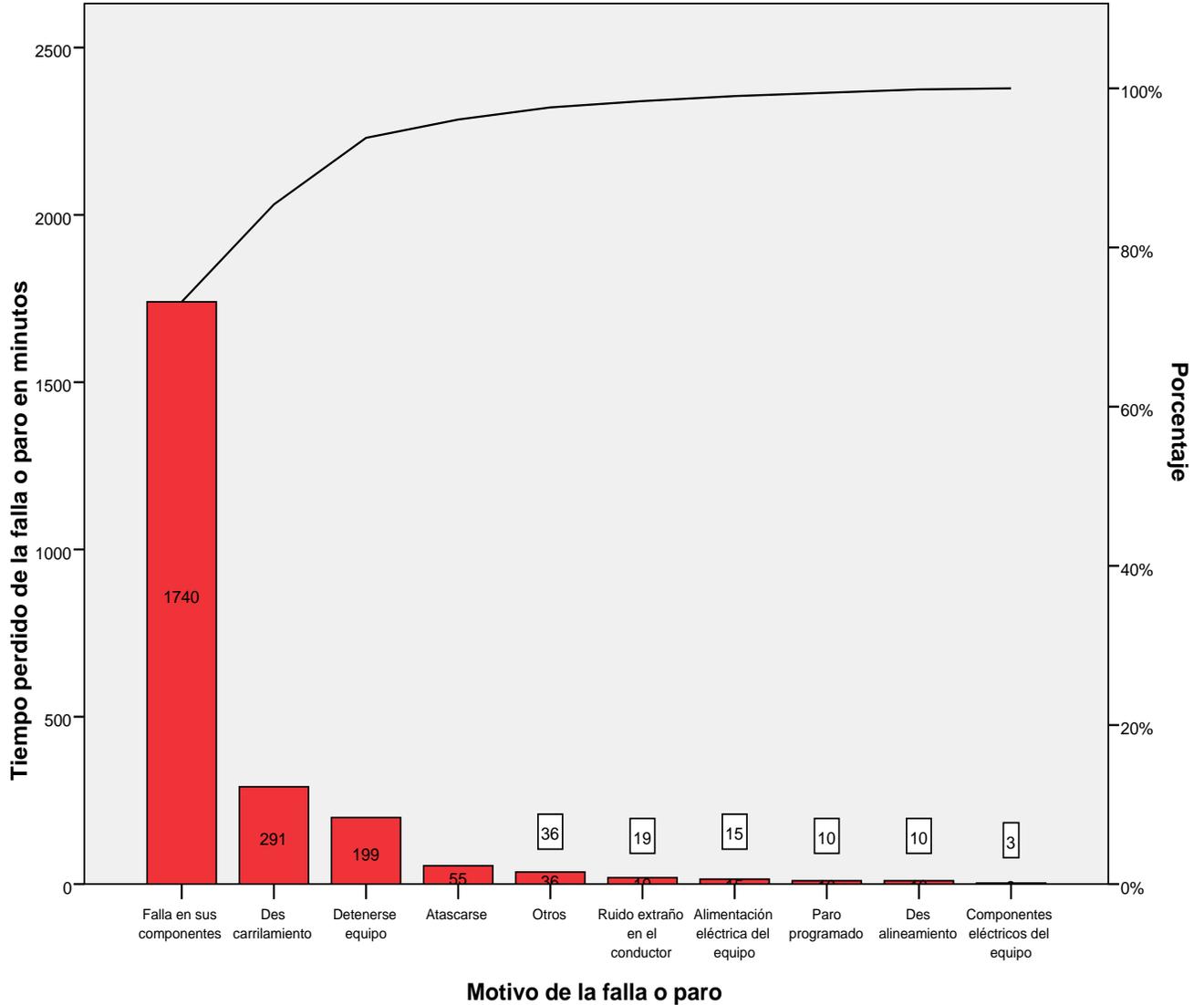


Imagen 12 Horas de parada por motivo de la fallas - enero

Resultados de Fallos de los equipos del área de batey y molinos que *generan* paros en la molienda del mes de febrero en la Zafra 17/18

En la tabla 14 se muestra que en el mes de febrero se produjo 56 fallos que generaron paros, con un total de 1,382 min perdidos. Si se toma en cuenta que el promedio de basculadas/hr del mes de enero fue de 36 (.6 basculadas/ min); como resultado de dichas fallas el ingenio dejó de producir 829.2 basculadas de guarapo lo que equivale a 4,187.46 ton de caña (1 basculada de guarapo= 5.05 ton de caña) que el ingenio dejó de moler.

Estadísticos descriptivos

Tabla 14 Fallas que generaron paros

	N	Suma
Tiempo perdido de la falla o paro en minutos	56	1382
N válido (según lista)	56	

En la tabla 15 e imagen 13, se muestra el desglose de los fallos en batey y molinos. Debido a los fallos en batey el ingenio dejó de extraer 225.6 basculadas de guarapo equivalentes a 1,139.28 ton de caña que dejó de moler. Y debido a los fallos en molinos el ingenio dejó de extraer 603.6 basculadas de guarapo equivalentes a 3,048.18 ton de caña que dejó de moler.

Tabla 15 Área donde ocurrió la falla

Área donde ocurrió la falla	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Batey	14	25.0	25.0	25.0	376 min
Molinos	42	75.0	75.0	100.0	1006 min
Total	56	100.0	100.0		1382 min

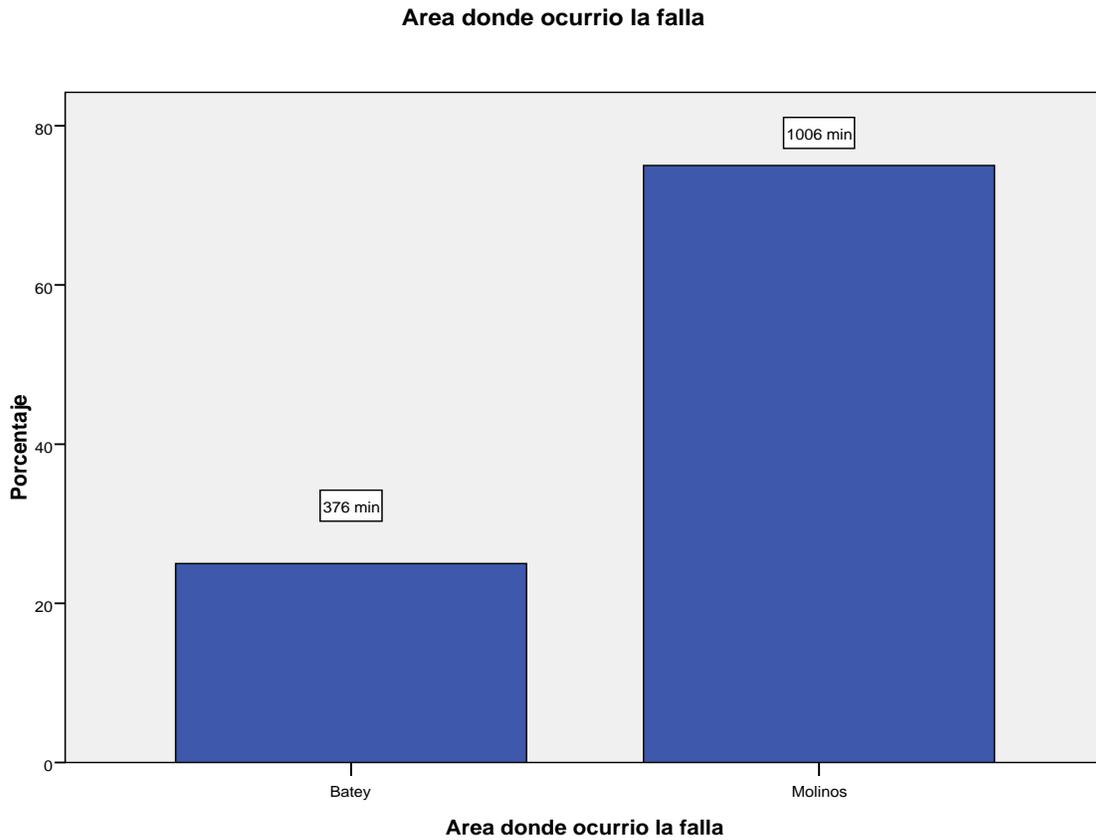


Imagen 13 Área donde ocurrió la falla

En la tabla 16 e imagen 14, se muestra las frecuencias de cuáles fueron los equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de febrero, afectando considerablemente el estimado de molienda.

Tabla 16 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

Equipo que produjo la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Grúa radial #2	2	3.6	3.6	3.6	10 min
Mesa inclinada	2	3.6	3.6	7.1	48 min
Conductor de caña fuera de borda	1	1.8	1.8	8.9	2 min
Juego de cuchillas	2	3.6	3.6	12.5	135 min
Banda rápida	5	8.9	8.9	21.4	35 min
Elevador vertical de bagazo	2	3.6	3.6	25.0	146 min

Chute #1	2	3.6	3.6	28.6	4 min
Molino #1	7	12.5	12.5	41.1	114 min
Conductor intermedio tipo Donely #2	1	1.8	1.8	42.9	8 min
Molino #2	8	14.3	14.3	57.1	214 min
Molino #4	6	10.7	10.7	67.9	50 min
Conductor intermedio tipo Donely #5	1	1.8	1.8	69.6	5 min
Molino #5	16	28.6	28.6	98.2	596 min
Bomba de agua caliente #1	1	1.8	1.8	100.0	15 min
Total	56	100.0	100.0		1382 min

Equipo que produjo la falla o paro

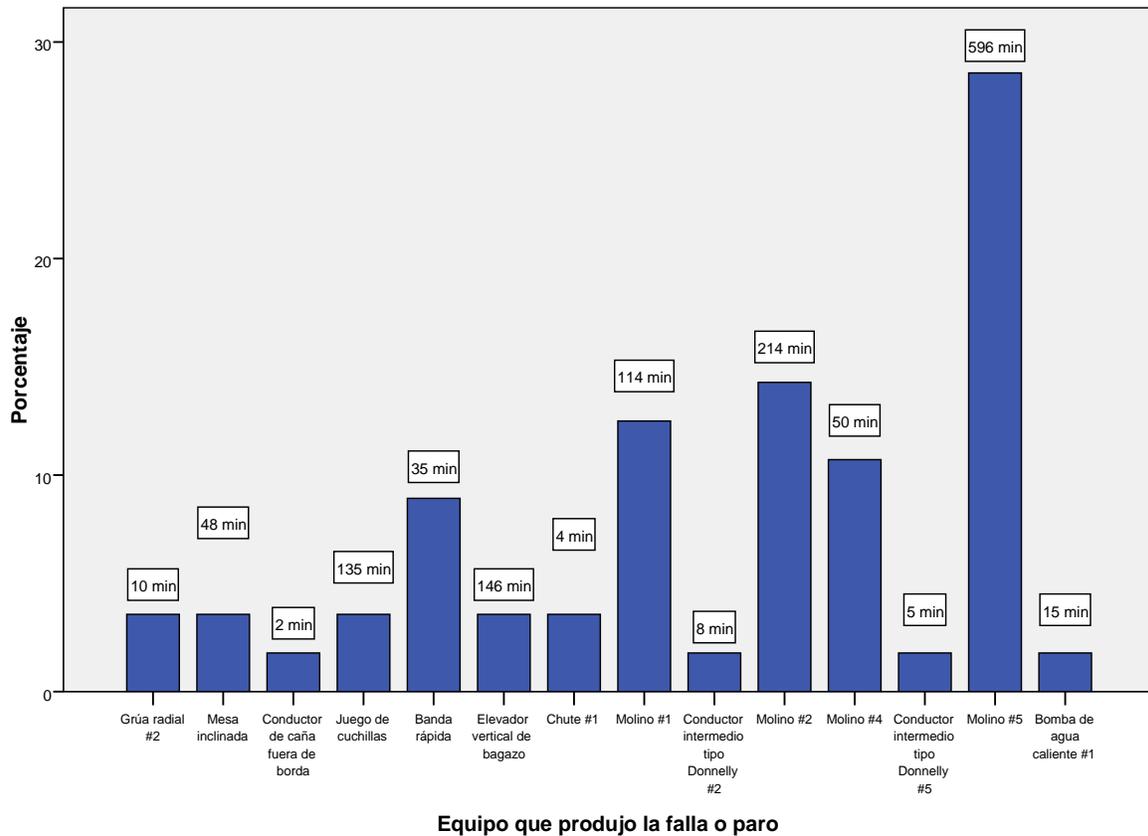


Imagen 14 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

En la tabla 17, se muestra las frecuencias del motivo del cual los equipos produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de febrero, afectando considerablemente el estimado de molienda.

Tabla 17 Motivo de la falla o paro

Motivo de la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Paro programado	1	1.8	1.8	1.8	57 min
Detenerse equipo	24	42.9	42.9	44.6	258 min
Descarrilamiento	1	1.8	1.8	46.4	33 min
Atascarse	8	14.3	14.3	60.7	88 min
Falla en sus componentes	15	26.8	26.8	87.5	391 min
Ruido extraño en el conductor	2	3.6	3.6	91.1	19 min
Componentes eléctricos del equipo	1	1.8	1.8	92.9	9 min
Alimentación eléctrica del equipo	1	1.8	1.8	94.6	15 min
Falta de carga en el molino	2	3.6	3.6	98.2	10 min
Activarse sensor de descarrilamiento	1	1.8	1.8	100.0	2 min
Total	56	100.0	100.0		1382 min

En la gráfica 8 se presenta el diagrama de Pareto en función de las horas paradas por motivo de la fallas del mes de febrero en las áreas de batey y molinos.

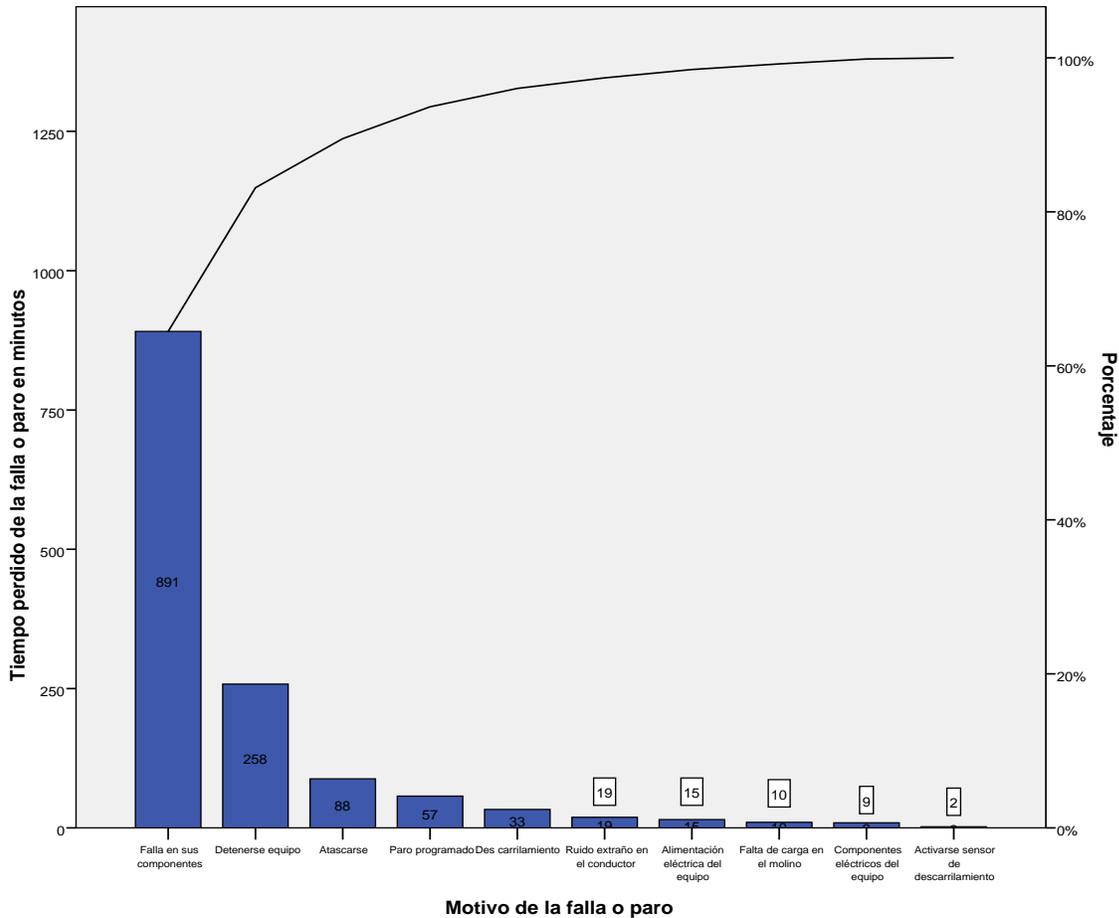


Imagen 15 Horas de parada por motivo de la fallas - febrero

Resultados de Fallos de los equipos del área de batey y molinos que *no generan* paros en la molienda del mes de enero en la Zafra 17/18

En la tabla 18 se muestra que en el mes de enero se produjo 7 fallos de gran importancia que no generaron paros en la molienda. Pero si afectan considerablemente la eficiencia de ambas áreas.

Estadísticos descriptivos

Tabla 18 Fallas que no generaron paros

	N	Suma
Tiempo perdido de la falla o paro en minutos	7	76897
N válido (según lista)	7	

En la tabla 19 e imagen 16, se muestra el desglose de dichos fallos en batey y molinos.

Tabla 19 Área donde ocurrió la falla

Área donde ocurrió la falla	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Batey	4	57.1	57.1	57.1	3667 min
Molinos	3	42.9	42.9	100.0	73230 min
Total	7	100.0	100.0		76897 min

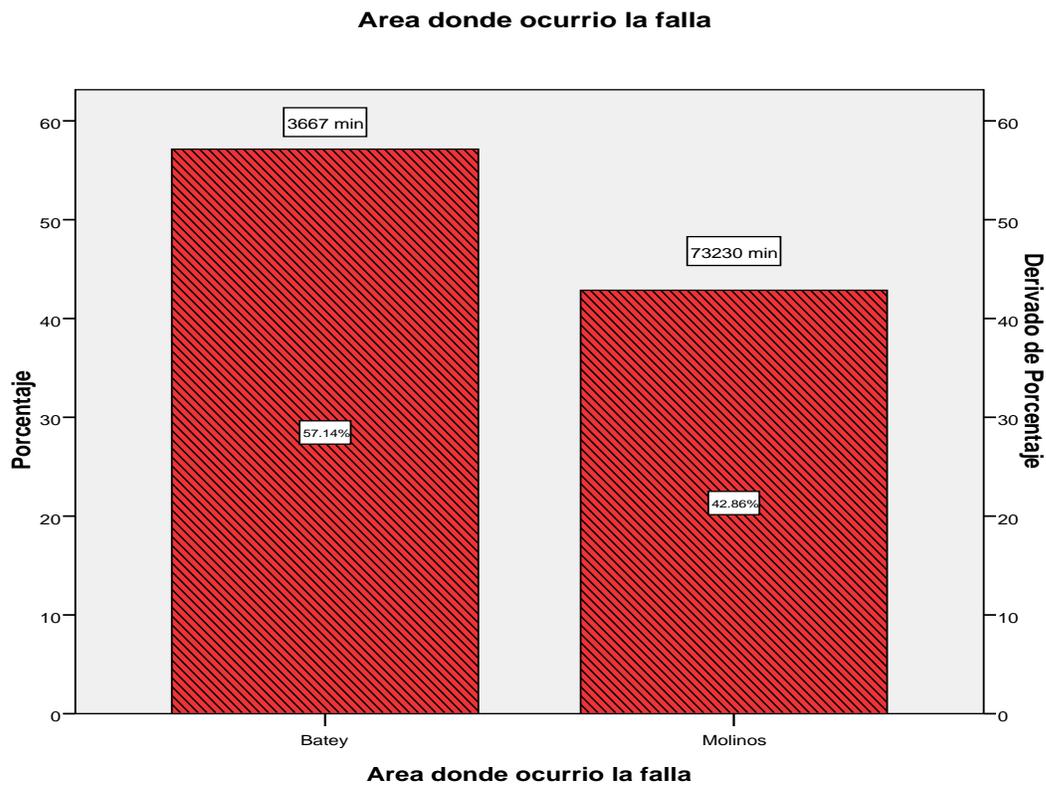


Imagen 16 Área donde ocurrió la falla

En la tabla 20 e imagen 17, se muestra las frecuencias de cuáles fueron los equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de enero, afectando considerablemente la eficiencia de dichas áreas. La falla más significativa fue la del molino #3 ya que durante su tiempo que estuvo fuera de servicio para su reparación dejó de extraer el 12 % de sacarosa según el Setting establecido, dando como resultado un promedio de 3.30 porcentaje de sacarosa en el bagazo en los meses de enero y febrero.

Tabla 20 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

Equipo que produjo la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Volcador #2	2	28.6	28.6	28.6	32 min
Mesa inclinada	2	28.6	28.6	57.1	3635 min
Molino #3	1	14.3	14.3	71.4	70855 min
Molino #4	1	14.3	14.3	85.7	2315 min
Bomba de agua caliente #1	1	14.3	14.3	100.0	60 min
Total	7	100.0	100.0		76897 min

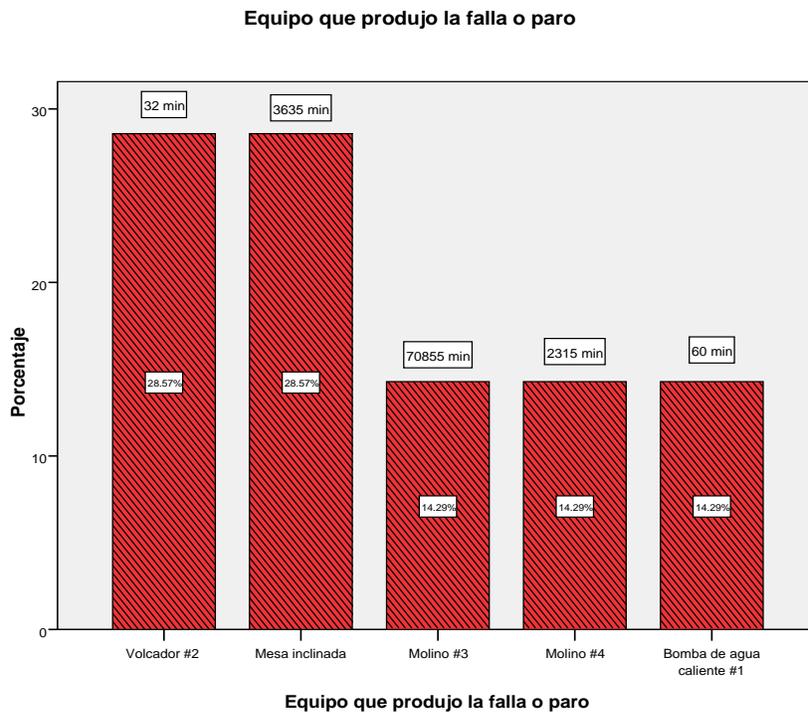


Imagen 17 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

En la tabla 21 e imagen 18, se muestra las frecuencias del motivo del cual los equipos produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de febrero, afectando considerablemente la eficiencia de dichas áreas.

Tabla 21 Motivo de la falla o paro

Motivo de la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Paro programado	2	28.6	28.6	28.6	77 min
Falla en sus componentes	4	57.1	57.1	85.7	76805 min
Componentes eléctricos del equipo	1	14.3	14.3	100.0	15 min
Total	7	100.0	100.0		76897 min

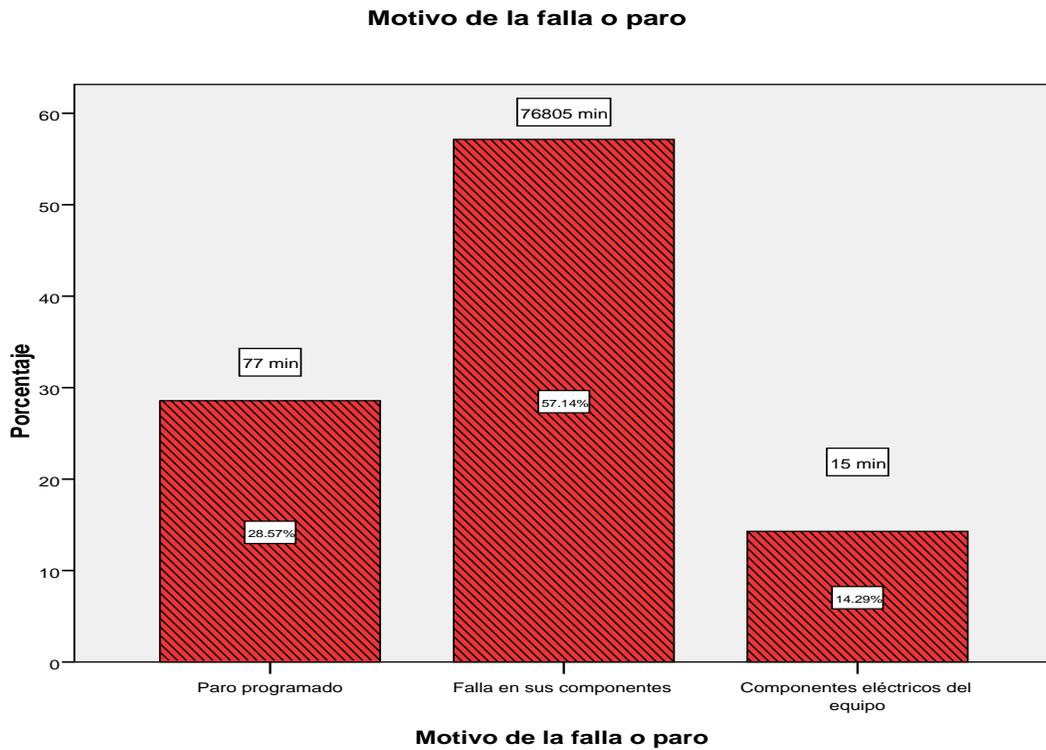


Imagen 18 Motivo de la falla o paro

Resultados de Fallos de los equipos del área de batey y molinos que *no generan* paros en la molienda del mes de febrero en la Zafra 17/18

En la tabla 22 se muestra que en el mes de febrero se produjo 11 fallos de gran importancia que no generaron paros en la molienda. Pero si afectan considerablemente la eficiencia de ambas áreas.

Estadísticos descriptivos

Tabla 22 Tabla 38 Fallos que no generaron paros

	N	Suma
Tiempo perdido de la falla o paro en minutos	11	10880
N válido (según lista)	11	

En la tabla 23 e imagen 19, se muestra el desglose de dichos fallos en batey y molinos.

Tabla 23 Área donde ocurrió la falla

Área donde ocurrió la falla	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Batey	7	63.6	63.6	63.6	1554 min
Molinos	4	36.4	36.4	100.0	9326 min
Total	11	100.0	100.0		10880 min

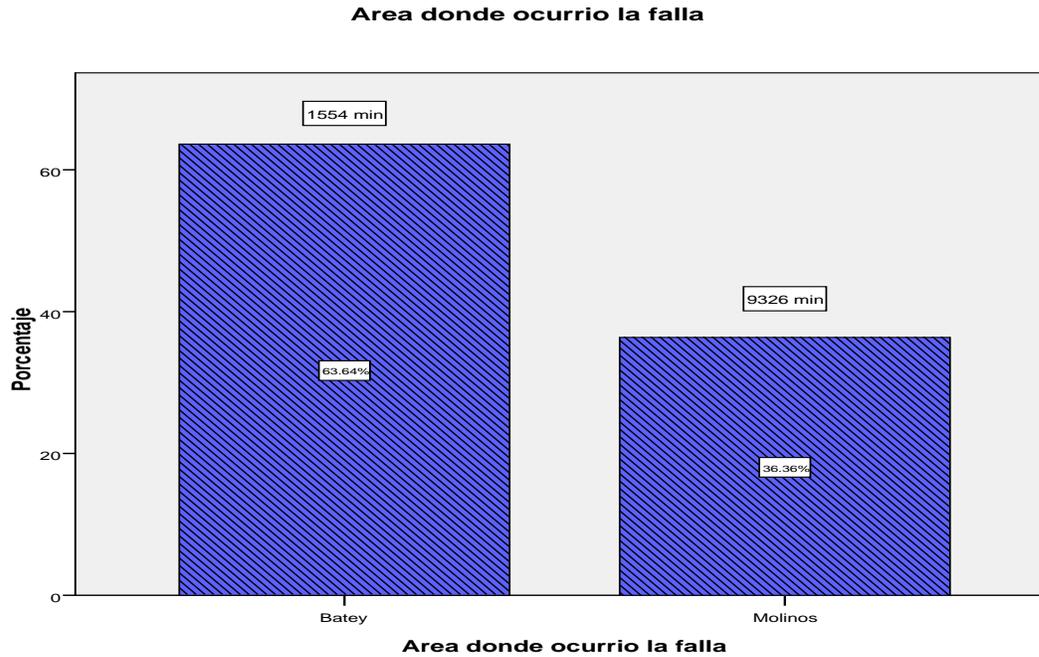


Imagen 19 Área donde ocurrió la falla

En la tabla 24 e imagen 20, se muestra las frecuencias de cuáles fueron los equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de febrero, afectando considerablemente la eficiencia de dichas áreas. La falla más significativa fue la del molino #2 ya que durante su tiempo que estuvo fuera de servicio para su reparación dejó de extraer el 20% de sacarosa según el Setting establecido, dando como resultado un promedio de 3.30 porcentaje de sacarosa en el bagazo en el mes de febrero.

Tabla 24 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

Equipo que produjo la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Grúa radial #2	3	27.3	27.3	27.3	1075 min
Volcador #2	3	27.3	27.3	54.5	384 min
Mesa inclinada	1	9.1	9.1	63.6	95 min
Molino #2	2	18.2	18.2	81.8	8111 min
Bomba de agua caliente #1	2	18.2	18.2	100.0	1215 min
Total	11	100.0	100.0	10880 min	10880 min

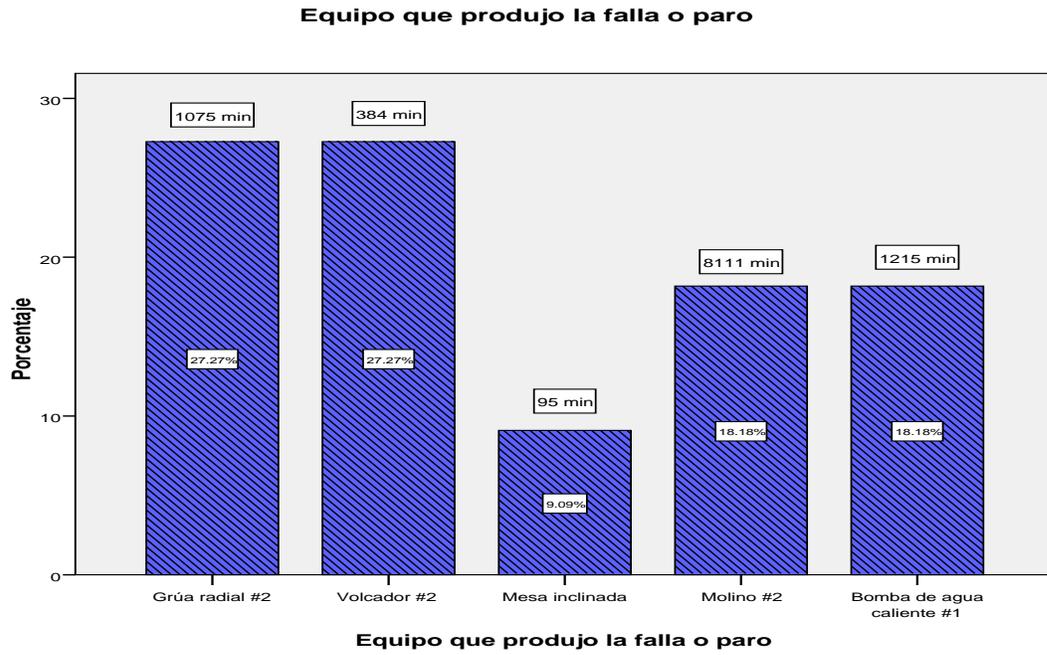


Imagen 20 Equipos que produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos

En la tabla 25 e imagen 21, se muestra las frecuencias del motivo del cuál los equipos produjeron las fallas en las áreas de batey y molinos durante el mes de febrero, afectando considerablemente la eficiencia de dichas áreas

Tabla 25 Motivo de la falla o paro

Motivo de la falla o paro	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Tiempo perdido en min
Paro programado	1	9.1	9.1	9.1	1110 min
Des carrilamiento	1	9.1	9.1	18.2	95 min
Des alineamiento	1	9.1	9.1	27.3	105 min
Falla en sus componentes	8	72.7	72.7	100.0	9575 min
Total	11	100.0	100.0		10880 min

Motivo de la falla o paro

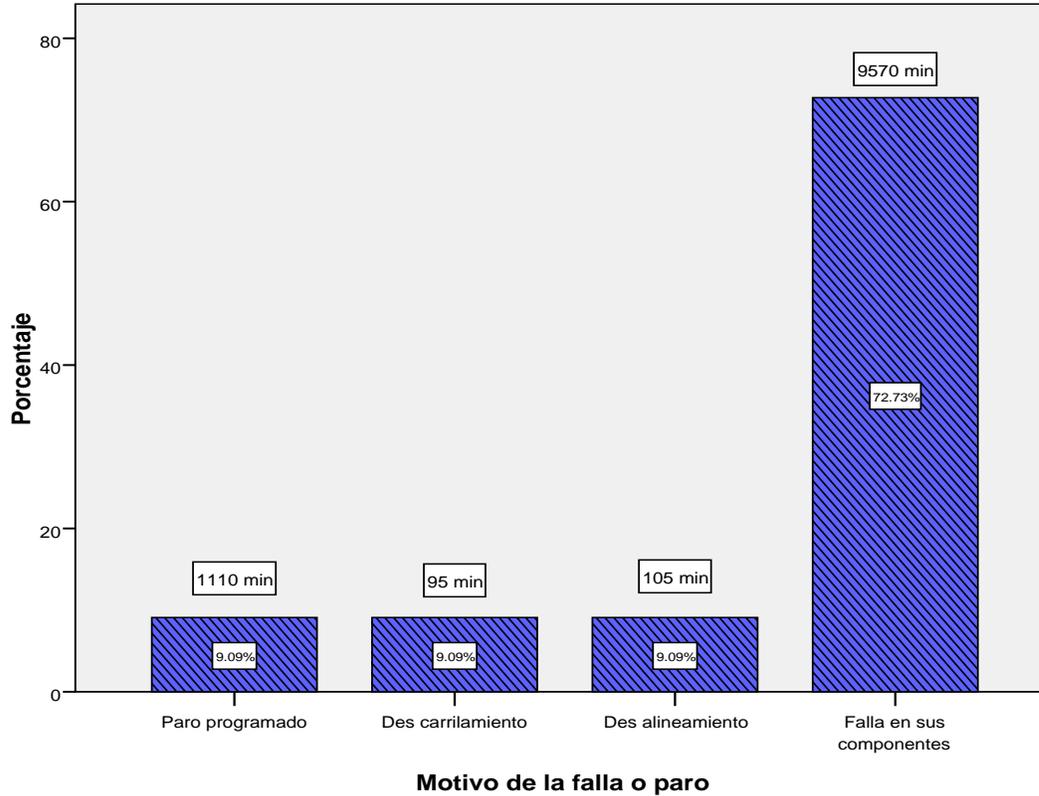


Imagen 21 Motivo de la falla o paro

A continuación se da a conocer los datos para la obtención de los resultados del MTTF que tuvieron las áreas de batey y molinos durante los dos meses.

MTTF (Mean Time To Fail) Tiempo Promedio para Fallar

03/04/2018 04:57:55 p. m.

Bienvenido a Minitab, presione F1 para obtener ayuda.

Análisis de distribución: Tiempo perdido en min

Variable: Tiempo perdido en min

Información de censura Conteo
Valor no censurado 20

Método de cálculo: Máxima verosimilitud

Distribución: Weibull

Cálculos del parámetro

Parámetro	Estimación	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Forma	0.543712	0.0876776	0.396375	0.745816
Escala	94.1783	41.1912	39.9629	221.945

Log-verosimilitud = -114.731

Bondad de ajuste
Anderson-Darling (ajustado) = 1.408

Características de distribución

	Estimaciones	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Media (MTTF)	163.233	69.2993	71.0290	375.128
Desviación estándar	325.655	169.453	117.447	902.976
Mediana	47.9950	23.2900	18.5414	124.237
Primer cuartil (Q1)	9.52310	6.30151	2.60334	34.8358
Tercer cuartil (Q3)	171.733	71.1889	76.2082	386.994
Rango intercuartil (IQR)	162.210	66.8296	72.3411	363.720

Tabla de percentiles

Porcentaje	Percentil	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
1	0.0199316	0.0312548	0.0009221	0.430836
2	0.0719854	0.0985730	0.0049165	1.05398
3	0.153177	0.192042	0.0131224	1.78801
4	0.262479	0.307634	0.0263912	2.61055
5	0.399468	0.442959	0.0454579	3.51039
6	0.564027	0.596409	0.0709952	4.48095
7	0.756228	0.766826	0.103639	5.51802
8	0.976278	0.953346	0.144001	6.61883
9	1.22449	1.15531	0.192682	7.78155
10	1.50124	1.37220	0.250274	9.00504
20	5.96845	4.31073	1.44903	24.5835
30	14.1412	8.66916	4.25269	47.0229
40	27.3781	14.7513	9.52308	78.7099
50	47.9950	23.2900	18.5414	124.237
60	80.1904	35.8343	33.4003	192.528
70	132.502	55.8925	57.9648	302.886
80	225.979	92.9525	100.912	506.052
90	436.658	184.658	190.624	1000.24
91	474.110	202.054	205.645	1093.05
92	517.636	222.639	222.801	1202.63
93	569.082	247.452	242.689	1334.44
94	631.226	278.079	266.194	1496.82
95	708.500	317.090	294.702	1703.32
96	808.584	369.019	330.565	1977.85
97	946.458	442.888	378.258	2368.18
98	1157.45	560.511	448.016	2990.26

99 1562.42 799.122 573.377 4257.52

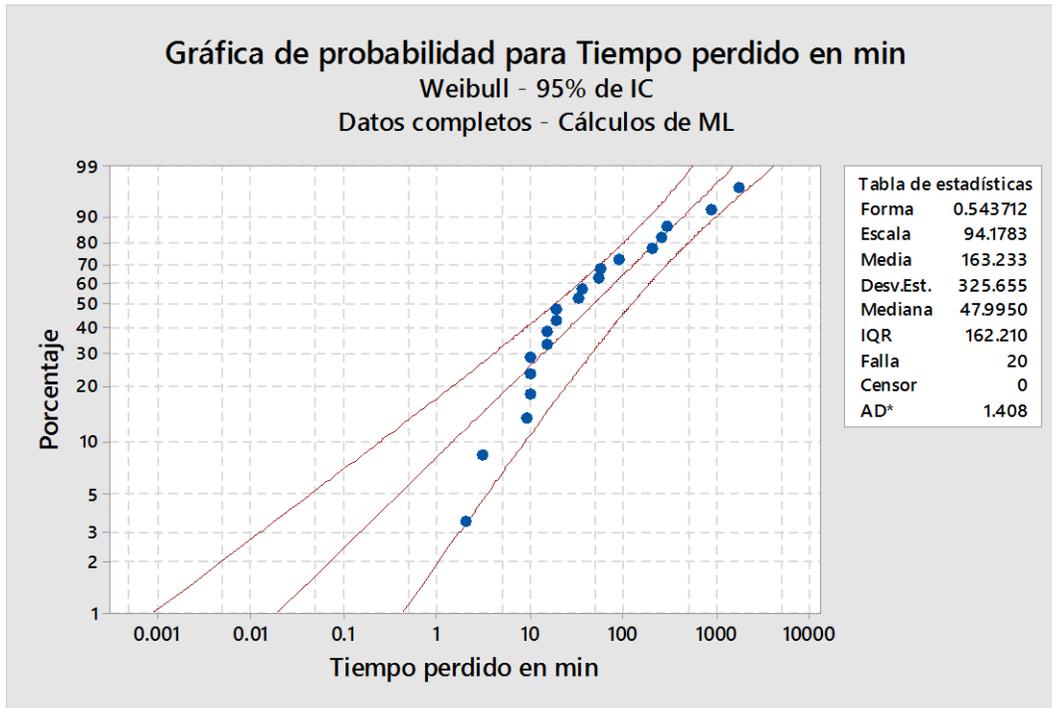


Imagen 22 Grafica de Weibull

En la tabla 41 se muestra el MTFB (tiempo medio entre fallas), MTTR (tiempo promedio para reparar) y la Disponibilidad que tuvieron las áreas de batey y molinos durante los dos meses. Dando como resultado que durante los dos meses el área de batey tuvo mayor porcentaje de disponibilidad con respecto al área de molinos

Tabla 26 Resultados del MTFB, MTTR y Disponibilidad de las áreas de batey y molinos

Mes: Enero- Febrero	Minutos disponibles	Minutos parados	Número de paradas	MTFB	MTTR	Disponibilid ad
Batey	81208 min	4516 min	37	2194.81 min	122.05 min	0.9473 (94.73%)
Molinos	81208 min	84160 min	79	1027.94 min	1065.31 min	0.4910 (49.10%)

A continuación se da a conocer las formulas y valores para la obtención de los resultados del MTFB, MTTR y Disponibilidad que tuvieron las áreas de batey y molinos durante los dos meses.

$$MTFB = \frac{TTO}{N^{\circ}F}$$

Donde:

MTFB = Tiempo Promedio entre Fallos.

TTO = Tiempo total de operación en el periodo.

N°F = Número total de fallas.

MTFB del área de batey durante los dos meses.

Donde:

MTFB = 2194.81 min

TTO = 81208 min

N°F = 37 fallas

$$MTFB = \frac{81208 \text{ min}}{37}$$

MTFB del área de molinos durante los dos meses

Donde:

MTFB = 1027.94 min

TTO = 81208 min

N°F = 79 fallas

$$MTFB = \frac{81208 \text{ min}}{97}$$

$$MTTR = \frac{TTR}{N^{\circ}F}$$

Donde:

MTTR = Tiempo Promedio para Reparar.

TTR = Tiempo total empleado en restaurar la operación después de cada falla.

N°F = Número de fallas totales.

MTTR del área de batey durante los dos meses.

Donde:

MTFB = 122.05 min

TTR = 4516 min

N°F = 37 fallas

$$MTTR = \frac{4516 \text{ min}}{37}$$

MTTR del área de molinos durante los dos meses.

Donde:

MTFB = 1065.31 min

TTR = 84160 min

N°F = 79 fallas

$$MTTR = \frac{84160 \text{ min}}{79}$$

$$A = \frac{MTFB}{MTFB + MTTR}$$

Donde:

A = Es la disponibilidad de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento

MTFB = Mean Time Between Failures (Tiempo Promedio entre Fallos)

MTTR = Mean Time To Repair (Tiempo Promedio para Reparar)

Disponibilidad del área de batey durante los dos meses.

Donde:

MTFB = 0.9473= 94.73%

MTFB = 2194.81 min

MTTR = 122.05 min

$$A = \frac{2194.81 \text{ min}}{2194.81 \text{ min} + 122.05 \text{ min}}$$

Disponibilidad del área molinos durante los dos meses.

Donde:

MTFB = 0.4910= 49.10%

MTFB = 1027.94 min

MTTR = 1065.31 min

$$A = \frac{1027.94 \text{ min}}{1027.94 \text{ min} + 1065.31 \text{ min}}$$

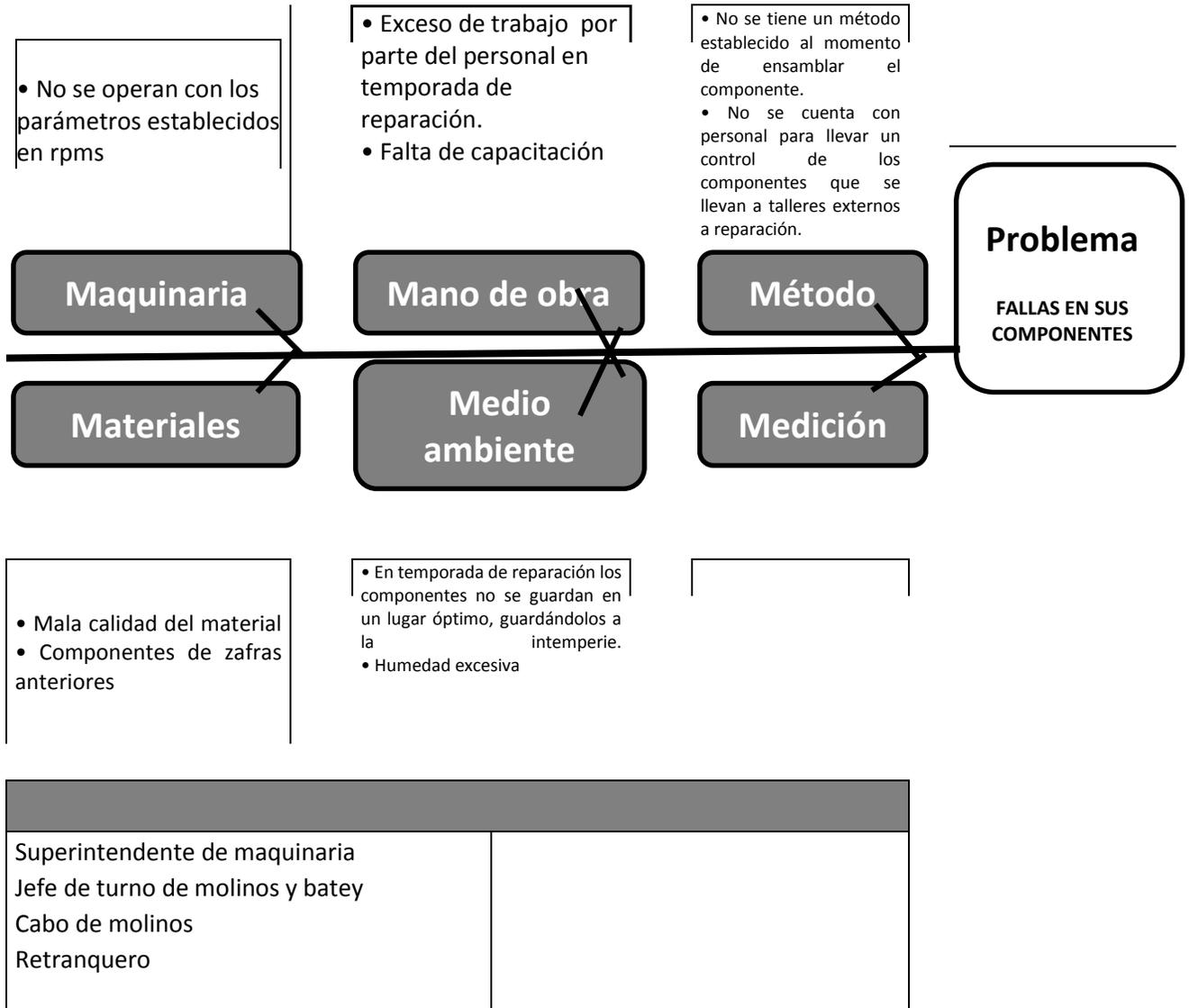
En la tabla 27 se muestra el MTFB (tiempo medio entre fallas), MTTR (tiempo promedio para reparar) y la Disponibilidad que tuvieron los equipos que produjeron fallos en las áreas de batey y molinos durante los dos meses (enero-febrero). Dando como resultado que durante los dos meses el molino #2 y el molino #3 tuvieron menor porcentaje de disponibilidad con respecto a los otros equipos que produjeron fallos.

Tabla 27 Resultados del MTFB, MTTR y Disponibilidad de los equipos que produjeron fallos de las áreas de batey y molinos.

Mes: Enero-Febrero	Minutos disponibles	Minutos parados	Número de paradas	MTFB	MTTR	% de Disponibilidad
Mesa inclinada	81208 min	215 min	9	9023.11 min	23.88 min	99.73 %
Conductor de caña fuera de borda	81208 min	12 min	2	40604 min	6 min	99.98 %
Juego de cuchillas	81208 min	135 min	2	40604 min	67.5 min	99.83 %
Tambor inductor	81208 min	60 min	1	81208 min	60 min	99.92 %
Esparcidor de bagazo	81208 min	6 min	2	40604 min	3 min	99.99 %
Banda rápida	81208 min	91 min	14	5800.57 min	6.5 min	99.88 %
Elevador vertical de bagazo	81208 min	437 min	3	27069.33 min	145.66 min	99.46 %
Rastra general	81208 min	10 min	1	81208 min	10 min	99.98 %
Chute #1	81208 min	17 min	6	13534.66 min	2.83 min	99.97 %
Molino #1	81208 min	246 min	17	4776.94 min	14.47 min	99.69 %
Conductor intermedio tipo Donely #2	81208 min	22 min	2	40604 min	11 min	99.97 %
Molino #2	81208 min	8111 min	2	40604 min	4055.5 min	90.91 %
Molino #3	81208 min	70855 min	1	81208 min	70855 min	53.40 %
Molino #4	81208 min	2663 min	12	6767.33 min	221.91 min	96.82 %
Conductor intermedio tipo Donely #5	81208 min	15 min	1	81208 min	15 min	99.98 %
Molino #5	81208 min	1976 min	28	2900.28 min	70.57 min	97.62 %

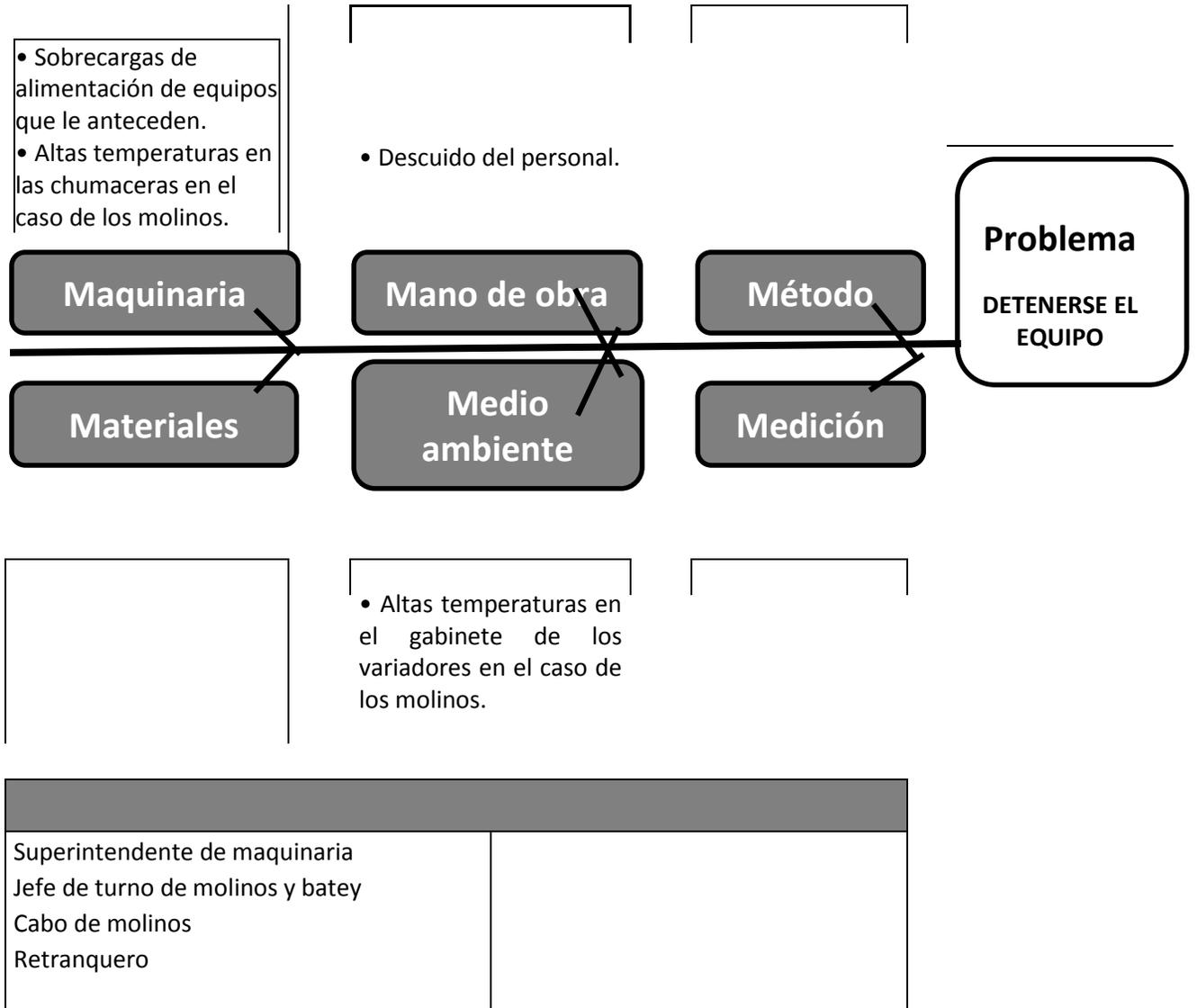
A continuación se presentan los Diagramas Causa – Efecto que más se presentaron en los meses enero-febrero en las áreas de batey y molinos. En la tabla 28 se muestra las causas por fallas en sus componentes.

Tabla 28 Causas – Fallas en sus componentes.



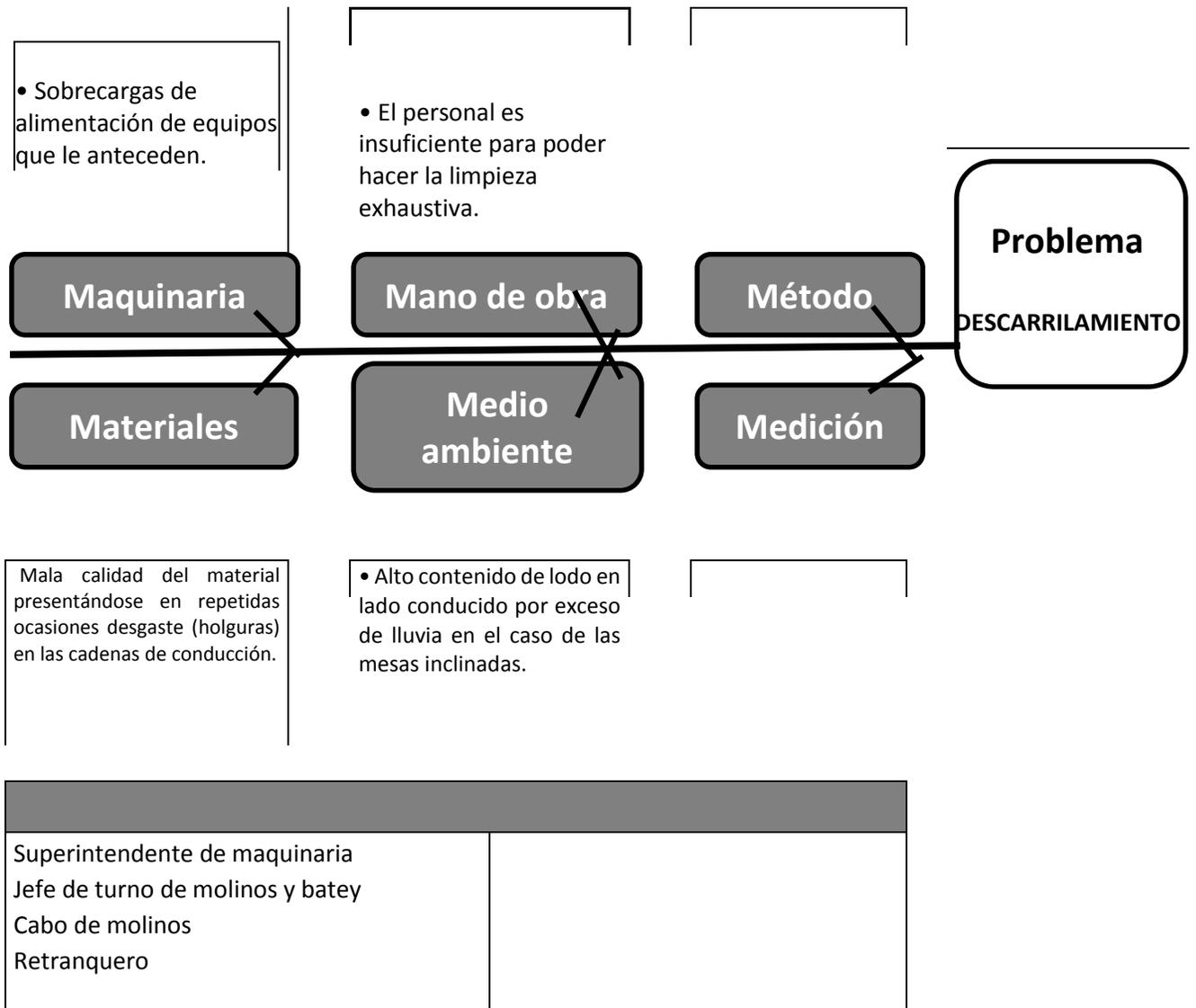
En la tabla 29 se muestra las causas por detenerse el equipo

Tabla 29 Causas – Detenerse el equipo.



Y en la tabla 30 se aprecia las causas por descarrilamiento.

Tabla 30 Causas - Descarrilamiento



4.2 Conclusiones

Al comenzar con el análisis de fallas se tenía pensado que el origen de los paros era debido a fallos por sobrecargas de materia prima en los equipos, en las áreas de batey y molinos. Sin embargo, al culminar la investigación se supo que dicho origen era totalmente ajeno al planteamiento de la hipótesis.

Y al terminar con dicho análisis se dio a conocer que las causas que provocan los paros, son por fallas en los componentes de los equipos. Y también se obtuvo que la disponibilidad del área de batey es mayor con respecto al área de molinos.

ANEXOS

En la imagen 23 representa la distribución de las áreas de batey y molinos del Ingenio San José de Abajo S.A de C.V.

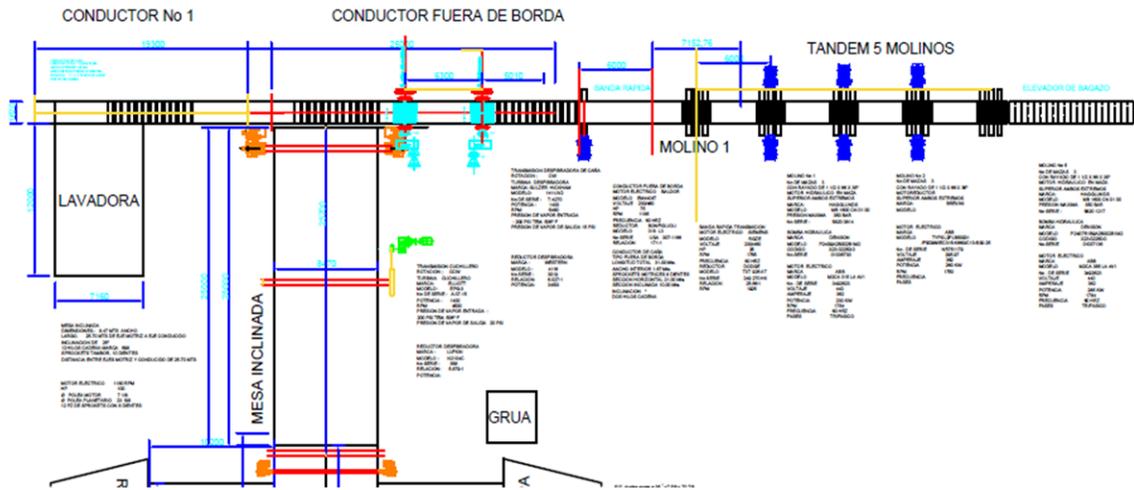


Imagen 23 distribución de las áreas de batey y molinos

BIBLIOGRAFÍA

Referencias

(s.f.).

Aguiar, L. J., & Rodriguez, H. A. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas No. 3*. Colombia.

Arturo, G. (2012). *Manual básico SPSS*. Chile: Alfaomega.

B. Abernethy, R. (s.f.). *Fundamentos del análisis de Weibul*.

Cinta, G., Grima, C., & Marco, A. (2004). *Estadística práctica con Minitab*. España: Limusa.

Corrales, J. M., Gil, J. M., Remedios, P. D., Masjuan, Y., & Gil, J. A. (2014). Operación de los molinos del tandem cañero a dos niveles de presión hidráulica. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 123-130.

Eda, A. (2013). *Análisis de fallas de una máquina extrusora de electrodos*. Perú.

Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Alemania: Bartens.

Villar, J. E. (2009). *Metodología para la detección y prevención de fallas en equipos industriales de producción*. México.