

**PROPUESTA DE UNA LÍNEA Y FLUJO DE PROCESO PARA UNA PLANTA DE
TRILLADO DE CAFÉ. CASO DE ESTUDIO.**



ANEXOS

**José David Burgos Gallego
Johny Fernando Rojas Alegría**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial
Popayán, Cauca
2018**

Contenido

1. ANEXO A.....	7
ESTANDAR ISA 88	7
1.1 Norma ISA 88.....	7
1.1.2 Modelo de proceso.....	7
1.1.3 Modelo físico.....	8
1.1.4 Modelo control de procedimiento	9
2. ANEXO B.....	10
ENTREVISTAS Y MARCO COMPARATIVO DE LA LINEA	10
2.1 DIAGNÓSTICO TECNICO DE LA LINEA DE TRILLADO DE CAFÉ EN SUPRACAFÉ S.A.	10
2.1.1 Nivel de dificultad de la labor (Complejidad).....	10
2.1.2 Nivel de riesgo (Esfuerzo físico).....	11
2.1.3 Nivel de automatización del proceso	12
2.1.4 Nivel de documentación.....	13
2.1.5 Mantenimiento de las líneas	14
2.2 Recopilación de información pertinente para la reestructuración	15
2.2.1 Orden y ubicación de los módulos de equipo de las líneas de trillado	15
2.2.2 Comparación módulos de equipo.....	16
2.2.3 Operaciones de proceso	18
2.2.4 Comparación de operaciones de proceso	19
3. ANEXO C.....	21
DIAGNÓSTICO ENERGETICO	21
3.1 Clases de auditorías.....	21
3.1.1 Áreas funcionales:	21
3.1.2 Usos:.....	21
3.1.3 Procesos:	21
3.1.4 Auditorías eléctricas	21
3.1.5 Auditorías térmicas:	21
3.1.6 Nivel 1. Auditoría preliminar (diagnóstico):.....	22
3.1.7 Nivel 2. Auditoría detallada:	22
3.1.8 Nivel 3. Auditoría especial:	22
3.1.9 Nivel 4. Auditoría de seguimiento:	22
3.2 DIAGNÓSTICO ENERGETICO	22

3.2.1 Recopilación inicial de información:	23
3.2.2 Contabilidad energética y toma de datos:	23
3.2.3 Evaluación y análisis:	23
3.3 Diagnóstico SUPRACAFE COLOMBIA S.A.	24
4. ANEXO D.....	25
Requerimientos técnicos adicionales de SUPRACAFE COLOMBIA S.A.	25
4.1 Cumplimiento del requisito técnico 3.....	25
4.1.1 Mantenimiento actual a la línea de trillado.....	25
4.1.2 Mantenimiento de la línea de trillado reestructurada	27
4.2 Cumplimiento del requisito técnico 4.....	28
4.3 Energías renovables	28
4.3.1 Contexto nacional.....	28
4.4 Tipos de energías renovables (contexto nacional)	29
4.4.1 Energía eólica	29
4.4.3 Energía solar FV	30
4.4.5 Energía de la biomasa.....	31
4.4.7 Energía geotérmica.....	31
4.5 Generador eléctrico.....	32
4.5.1 Tipos de generadores eléctricos	33
4.5.2 Pasos para seleccionar el generador adecuado para las necesidades	33
5. ANEXO E	35
REQUERIMIENTOS DE SIMULACION (PARAMETROS)	35
5.1. Requerimientos de simulación para la línea actual	35
5.2. Requerimientos de simulación para la línea reestructurada	37
6. ANEXO F	41
ESPECIFICACIONES GENERADOR ELECTRICO PROPUESTO	41
6.1. SD500-Grupo electrógeno industrial diésel Certificado EPA emergencia estacionaria.....	41
6.2.1 Conjunto generador del generador eléctrico propuesto	41
6.2.2 Motor del generador eléctrico propuesto	42
6.2.3 Alternador del generador eléctrico propuesto	42
6.2.4 Controles del generador eléctrico propuesto.....	42
6.2 Datos de aplicación e ingeniería	43
6.3.1 Especificaciones del Motor del generador eléctrico propuesto	43

6.3.2	Gobierno del Motor del generador eléctrico propuesto	43
6.3.3	Sistema de Lubricación del generador eléctrico propuesto	43
6.3.4	Sistema de Refrigeración del generador eléctrico propuesto	44
6.3.5	Sistema de Combustible del generador eléctrico propuesto	44
6.3.6	Sistema Eléctrico del Motor del generador eléctrico propuesto	44
6.3.7	Especificaciones del Alternador del generador eléctrico propuesto	45
6.3	Datos operativos (60Hz)	45
6.4.1	Calificaciones de Potencia (kW) del generador eléctrico propuesto	45
6.4.2	Capacidades Iniciales (sVA) del generador eléctrico propuesto	45
6.4.3	Combustible del generador eléctrico propuesto	46
6.4.4	Enfriamiento del generador eléctrico propuesto	46
6.4.5	Requisitos de Aire de Combustión del generador eléctrico propuesto	46
6.4.6	Motor del generador eléctrico propuesto	46
7.	REFERENCIAS.....	48

TABLA DE CONTENIDO ANEXOS DIGITALES

1. ANEXO DIGITAL A

Audios y formatos de entrevistas al personal de SUPRACAFE COLOMBIA S.A

- 1.1** Entrevista Cesar
- 1.2** Entrevista Javier 1
- 1.3** Entrevista Javier 2
- 1.4** Entrevista Javier 3
- 1.5** Entrevista Walter 1
- 1.6** Entrevista Walter 2
- 1.7** Entrevista Wilton 1
- 1.8** Entrevista Wilton 2
- 1.9** Entrevista Wilton 3

2. ANEXO DIGITAL B

Videos y audios del marco comparativo a las 3 trilladoras

- 2.1** Audio MC_CAFENORTE
- 2.2** Audio MC_CAFICAUCA 1
- 2.3** Audio MC_CAFICAUCA 2

- 2.4 Audio MC_ECOM 1
- 2.5 Audio MC_ECOM 2
- 2.6 Video MC_CAFENORTE
- 2.7 Video MC_CAFICAUCA 1
- 2.8 Video MC_CAFICAUCA 2
- 2.9 Video MC_CAFICAUCA 3
- 2.10 Video MC_CAFICAUCA 4
- 2.11 Video MC_CAFICAUCA 5
- 2.12 Video MC_ECOM 1

3. ANEXO DIGITAL C

Videos y fotos de SUPRACAFE COLOMBIA S.A

- 3.1 Fotos línea de trillado
- 3.2 Fotos módulos a implementar
- 3.3 Fotos motores de la línea de trillado
- 3.4 Videos trilladora SUPRACAFE COLOMBIA.S.A.

4. ANEXO DIGITAL D

Fotos módulos a implementar

- 4.1 Despedregadora
- 4.2 Clasificadora Electrónica

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Respuestas de “Nivel de dificultad de la labor (Complejidad)”	10
Tabla 2 Respuestas de “Nivel de riesgo (Esfuerzo físico)”	12
Tabla 3 Respuestas de “Nivel de automatización del proceso”	13
Tabla 4 Preguntas puntuales de “Nivel de documentación”	13
Tabla 5 Preguntas puntuales de “Mantenimiento de las líneas”.	14
Tabla 6 Orden de los módulos de equipo presentes en cada línea de trillado.	16
Tabla 7 Comparación en el orden de los módulos de equipo (CAFICAUCA)	16
Tabla 8 Comparación en el orden de los módulos de equipo (CAFENORTE)	17
Tabla 9 Comparación en el orden de los módulos de equipo (ECOM).	17
Tabla 10 Comparación en el orden de los módulos de equipo (SUPRACAFE).	18
Tabla 11 Operaciones de proceso por orden de ejecución presentes en cada línea de trillado.	19
Tabla 12 Comparación de operaciones de proceso por orden de ejecución.	20
Tabla 13 Características y consumo energético de los motores utilizados en la línea de trillado.	24

Tabla 14 Características del generador eléctrico propuesto para alternativas de suministro energético [15].....	34
Tabla 15 Requerimientos de simulación línea de trillado actual.	36
Tabla 16 Flujos y tiempos de ejecución del proceso de la línea de trillado actual.	37
Tabla 17 Requerimientos de simulación línea de trillado reestructurada.	39
Tabla 18 Flujos y tiempos de ejecución del proceso de la línea de trillado reestructurada.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 esquema del modelo de control de proceso isa s88.01.....	8
Figura 2 esquema del modelo físico isa s88.01.	8
Figura 3 esquema del modelo de control de procedimiento isa s88.01.....	9
Figura 4 a) tolva inicial y b) banda transportadora. fuente propia.....	11
Figura 5 formato de registro de labores correctivas y preventivas en la línea de trillado reestructurada. fuente propia.....	27
Figura 6 explotación y producción de recursos energéticos primarios	29
Figura 7 energía eólica.....	30
Figura 8 energía solar fv	30
Figura 9 energía de la biomasa	31
Figura 10 energía geotérmica	32
Figura 11 sd500-grupo electrógeno industrial diésel.....	41
Figura 12 especificaciones de motor del generador eléctrico propuesto.....	43
Figura 13 gobierno del motor del generador eléctrico propuesto.	43
Figura 14 sistema de lubricación del generador eléctrico propuesto.....	43
Figura 15 sistema de refrigeración del generador eléctrico propuesto.....	44
Figura 16 sistema de refrigeración del generador eléctrico propuesto.....	44
Figura 17 sistema eléctrico del motor del generador eléctrico propuesto.	44
Figura 18 especificaciones del alternador del generador eléctrico propuesto.....	45
Figura 19 calificaciones de potencia (kw) del generador eléctrico propuesto.	45
Figura 20 capacidades iniciales (sva) del generador eléctrico propuesto.	45
Figura 21 combustible del generador eléctrico propuesto.	46
Figura 22 enfriamiento del generador eléctrico propuesto.....	46
Figura 23 requisitos de aire de combustión del generador eléctrico propuesto.	46
Figura 24 motor del generador eléctrico propuesto.....	46
Figura 25 escape del generador eléctrico propuesto.	47

LISTA DE ECUACIONES

ECUACION 1 Formula de consumo energético por hora.	23
---	----

1. ANEXO A

ESTANDAR ISA 88

Se presentan los estándares ISA 88, pieza fundamental para la investigación del trabajo de grado realizado. Condicionalmente, por medio de los estándares, se conoce la forma idónea de operación y trabajo de la línea de trillado de la empresa caso de estudio; de acuerdo a los niveles presentado por ISA, en la investigación realizada se logra evidenciar el estudio elaborado en los tres (3) primeros niveles.

El nivel uno (1) y el nivel dos (2) son los encargados del proceso de producción, donde se realiza el monitoreo, supervisión y control del proceso, especificados en el estándar ISA 88, y en el nivel tres (3) se presentan los flujos de trabajo, control de recetas, aseguramiento de la calidad, inventario y mantenimiento, abarcados en el estándar ISA 95, del cual solo se hizo énfasis sobre el área de mantenimiento.

1.1 Norma ISA 88

El estándar ISA 88 es una herramienta de modelado de procesos de producción que se compone de cinco (5) partes: modelos y terminología, modelos y representación de la receta general y de sitio, registro de producción por lotes, implementación de los modelos y terminología para el control de equipos. La parte uno (1) del estándar ofrece modelos (de control de proceso, físico y de control de procedimiento) y terminologías para la estandarización de procesos tipo batch. El objetivo de obtener los modelos (de control de proceso, físico y de control de procedimiento) es organizar la información de manera ordenada y estandarizada que permita ser entendida y reproducida para la posterior propuesta del proceso a nivel industrial [1].

A continuación se procede a definir los modelos de ISA S-88.01 (Modelo de proceso, Modelo físico y Modelo control de procedimiento)

1.1.2 Modelo de proceso

El estándar ISA 88.01 define el modelo de control de proceso como la descripción del proceso productivo de una empresa donde a partir de cantidades finitas de materiales, sometidas a un orden definido de procedimientos y acciones usando una o más piezas de equipo se obtiene un producto específico. El modelo de proceso propuesto está conformado por: el proceso dividido en etapas, éstas a su vez en operaciones y éstas en acciones de proceso [1], ver figura 1.

Modelo de control de proceso ISA S88.01.

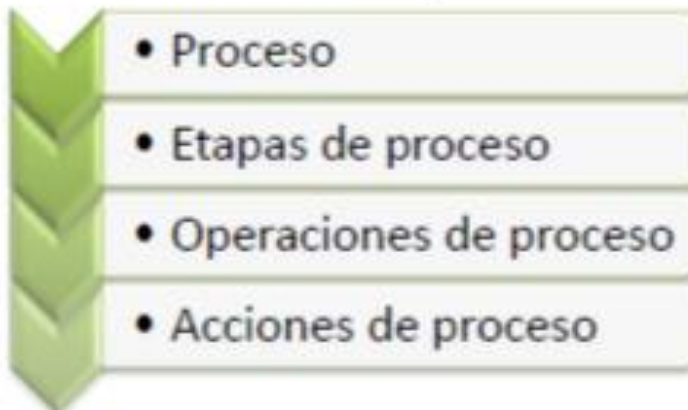


Figura 1 Esquema del modelo de control de proceso ISA S88.01.

1.1.3 Modelo físico

El principal objetivo del modelo físico propuesto por el estándar ISA 88.01 es estructurar y jerarquizar los activos físicos dentro de la empresa, específicamente utilizados en el proceso de producción agrupándolos en siete (7) niveles [1], ver figura 2. Los tres (3) primeros niveles: empresa, sitio y área, se encuentran fuera del enfoque del estándar, puesto que son los encargados de soportar las decisiones gerenciales o corporativas. Los otros cuatro (4) niveles inferiores, hacen referencia a equipos o a grupos de equipos jerarquizados dentro de la empresa, en términos de células de proceso, unidades, módulos de equipo y módulos de control.

Modelo físico ISA S88.01.

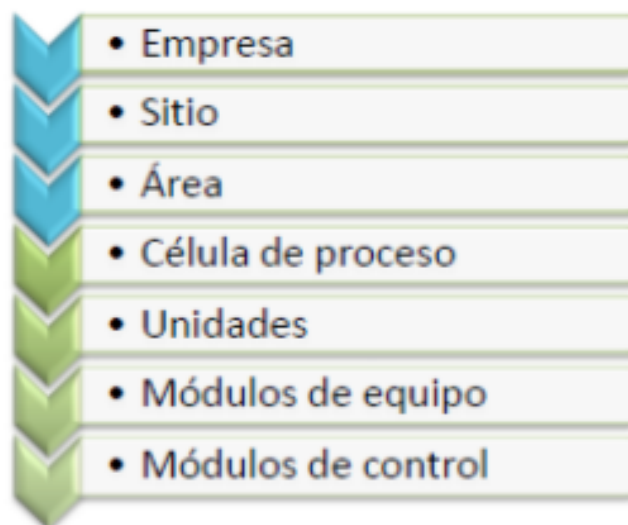


Figura 2 Esquema del modelo físico ISA S88.01.

1.1.4 Modelo control de procedimiento

Define las acciones que se deben realizar de forma jerárquica para completar un batch [1], ver figura 3. El modelo de control de procedimiento es quien define la estructura y el comportamiento de un sistema de producción especificando las acciones que se deben ejecutar sobre los equipos en un orden cronológico para llevar a cabo las tareas asociadas al proceso de producción.

Modelo de control de procedimiento ISA S88.01

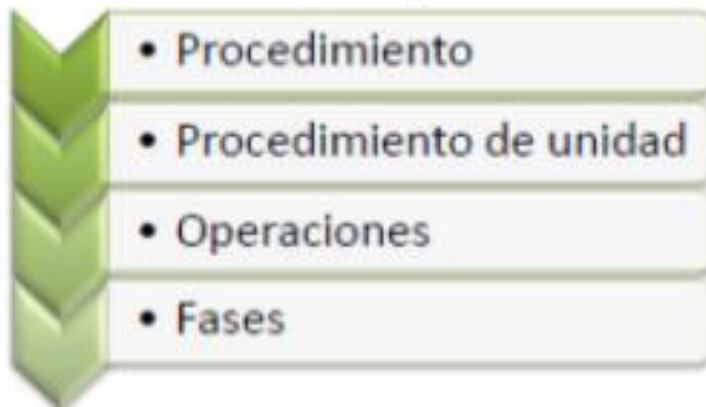


Figura 3 Esquema del modelo de control de procedimiento ISA S88.01

2. ANEXO B

ENTREVISTAS Y MARCO COMPARATIVO DE LA LINEA

ENTREVISTAS

2.1 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE LA LINEA DE TRILLADO DE CAFÉ EN SUPRACAFÉ S.A.

Se aplicaron cinco (5) formatos de entrevistas estructuradas, al personal de SUPRACAFE COLOMBIA S.A. (Gerente, Ingeniero de Producción Jefe de Línea, Operario), en el mes de agosto del 2017, con el fin de obtener información en cuanto a: a) Nivel de dificultad de la labor (Complejidad), b) Nivel de riesgo (Esfuerzo físico), c) Nivel de automatización del proceso, d) Nivel de documentación y e) Mantenimiento de las líneas.

2.1.1 Nivel de dificultad de la labor (Complejidad)

Se aplicó el formato denominado Nivel de dificultad de la labor, al personal de la empresa caso de estudio. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las entrevistas para este ítem, ver tabla 1.

Fase del proceso	Nivel de dificultad			Media ponderada	Comentarios
	Bajo	Medio	Alto		
Tolva inicial	2	1	1	Medio	
Elevador neumático	2	2		Medio	
Filtro de impurezas	4			Bajo	
Trilladora	2	2		Medio	
Criba densimétrica	4			Bajo	
Catadora	2	2		Medio	
Monitor de almendra	3	1		Bajo	
Tornillo sin fin	4			Bajo	
Pulidora	3	1		Bajo	
Elevador de cangilones	3	1		Bajo	
Mesa densimétrica	1	2	1	Medio	
Banda escogedora	1	2	1	Medio	
	31	14	3		

Tabla 1 Respuestas de “Nivel de dificultad de la labor (Complejidad)”

Como resultado rápido de la encuesta, se aprecia que no hay fase que represente dificultad alta para el personal entrevistado. Sin embargo, se expresa que en las fases de “tolva inicial” y “banda escogedora” poseen un nivel de dificultad medio, pero tuvieron una apreciación en la encuesta de alta ya que se necesita que los operarios tengan un conocimiento básico de lectoescritura para los ejercicios de trazabilidad que poseen los sacos de café, generando como resultado apreciaciones por destacar al momento de realizar la propuesta de reestructuración



Figura 4 a) Tolva inicial y b) Banda transportadora. Fuente Propia

Las fases que presentan apreciaciones de dificultad media se justificaron por las calibraciones que se deben realizar cuando se presentan inconvenientes por mal ajuste, cuerpos extraños o averías en las maquinarias.

2.1.2 Nivel de riesgo (Esfuerzo físico)

En seguida se realizó el formato denominado Nivel de riesgo al personal seleccionado obteniendo los resultados en las entrevistas para este ítem, ver figura 2.

Fase del proceso	Nivel de riesgo			Media ponderada	Comentarios
	Bajo	Medio	Alto		
Tolva inicial	2	1	1	Medio	
Elevador neumático	4			Bajo	
Filtro de impurezas	3	1		Bajo	
Trilladora	3	1		Bajo	
Criba densimétrica	2	1	1	Medio	
Catadora	4			Bajo	
Monitor de almendra	3	1		Bajo	
Tornillo sin fin	3		1	Bajo	

Pulidora	3		1	Bajo	
Elevador de cangilones	4			Bajo	
Mesa densimetrica	2	1	1	Medio	
Banda escogedora	2		2	Medio	
	35	6	7		

Tabla 2 Respuestas de “Nivel de riesgo (Esfuerzo físico)”

Como consolidado de las respuestas, se aprecia que no hay una consideración de riesgo elevado en la ejecución de las labores de la línea de trillado. Generando como resultado valoraciones por destacar al momento de realizar la propuesta de restructuración. Las fases de “tolva inicial” y “banda escogedora”, ver Figura 4.a)-1.b), comprenden el desplazamiento de bultos de 40 y 70 kilos respectivamente por lo que tienen apreciaciones de riesgo alto, aunque el ponderado los clasifica en nivel medio.

Varias fases en la primera unidad del proceso producen material purulento por la trilla de limpieza del café pergamino, por lo cual los operarios tienen protecciones como gafas industriales y tapabocas. Además, los operarios portar audífonos aislantes de sonido por el ruido ocasionado en la línea de proceso, pero son sometidos a un rote de turno para no exponerlos a tiempos prolongados a este escenario.

2.1.3 Nivel de automatización del proceso

Se presentó el formato denominado Nivel de automatización del proceso al personal previamente seleccionado, generando como resultados de las entrevistas para este ítem, ver tabla 3.

Fase del proceso	Nivel de Automatización			Justificación	Comentario
	Automático	Semiautomático	Manual		
Tolva inicial			4	Manual	
Elevador neumático	3	1		Automático	
Filtro de impurezas	2	2		Semiautomático	
Trilladora	2	2		Semiautomático	
Criba densimetrica	3	1		Automático	
Catadora	3	1		Automático	
Monitor de almendra	4			Automático	

Tornillo sin fin	4			Automático	
Pulidora	2	2		Semiautomático	
Elevador de cangilones	4			Automático	
Mesa densimétrica	2	2		Semiautomático	
Banda escogedora			4	Manual	
	29	11	8		

Tabla 3 Respuestas de “Nivel de automatización del proceso”

Se observa dentro de las respuestas, que a pesar de que anteriormente se hacía mención a una línea de proceso automatizada, las fases de “tolva inicial” y “banda escogedora”, ver Figura 4. a) - 1.b), inicio y el final de la línea de trillado, se desarrollan de manera manual según concepto de los encuestados. Se consideran estas fases manuales ya que para el suministro de materia prima y recolección del material producido es indispensable la presencia de operarios en las maquinarias, creando como resultado apreciaciones por destacar al momento de realizar la propuesta de reestructuración

La mitad de las fases propuestas, se consideran en una media ponderada de proceso automático debido a la labor restringida de supervisión de la maquinaria en las fases expresadas.

Concluyendo la evaluación de las respuestas, 6 fases del proceso de trillado se consideran automatizadas, 2 se consideran manuales y las 4 restantes se clasifican como semiautomáticas.

2.1.4 Nivel de documentación

A continuación, se procede con el formato denominado Nivel de documentación, conformado por las preguntas puntuales que se utilizaron a la hora de encuestar al personal de SUPRACAFE COLOMBIA S.A. en este ítem, ver Tabla 4.

			Comentarios
	Si	No	
¿Cuenta la empresa con manuales referentes al proceso?	1	2	
¿Cuenta la empresa con los manuales de la maquinaria instalada?	1	2	
¿Hay plan de ejecución para emergencias e imprevistos?	1	2	
¿Hay un consolidado de información previa y posterior sobre el material utilizado en el proceso?	3		

Tabla 4 Preguntas puntuales de “Nivel de documentación”.

Como resultado obtenido por la encuesta asociada al jefe y a los ingenieros de la línea de trillado se observa que la empresa no presenta manuales estandarizados, pero si hay generado un libro maestro el cual es manejado solo por los ingenieros debido a la seguridad de la información en cuanto al proceso. No hay manuales de la maquinaria instalada, pero son manuales que se pueden descargar al ser de dominio público en la red, los cuales utilizan para realizar capacitación del manejo de los equipos.

En cuanto al plan de ejecución para emergencia e imprevistos, no cuentan con alguno, poseen soluciones empíricas para resolver los percances a medida que se presentan; dentro de los aportes, lo que más afecta son los cortes de energía porque no cuentan con una planta de generación alterna; se maneja un botiquín de primeros auxilios para emergencias que lo puedan requerir, pero en la parte de la línea de trillado no se han presentado accidentes desde la apertura hasta la actualidad (4 años). Como resultado se generaron apreciaciones por destacar al momento de realizar la propuesta de reestructuración.

Para mantener el consolidado de información o trazabilidad de la materia prima y producida, se hace un registro del material manteniendo la información en documentos digitales con los valores consignados antes y después del proceso de producción.

2.1.5 Mantenimiento de las líneas

Se concluyó con el formato denominado Mantenimiento de las líneas, donde se puede visualizar las preguntas puntuales que se formuló al personal seleccionado previamente, se observan los resultados en este ítem, ver Tabla 5.

Preguntas			Justificación
	Si	No	
¿Cuenta la empresa con el conocimiento de cómo realizar el mantenimiento y limpieza de la línea?	2	1	
¿Cuenta la empresa con los manuales de la maquinaria instalada?	1	2	

Tabla 5 Preguntas puntuales de "Mantenimiento de las líneas".

El resultado en esta parte de la encuesta presenta aportes interesantes del mantenimiento en el proceso, lo cual es de suma importancia para desarrollar una buena trilla y selección del producto. Siempre se realiza una limpieza al acabar con la cantidad destinada de trilla, generalmente se procesa un contenedor con capacidad para 20 toneladas, el cual almacena alrededor de 275 sacos de café de 70 kilogramos. El procesamiento de este contenedor tarda alrededor de 15 días, en ser trillado y seleccionado debidamente, al igual se contempla también un día y medio de limpieza general del área de trillado y seleccionado. A mitad de ejecución de proceso (7 días) se realiza una limpieza preventiva de la línea de trillado, y todos

los días se hace un aseo general al culminar la jornada de producción. Según lo expresado por los entrevistados, un buen proceso de trilla y selección depende de la limpieza y mantenimiento de las unidades. Haciendo referencia a la empresa y su posesión de manuales, expresan la obtención de ellos desde internet y los ingenieros se auto instruyen sobre la calibración, mantenimiento y prevención en fallas para posteriormente instruir a los operarios y garantizar una operación calificada, generando como resultado apreciaciones por destacar al momento de realizar la propuesta de reestructuración.

Los entrevistados no realizaron aportes en cuanto a la relevancia del consumo energético eléctrico puesto que es un ítem del cual los operarios no conocen y los ingenieros de producción desean desarrollar proyectos e iniciar las labores en optimización del mismo. Dentro de la línea se puede apreciar dos tipos de transporte de material en la fases “elevador neumático” y “elevador de cangilones”, donde se hace meritoria la comparación de consumos energéticos debido a comentarios de los ingenieros de producción, la integridad del producto no se afecta por el uso del transporte del elevador de cangilones, caso contrario como indican sucede con el transporte en el elevador neumático.

Marco comparativo a trilladoras de café en el municipio de Popayán

Los autores del presente trabajo de grado con el fin de contar con elementos de juicio que permitan analizar la distribución actual de módulos de equipo (accesorios) y desarrollo de operaciones de proceso. Propusieron llevar a cabo un marco comparativo a las empresas trilladoras escogidas en el municipio de Popayán: a) CAFICAUCA, b) CAFENORTE, c) ECOM y d) SUPRACAFE COLOMBIA S.A. Utilizando un formato estructurado con el fin de recopilar elementos comunes que se asocian a líneas de trillado bien estructuradas.

2.2 Recopilación de información pertinente para la reestructuración

Por medio del marco comparativo realizado en el mes de septiembre de 2017, en las cuales se generaron grabaciones en audio y video, se logró recopilar información respecto a los módulos de equipo, desarrollo de operaciones de proceso e información puntual de mantenimiento, relevante para la ejecución del proyecto de trabajo de grado.

2.2.1 Orden y ubicación de los módulos de equipo de las líneas de trillado

Se especifica el orden de los módulos de equipo presentes en cada línea de trillado, para las tres (3) diferentes empresas cafeteras del Cauca, en las cuales se realizaron los respectivos marcos comparativos, Esto arrojo una información interesante que indica que no se mantiene el orden de los módulos de equipo entre las diferentes líneas trilladoras del municipio, ver Tabla 6.

CAFICAUCA	CAFENORTE	ECOM
Elevador de Cangilones	Elevador de Cangilones	Elevador de Cangilones

Silo de Almacenamiento	Silo de Almacenamiento	Silo de Almacenamiento
Despedregadora	Despedregadora	Monitor de Almendra
Trilladora y Retrilladora (Pulido)	Monitor de Almendra	Elevador de Cangilones
Catadora	Catadora	Trilladora
Monitor de Almendra	Trilladora y Retrilladora (Pulido)	Catadora
Mesa Densimetrica	Elevador de Cangilones	Elevador de Cangilones
Elevador de Cangilones	Mesa Densimetrica	Mesa Densimetrica
Clasificadora Electrónica	Clasificadora Electrónica	Clasificadora electrónica
Banda Transportadora	Banda Transportadora	Banda Transportadora

Tabla 6 Orden de los módulos de equipo presentes en cada línea de trillado.

Se concluye que la empresa trilladora CAFICAUCA se utilizara como referente por ser la línea más completa y moderna, mejor estructurada y con un manejo mayor de producto trillado con respecto a las otras dos (2) trilladoras escogidas en el municipio.

2.2.2 Comparación módulos de equipo

Siguiendo con la información recopilada, se refleja el análisis obtenido en la comparación en cuanto a ubicación de los módulos se refiere, incluyendo la empresa caso de estudio, destacando con un =(coinciden) y con una X(no coinciden), concluyendo con los porcentajes presentes para cada correlación, ver Tabla 7.

M.E. LINEA REFERENCIA	M.E. CAFICAUCA	M.E. CAFENORTE	M.E. ECOM	M.E. SUPRACAFE
Elevador de Cangilones	=	=	=	X
Silo de Almacenamiento	=	=	=	X
Despedregadora	=	=	x	X
Trilladora y Retrilladora (Pulido)	=	X	x	=
Catadora	=	=	x	=
Monitor de Almendra	=	X	x	=
Mesa Densimetrica	=	X	x	X
Elevador de Cangilones	=	X	x	=
Clasificadora Electrónica	=	=	=	X
Banda Transportadora	=	=	=	=
Correlación	100%	60%	40%	50%

Tabla 7 Comparación en el orden de los módulos de equipo (CAFICAUCA)

Se generaron varias comparaciones teniendo como referencia cada una de las empresas trilladoras restantes, para tener una comparación global entre las cuatro

(4) trilladoras en el municipio de Popayán. Y así poder corroborar por qué la empresa CAFICAUCA es catalogada como la mejor referencia a seguir a la hora de la reestructuración.

M.E. LINEA REFERENCIA (CAFENORTE)	M.E. CAFICAUCA	M.E. CAFENORTE	M.E. ECOM	M.E. SUPRACAFE
Elevador de Cangilones	=	=	=	X
Silo de Almacenamiento	=	=	=	X
Despedregadora	=	=	x	X
Monitor de Almendra	X	=	x	X
Catadora	=	=	x	=
Trilladora y Retrilladora (Pulido)	X	=	x	X
Elevador de Cangilones	X	=	=	X
Mesa Densimetrica	X	=	=	X
Clasificadora Electrónica	=	=	=	X
Banda Transportadora	=	=	=	=
Correlación	60%	100%	60%	20%

Tabla 8 Comparación en el orden de los módulos de equipo (CAFENORTE)

M.E. LINEA REFERENCIA (ECOM)	M.E. CAFICAUCA	M.E. CAFENORTE	M.E. ECOM	M.E. SUPRACAFE
Elevador de Cangilones	=	=	=	X
Silo de Almacenamiento	=	=	=	X
Monitor de Almendra	X	X	=	X
Elevador de Cangilones	X	X	=	x
Trilladora	X	X	=	=
Catadora	X	X	=	=
Elevador de Cangilones	X	=	=	X
Mesa Densimetrica	X	=	=	x
Clasificadora electrónica	=	=	=	X
Banda Transportadora	=	=	=	=
Correlación	40%	60%	100%	30%

Tabla 9 Comparación en el orden de los módulos de equipo (ECOM).

M.E. LINEA REFERENCIA (SUPRACAFE)	M.E. CAFICAUCA	M.E. CAFENORTE	M.E. ECOM	M.E. SUPRACAFE
Tolva inicial	X	X	X	=
Elevador neumático	X	X	X	=
Filto impurezas	X	X	X	=
Trilladora	=	X	=	=
Catadora	=	=	=	=
Monitor de Almendra	=	X	X	=
Pulidora	X	X	X	=
Elevador de Cangilones	=	X	X	=
Mesa densimetrica	X	x	X	=
Banda Transportadora	=	=	=	=
Correlación	50%	20%	30%	100%

Tabla 10 Comparación en el orden de los módulos de equipo (SUPRACAFE).

2.2.3 Operaciones de proceso

Se procede a especificar las operaciones de proceso por orden de ejecución se presentan en cada línea de trillado para las tres (3) diferentes empresas cafeteras del Cauca, ver Tabla 11.

CAFICAUCA	CAFENORTE	ECOM
Recepción del Café Pergamino	Recepción del Café Pergamino	Recepción del Café Pergamino
Transporte 1 del Café Pergamino	Transporte 1 del Café Pergamino	Transporte 1 del Café Pergamino
Almacenamiento del Café Pergamino	Almacenamiento del Café Pergamino	Almacenamiento del Café Pergamino
Limpieza del Café Pergamino	Limpieza del Café Pergamino	1ra Clasificación del Café Pergamino-pasilla
Trillado y Pulido del Café Pergamino Limpio	1ra Clasificación del Café Pergamino-pasilla	Transporte 2 del Café Pergamino
1ra Clasificación del Café Pergamino-Pasilla	Selección del Café Pergamino -Café Para Realimentar-Pasilla	Trillado del Café Pergamino
Selección del Café Verde Limpio-Café Para Realimentar-Pasilla	Trillado y Pulido del Café Pergamino-episperma	Selección del Café Verde Limpio-Pasilla
2da Clasificación por Densidad del Café Verde Limpio-Pasilla	Transporte 2 del Café Pergamino	Transporte 3 del Café Pergamino

Transporte 2 del Café Pergamino	2da Clasificación por Densidad del Café Verde Limpio-Pasilla	2da Clasificación por Densidad del Café Verde Limpio-Pasilla
3ra Clasificación por Color del Café Verde Clasificado-Pasilla	3ra Clasificación por Color del Café Verde Clasificado-Pasilla	3ra Clasificación por Color del Café Verde Clasificado-Pasilla
Empacado de Café Excelso	Empacado de Café Excelso	Empacado de Café Excelso

Tabla 11 Operaciones de proceso por orden de ejecución presentes en cada línea de trillado.

2.2.4 Comparación de operaciones de proceso

A continuación se presenta el análisis obtenido en la comparación en cuanto a operaciones se refiere, tomando las operaciones desarrolladas en la línea de trillado de CAFICAUCA como base y también incluyendo la empresa caso de estudio, concluyendo con los porcentajes presentes para cada correlación, ver Tabla 12.

O.P LINEA REFERENCIA	O.P. CAFICAUCA	O.P. CAFENORTE	O.P. ECOM	O.P SUPRACAFE
Recepción del Café Pergamino	=	=	=	X
Transporte 1 del Café Pergamino	=	=	=	X
Almacenamiento del Café Pergamino	=	=	x	X
Limpieza del Café Pergamino	=	X	x	X
Trillado y Pulido del Café Pergamino Limpio	=	=	x	=
1ra Clasificación del Café Pergamino-Pasilla	=	X	x	=
Selección del Café Verde Limpio-Café Para Realimentar-Pasilla	=	x	x	X
2da Clasificación por Densidad del Café Verde Limpio-Pasilla	=	X	x	=

Transporte 2 del Café Pergamino	=	=	=	X
3ra Clasificación por Color del Café Verde Clasificado- Pasilla	=	=	=	=
Correlacion	100%	60%	40%	40%

Tabla 12 Comparación de operaciones de proceso por orden de ejecución.

De lo anterior se concluye, soportado en los valores porcentuales de las correlaciones obtenidas, que es posible respaldar la reestructuración planteada en el presente trabajo de grado con información recopilada en el marco teórico realizado, con el objetivo de mejorar el proceso productivo y eficiencia energética en la línea de trillado de la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A.

3. ANEXO C

DIAGNÓSTICO ENERGETICO AUDITORIA

Una auditoría energética, en su punto práctico, es un análisis que refleja cómo y dónde se usa la energía de una instalación industrial con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. La auditoría mencionada ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía en la empresa y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales presentan despilfarros y en dónde es posible hacer mejoras. Resumido, es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el costo de la energía de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad de su producto.

Como resultado del estudio, se definen medidas correctivas, determinando los consumos específicos, balances energéticos y los costos estimados de ahorro, de inversión y tiempo de retorno de esta.

Las Auditoria Energética, (AE) de ahora en adelante, brindan guías para la acción, enfocadas en la búsqueda de racionalizar y optimizar, por un lado, usos y consumos de energéticos, y por otro, procesos y procedimientos tecnológicos que involucren usos y consumos de energéticos [10].

3.1 Clases de auditorias

Las clases de AE se definen por factores como las áreas analizadas, el uso de los diferentes puntos energéticos y/o los procesos estudiados [10], tal como se listan a continuación:

3.1.1 Áreas funcionales: Operativas, administrativas, o sub-áreas de éstas (talleres, oficinas, cocinas, calderas).

3.1.2 Usos: Iluminación, climatización, refrigeración, calefacción, actividades de oficina, producción de vapor, etc.

3.1.3 Procesos: Empaque, secado, trillado, despulpado, entre otros.

Existe otra clasificación de auditorías referentes a procesos generales de la empresa [10]. Así, se habla de las siguientes clases de AE:

3.1.4 Auditorías eléctricas: Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transfieren, distribuyen o consumen energía eléctrica.

3.1.5 Auditorías térmicas: Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transportan o distribuyen fluidos líquidos o gaseosos.

De la misma forma, las clases de AE se definen por el alcance buscado en el cual se analizan en detalle los procesos o se hacen mediciones generales del consumo energético. Por lo tanto, se determinan los siguientes niveles:

3.1.6 Nivel 1. Auditoria preliminar (diagnóstico): Diagnóstico sensorial (visual, auditivo, al tacto) de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos. Su costo tiende a ser relativamente bajo. Generalmente se toma unas pocas horas y no requiere de ningún tipo de mediación, las recomendaciones se pueden efectuar a muy bajo costo [10].

3.1.7 Nivel 2. Auditoria detallada: Evaluación detallada (con planos y pruebas técnicas) de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos. Requiere el uso de equipos de medida y su alcance abarca la totalidad de los recursos energéticos de la empresa, o solo un tipo de recurso. Requiere un levantamiento completo de los consumos históricos de los diferentes energéticos a considerar. Su costo llega a ser elevado y su duración es de varios días [10].

3.1.8 Nivel 3. Auditoria especial: Labor detallada en una sección específica de la empresa. Una evaluación más profunda a la obtenida en el Nivel 2, y llegando al detalle de toma de registros por aparato, medición de otros parámetros como calentamientos en diferentes partes de la distribución del energético, inventario completo y ubicación en la vista en planta de la empresa de los equipos consumidores de energéticos, análisis de fallas durante un período determinado y su efecto en las horas hábiles de trabajo, y otros análisis que requiera la empresa auditada. Estas AE se vuelven permanentes, durante un periodo de tiempo que puede ser de un año, y en el cual se deben efectuar los correctivos necesarios para el éxito de los cambios e inversiones efectuadas. Su costo es alto y requiere de una firma auditora que tenga todos los instrumentos requeridos para una AE sofisticada [10].

3.1.9 Nivel 4. Auditoria de seguimiento: Asistencia en implantación de recomendaciones y evaluación de sus efectos.

3.2 DIAGNÓSTICO ENERGETICO

Se desarrolla un diagnóstico energético eléctrico que comprende componentes sensoriales (visual, auditivo, al tacto) de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos dentro del área funcional operativa, en este caso se denomina línea de proceso de trillado de café. Con la realización del mismo se obtendrán oportunidades de reducir consumos y costos energéticos. Generalmente toma unas pocas horas y no requiere de ningún tipo de mediación, y las recomendaciones se pueden efectuar a muy bajo costo. Es pertinente tener en cuenta que en el proceso se pueden presentar imprevistos en sus módulos de equipo (atascamiento, falla mecánica, falla eléctrica) alterando los datos del diagnóstico en cada lote de producción de 19800 kg de café excelso.

Se observa que la única fuente de energía para el proceso de trilla es la energía eléctrica, puesto que es el insumo principal que alimenta energéticamente los equipos eléctricos en todo el proceso de trillado en la empresa caso de estudio.

Dentro de la auditoria preliminar se implementan los siguientes pasos:

3.2.1 Recopilación inicial de información: Consumo eléctrico mediante facturación de periodos anteriores a la instalación de la línea (si existen), periodos exactos de instalación de línea y periodos posteriores con producción de línea. (Consumo total de las instalaciones)

3.2.2 Contabilidad energética y toma de datos: Recopilación de información de la maquinaria del proceso en cuestión (trillado de café) para asociarlo porcentualmente al consumo general de la instalación total. Para este punto se hace necesario conocer valores nominales de las unidades instaladas con el fin de calcular el consumo total que estas representan en las facturaciones anteriores.

$$kW \text{ mensuales} = \frac{V * I * horas * días * FE * FP}{1000}$$

ECUACION 1 Formula de consumo energético por hora.

Es necesario el conocimiento de las variables presentes en la ecuación 1, ya que en conjunto comprenden el consumo mensual por maquinaria de la línea de trillado de café en la empresa SUPRACAFE, y son:

1. Voltaje nominal (V): Voltaje asociado a la alimentación de la maquinaria
2. Corriente nominal (I): Corriente asociada a la alimentación de la maquinaria
3. Horas de duración del batch (horas): Horas de duración del uso de la maquinaria
4. Días de trabajo mensual (días): Días en los que se usa la maquinaria al mes
5. Factor de eficiencia (FE): Tiempo de uso / Tiempo del proceso (uso y pausado)
6. Factor de potencia de la maquinaria (FP): Especificado en la chapa del equipo

3.2.3 Evaluación y análisis: Mediante la revisión de las facturaciones y graficas generadas, se observan valores que limitan y dan parámetros para desarrollar el proyecto que proveen límites de consumo energético a respetar

dentro de la propuesta a presentar, al igual que en la evaluación dentro de la herramienta software.

3.3 Diagnóstico SUPRACAFE COLOMBIA S.A.

La línea de trillado de la empresa caso de estudio, maneja una producción de 19800 kg de café excelso producidos en 15 días, en jornadas laborales de 10 horas diarias de las cuales se dividen en cuatro (4) ciclos por día, en los que la unidad de trillado se ejecuta con ciclos de 2.5 horas y la unidad de clasificado se ejecuta con ciclos de 0.5 horas respectivamente.

Se registra la información de los motores utilizados en la línea de trillado de café de la empresa caso de estudio: voltaje de entrada (IN), salida mecánica del motor (OUT), consumo energético por hora y por ciclo de cada motor, ver Tabla 13. Se concluye con el consumo energético por hora y ciclo de toda la línea de trillado.

MOTOR	IN (V)	OUT (RPM)	CONSUMO POR HORA (kWh)	CONSUMO POR CICLO (kWh)	PORCENTAJES DE CONSUMO (%)
Motor Tolva	220-440	3420	0.1519375	0.37984375	4
Motor Trilladora	220-440	1730	0.779625	1.9490625	24
Motor Basura Tolva	220-440	1730	0.363	0,9075	11
Motor Criba	220-440	1700	0.097625	0.2440625	3
Motor Venturi	220-440	1730	0.407	1.0175	12
Motor Monitor de Almendra	220-440	1700	0.097625	0.2440625	3
Motor Tornillo Sin Fin	220-440	1700	0.097625	0.2440625	3
Motor Pulidora	220-440	1730	0.779625	1.9490625	24
Motor Basura P	220-440	3425	0.1959375	0.48984375	6
Motor Elevador de Cangilones	220-440	1700	0.1059375	0.268468875	3
Motor Mesa Densimetrica (Aire)	220-440	1710	0.169455	0.4236375	3
Motor Mesa Densimetrica (Oscilación)	220-440	1730	0.0176	0.044	3
Motor Realimentación Mesa Densimetrica	220-440	1675	0.02475	0.061875	0.5
Motor Banda Escogedora	220-440	1750	0.0130625	0.03265625	0.5
			3.302255	8.2556375	

Tabla 13 Características y consumo energético de los motores utilizados en la línea de trillado.

Se evidencia que los motores de mayor consumo en el proceso de trillado de café son el Motor trilladora y el Motor Pulidora, con valores de consumo energéticos idénticos.

4. ANEXO D

Requerimientos técnicos adicionales de SUPRACAFE COLOMBIA S.A.

4.1 Cumplimiento del requisito técnico 3

RT3: Proponer actividades de mantenimiento adecuadas a la línea de trillado propuesta para la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A.

Para dar cumplimiento a RT3, se diseña y brinda a la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. una propuesta de guía sobre el mantenimiento pertinente de la línea de trillado reestructurada, en forma de una lista de chequeo, que contiene escenarios de fallas y alternativas de reparación; en el desarrollo del requerimiento se dictan pasos que se deben realizar al iniciar el proceso de trillado, junto a labores antes y después de utilizar la línea que garantizaran un correcto funcionamiento de la misma.

4.1.1 Mantenimiento actual a la línea de trillado

Con las labores desarrolladas actualmente en la empresa caso de estudio se cuenta con dos mantenimientos que se realizan periódicamente, información brindada por los entrevistados dentro del diagnóstico realizado. Estos mantenimientos son: mantenimiento en caliente y mantenimiento preventivo.

Dentro del desarrollo del mantenimiento en caliente, por conocimiento empírico del personal, se desarrollan acciones asociadas a irregularidades en el funcionamiento de la maquinaria y que se resuelven en medio de la ejecución del batch de producción, cómo: recalentamiento de motores y/o motobombas, falta de potencia en módulos de equipo o atascamientos. Los pasos que desarrollan, y que el personal está en capacidad de realizar, son:

- Desmontar las armaduras de los motores para registrar consumo de corriente.
- Pausar la línea y aislar maquinarias para comprobar continuidad en conexiones eléctricas.
- Pausar la línea y aislar maquinarias para comprobar fallas mecánicas.
- Detener la línea y comprobar continuidad en el tomacorriente de la maquinaria en cuestión.

Es importante, por seguridad y eficiencia, mantener limpio e inspeccionado todo el entorno, módulos de equipos y accesorios de la línea; las partes del interior de la maquinaria que no pueden alcanzarse directamente desde las puertas de acceso, se debe disponer a extraer después de generar el paro o stop de emergencia del módulo que presenta fallos o atascamiento de producto (cuando esté detenido). Utilizan un cepillo, escoba, trapo, espátula de plástico y cubeta, en las anteriores actividades.

Al culminar cada batch de trilla, sin importar la calidad del grano, se realiza un aseo superficial de la maquinaria, estructura, locación y panel de control, para garantizar un proceso correcto de trillado de café. El área de instalación de la línea se barre completamente luego de cada día de trabajo culminado, evitando así el deterioro de la materia prima y proliferación de plagas. Al igual que el barrido anterior, se debe cumplir una revisión del café almacenado para detectar focos de infección y combatirlos inmediatamente, evitando la contaminación del café pergamino y el café excelso obtenido posteriormente.

El mantenimiento preventivo se realiza posterior al finalizado cada batch del proceso de trilla, en el cual se inspecciona de manera visual los motores de la maquinaria para evitar las posibles fallas que ocasionen una pausa en el desarrollo del batch de producción siguiente. Las características a observar son:

- Fuegos en los rodamientos asociadas a los motores de la maquinaria, con la finalidad de no desalinearse y comprometer el trabajo del motor.
- Tensión en las bandas, que se encuentren en condiciones óptimas de calibración aquellas que transfieren el movimiento mecánico.
- Estado de las bandas o correas, observando fallas en la constitución física de las mismas que impliquen un posible caso de ruptura.
- Engrase de rodamientos, donde sea pertinente luego de la limpieza final del batch diario.
- Se hace uso de equipo de limpieza como aspiradoras, escobas, recogedores, trapos y baldes para asegurar un correcto mantenimiento.

Como medida de seguridad, y de calidad en producción, se hace una inspección de la línea de trillado antes de dar inicio al batch, para asegurar que el mantenimiento preventivo realizado previamente cumple con los parámetros fijados.

Entre las recomendaciones generales a tener en cuenta se listan:

- Lavar y limpiar completamente la línea de trillado, sugerencia de dos veces al año.
- No permitir la presencia de granos rezagados en los módulos de equipo, que se mezclen con el nuevo micro lote de café a procesar.
- Implementar controles de limpieza estrictos (operario encargado).
- Mantener limpias las áreas comunes de almacenamiento.
- Realizar una revisión periódica del café almacenado, sugerencia de una vez por semana.
- Verificar las conexiones eléctricas.

Al presentarse el cambio de calidad del micro lote de café para trillado, el personal en línea realiza una “limpieza de granos de café” que consiste en explorar invasivamente la maquinaria que tenga espacios o cavidades en las cuales exista la posibilidad de almacenar granos de procesos anteriores y que pueda comprometer el nuevo lote a procesar. Si se mezclan granos pertenecientes a lotes

de diferente calidad, compromete el proceso actual ocasionando como consecuencia que el café no tenga una tasa óptima, o que no sea apto para la exportación.

4.1.2 Mantenimiento de la línea de trillado reestructurada

Con información obtenida durante el desarrollo de los marcos comparativos, ver Anexo B, se aprecia que hay que referenciar las labores desarrolladas en la línea de trillado que no estén ligadas al proceso de producción, como las actividades de mantenimiento, prevención y reparaciones. Dichas labores se deben registrar relacionando al operario y las acciones desarrolladas, al igual que comentarios que ayuden a la apreciación del jefe encargado del manejo de producción.

En vista que la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. no cuenta con registros de ejecución de labores, cambios, reparaciones o imprevisto ocurridos, se propone un formato que permita consignar todas las acciones que estén por fuera de las labores de limpieza previamente consignadas, y que deben desarrollarse en la línea de trillado. La elaboración de este formato cuenta con los posibles escenarios de solución a los posibles eventos que puedan ocurrir dentro del proceso de ejecución del batch, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5.**

Posibles causas		#	Posibles soluciones	ID Módulos involucrados					
Problemas en Motores (M01, M02, M03, M04, M05, M06, M07, M08, M09, M10)	Desconexión en cables de alimentación del motor	1	Inspeccionar, limpiar y engrasar rodamientos de motores	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	Fallas mecánicas	2	Inspeccionar y reconectar cables de alimentación						
	Falla en tensión o estado de bandas	3	Inspeccionar motor						
	Estado de sobre carga (overload)	4	Inspeccionar fusible y/o relé térmico						
Problemas en Motobombas (MB01, MB02, MB03, MB04)	Desconexión en cables de alimentación del motor	5	Reemplazar fusible y/o relé térmico						
	Fallas mecánicas	6	Inspeccionar, limpiar y reconectar cables de alimentación						
	Falla en tensión o estado de bandas	7	Reemplazar bandas						
	Estado de sobre carga (overload)	8	Tensionar bandas						
Daño permanente en motor o accesorios:		9	Contactar superior o ingenieros de planta						
Comentarios:			Reemplazar motor o accesorio						
Fecha:									
Operario:									

Figura 5 Formato de registro de labores correctivas y preventivas en la línea de trillado reestructurada. Fuente propia

En la propuesta del formato de registro de labores, se debe agregar la etiqueta correspondiente a cada motor o motobomba que hace parte de la línea de trillado reestructurada, con la finalidad de agilizar el cumplimiento y adaptación del personal al uso del registro de mantenimiento y cambios. La nomenclatura de los equipos relacionados se logra apreciar con mayor facilidad en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Del presente trabajo

4.2 Cumplimiento del requisito técnico 4

RT4: Proponer la incorporación de equipos de contingencia eléctrica con finalidad de afrontar imprevistos de suministro eléctrico en la línea de trillado de café en la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A.

Para darle cumplimiento al RT4 se realiza un análisis técnico con el fin de seleccionar un generador eléctrico acorde a las necesidades requeridas en la línea de trillado de la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A., por lo que es necesario conocer el tipo de generadores disponibles, su potencia y otros parámetros importantes.

Al encontrarse la empresa y la línea de trillado caso de estudio dentro de un sector rural, se presentan (2) dos razones básicas para comprar un generador eléctrico:

1. Posible falta de suministro eléctrico debido a un desastre natural, fallas técnicas en tendidos eléctrico, demoras en respaldo de proveedores a solución de fallas, etc.
2. El suministro eléctrico no cumple con la demanda total de la empresa para un correcto y estable funcionamiento, denominado caída de tensión.

Antes de hacer el análisis técnico para selección del generador eléctrico es propicio indagar sobre posibles soluciones con energías renovables, que se puedan implementar en el país y en la geografía del departamento del Cauca.

4.3 Energías renovables

4.3.1 Contexto nacional

Colombia goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables, debido a su posición geográfica. La explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos, ver figura 6 [3].

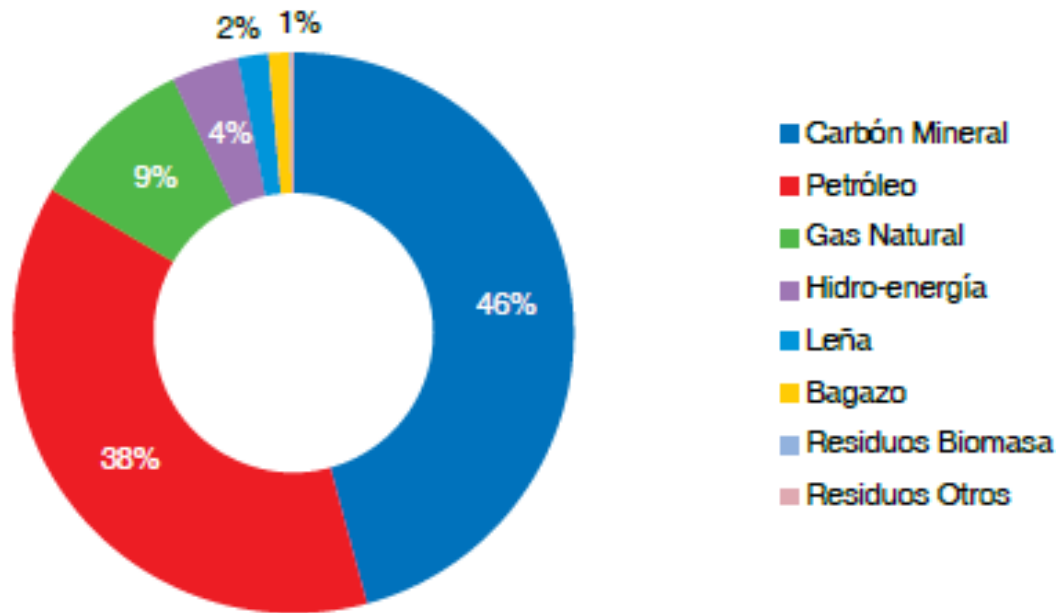


Figura 6 Explotación y producción de recursos energéticos primarios

Aparte de los ya mencionados recursos energéticos primarios existentes, hoy en día existen otro tipo de recursos energéticos que podrán dar valor agregado a la diversificación de la canasta energética, y la evolución en términos de rendimiento y sofisticación de tecnologías como son las relacionadas con la energía eólica y la solar, estas alternativas, junto con la cogeneración moderna de calor y electricidad a partir de biomasa y la generación geotérmica comienzan a cobrar sentido para ser incorporadas en la matriz energética nacional.

4.4 Tipos de energías renovables (contexto nacional)

4.4.1 Energía eólica

La energía del viento es captada por los aerogeneradores, ver figura 7. El viento se produce por la diferencia de temperatura existente en las distintas capas de aire de la atmósfera. Estas masas de aire a distinta temperatura generan diferencias de presión. El aire se mueve de los lugares donde existe una mayor presión a los lugares donde la presión es menor, y es este movimiento el que produce el viento. El viento, en su trayectoria, mueve las palas de los aerogeneradores, que al girar, mueven un generador que convierte este movimiento en energía eléctrica [4].



Figura 7 Energía eólica

Los aerogeneradores se agrupan en zonas con una alta incidencia del viento, y a esta agrupación se la conoce como parques eólicos. También existen aerogeneradores más pequeños, que pueden aportar la energía necesaria a zonas que están aisladas.

4.4.3 Energía solar FV

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas, ver Figura 8. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. [5].



Figura 8 Energía solar FV

4.4.5 Energía de la biomasa

La biomasa es la materia orgánica procedente de plantas y animales (microorganismos), ver Figura 9. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual se almacena la energía del sol en las plantas. Los animales toman esta energía al comerse las plantas. Los residuos tales como restos de cosechas, podas, estiércoles y diversas basuras orgánicas son excelentes fuentes de biomasa como combustible [6].



Figura 9 Energía de la biomasa

La biomasa tiene un amplio abanico de usos tales como el uso directo quemándola para obtener calor o para generar electricidad mediante turbinas de vapor. La biomasa también se puede emplear en la obtención de gas metano, biodiesel y otros biocombustibles.

4.4.7 Energía geotérmica

Su funcionamiento se basa principalmente en el uso y administración del calor que se acumula en el subsuelo, ver Figura 10. Cede o extrae calor de la tierra, según queramos obtener refrigeración o calefacción, a través de un conjunto de colectores (paneles) enterrados en el subsuelo por los que circula una solución de agua con glicol [7].



Figura 10 Energía geotérmica

Teniendo en cuenta la información suministrada sobre las energías renovables, se genera una propuesta con el fin de ampliar lo aquí mencionado y generar un proceso eficiente para obtener energía eléctrica. Por costos de incorporación e implementación de alguna de las energías renovables se realiza lo mencionado en el RT4 generando energía eléctrica por medio de la biomasa (DIESEL), sustentado en su bajo costo y facilidad de obtención de tecnologías con su funcionamiento.

4.5 Generador eléctrico

Un generador eléctrico es uno de los dispositivos más demandados por su capacidad para transformar la energía mecánica en energía eléctrica, dicha transformación es posible debido a un movimiento de un conductor inmerso en un campo magnético, utilizando como principio de funcionamiento la ley de Faraday.

Cuando el generador eléctrico se emplea para aplicaciones industriales a gran escala y demanda, se les suele llamar grupos electrógenos [2].

Los componentes de un generador eléctrico son los siguientes:

- Motor.
- Switches o palancas para el uso del generador (botones de choque, encendido, etc.)
- Alternador.
- Batería (opcional)
- Generadores grandes tienen chasis para contener las piezas, los generadores pequeños una carcasa.
- Sistemas de refrigeración (opcional).
- Tanque para almacenar el combustible.
- Sistemas de protección (opcional).

4.5.1 Tipos de generadores eléctricos

Los Generadores eléctricos fijos o grupos electrógenos, son equipos anclados de cierta manera para evitar su traslado o desplazamiento debido a que son más grandes y poseen mayor capacidad eléctrica. Los Generadores eléctricos portátiles pierden la característica de instalación fija y se orientan a generadores de baja capacidad de producción eléctrica.

Cada generador, dependiendo de su tipo de combustible (gasolina/diésel) posee sus ventajas y diferencias. Generalmente cuando se trata de generadores fijos tienen una configuración a Diésel, porque está dispuesto para dispositivos con una carga eléctrica muy fuerte y horas ininterrumpidas de operación.

La configuración por fases se realiza de acuerdo a los dispositivos a los cuales energizará el generador, dependiendo si los dispositivos requieren de una fase (monofásico) o de las tres fases (trifásico). A modo general, los generadores de tipo trifásico son de característica industrial.

El resto de diferencias se convierten en características propias para cada uno de los generadores, como si es 2T (2 tiempos) o 4T (4 tiempos), si son insonorizados, si son abiertos o cerrados, entre otras características que los hacen más útiles a las necesidades [2].

4.5.2 Pasos para seleccionar el generador adecuado para las necesidades

Teniendo en cuenta la información sobre las características con las que debe cumplir el generador, se procede a la elección de aquel que pueda suplir las necesidades de la línea de trillado de la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. Esta línea de proceso disipa una potencia de 500 kWh, aproximado para facilitar la búsqueda, por lo que se requiere la compra de un generador eléctrico capaz de suministrar este valor como referencia mínima.

El generador debe presentar las siguientes cinco (5) características:

1. Combustión diésel debido a que es más económico y resiste ciclos largos de trabajo continuo.
2. Debe ser portátil para poder entregar la potencia a disipar en el proceso desde cualquier punto de conexión en planta (opcional).
3. Tendrá que ser a 4T (4 tiempos) para brindar una vida útil más larga y cooperar con el medio ambiente.
4. Tiene que ser trifásico con un manejo de voltaje de 220V a 60Hz para alimentar los módulos de equipo de la línea que son de igual tecnología.
5. Con tecnología inverter (AVR) para que el generador realice su función de forma estable.

Se opta por la propuesta del generador **GENERAC SD500**, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁴, el cual cumple a cabalidad las necesidades de la línea de trillado reestructurada y tiene un costo de USD \$110.000 (COP \$330'000.000).



Alternador		Motor	
Marca:	Perkins	Marca:	Perkins
Modelo estándar:	WEG	Cilindros:	6 – en línea
Polos:	4	Lubricación:	Aceite
Excitación estándar:	Magnetizada permanente	Combustible:	Diésel
Capacidad de carga:	100%	Consumo de combustible:	118.1 Lts
Prueba de cortocircuito:	Si	Inyección:	Electrónica; Pre-combustión
		Refrigeración:	Recuperación cerrada
		Potencia:	625kVA (500kW)
		Frecuencia:	60 Hz
		Velocidad:	1800 rpm

Tabla 14 Características del generador eléctrico propuesto para alternativas de suministro energético [15].

Las dimensiones del punto de instalación para el generador eléctrico se especifican en el momento de iniciar la ejecución del proyecto con la empresa IGESA S.A.S, quien fue la empresa contactada para la cotización de la solución propuesta por sus alternativas en el ámbito de generación de fuentes eléctricas. Se hizo la selección del generador con combustión de diésel debido a la ausencia de otro material para combustión en las instalaciones, sin embargo la empresa consultada presentó la cotización que comprende otras alternativas de generador que operan con gas natural y sus beneficios, ver Anexo E.

5. ANEXO E

REQUERIMIENTOS DE SIMULACION (PARAMETROS)

Para la ejecución del proceso en cuestión se cuenta con datos de tiempo brindados por personal asociado a la línea, son datos de un lote de producción de 19800 kg de café excelso, se recalca que no son tiempos absolutos porque se depende en gran medida de la calidad de la materia prima al igual que la presencia de imprevistos en sus módulos de equipo (atascamiento, falla mecánica, falla eléctrica), alterando de forma considerable los datos de tiempos correspondientes.

5.1. Requerimientos de simulación para la línea actual

Se continua con los requerimientos de simulación necesarios para llevar a cabo con éxito la ejecución y simulación del proceso de la línea de trillado de café de la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. para obtener una producción de 19800 kg de café excelso, ver Tabla 15.

ID	Motores asociados a módulos de equipo y accesorios de la unidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Horas	Días	Factor Eficiencia	Factor Potencia	Consumo Mensual (kWh)
1	Motor tolva (motobomba tolva)	220	1.3	10	15	0.625	0.85	22.790625
2	Motor Trilladora	220	7	10	15	0.625	0.81	116.94375
3	Motor basura trilladora (Motobomba de impurezas)	220	3.3	10	15	0.625	0.8	54.45
4	Motor Criba	220	1	10	15	0.625	0.71	14.64375
5	Motor catadora (Motobomba Venturi)	220	3.7	10	15	0.625	0.8	61.05
6	Motor monitor almendra	220	1	10	15	0.625	0.71	14.64375
7	Motor tornillo sin fin	220	1	10	15	0.625	0.71	14.64375
8	Motor pulidora	220	7	10	15	0.625	0.81	116.94375
9	Motor basura pulidora (Motobomba de pulido)	220	1.9	10	15	0.625	0.75	29.390625

10	Motor elevador cangilones	220	1.1	10	15	0.625	0.71	16.108125
11	Motor mesa densidad (Motobomba mesa)	220	7.8	2	15	0.625	0.79	25.41825
12	Motor mesa densidad (Motor vibración mesa)	220	0.8	2	15	0.625	0.8	2.64
13	Motor realimentación mesa	220	1.2	2	15	0.625	0.75	3.7125
14	Motor banda escogedora	220	0.5	2	15	0.625	0.95	1.959375

Tabla 15 Requerimientos de simulación línea de trillado actual.

61. flujos y tiempos de ejecución de proceso

En cuanto a los tiempos de simulación, se listan los necesarios para llevar a cabo con éxito la ejecución y simulación del proceso de la línea de trillado de café de la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. para obtener una producción de 19800 kg de café excelso, al igual que los flujos de productos y subproductos presentes en el proceso, ver Tabla 16.

Tags	Descripción	In	Out	Tiempo de ejecución (hrs/batch)
MB-01	Motobomba elevador neumático	220-440V	3420 rpm	2.5/4
M-01	Motor trilladora	220-440V	1730 rpm	2.5/4
MB-02	Motobomba de impurezas	220-440V	1730 rpm	2.5/4
M-02	Motor criba	220-440V	1700 rpm	2.5/4
MB-03	Motobomba Venturi	220-440V	1730 rpm	2.5/4
M-03	Motor monitor	220-440V	1700 rpm	2.5/4
M-04	Motor tornillo sin fin	220-440V	1700 rpm	2.5/4
M-05	Motor pulidora	220-440V	1730 rpm	2.5/4
MB-04	Motobomba de pulido	220-440V	3425 rpm	2.5/4
M-06	Motor elevador cangilones	220-440V	1700 rpm	2.5/4

M-07	Motor vibración mesa	220-440V	1710 rpm	0.5/4
M-08	Motor realimentación mesa	220-440V	1730 rpm	0.5/4
MB-05	Motobomba mesa densimetrica	220-440V	1675 rpm	0.5/4
M-09	Motor banda	220-440V	1750 rpm	0.5/4
E-01	Tolva inicial	Café pergamino	Café pergamino	-
E-02	Elevador neumático	Café pergamino 10-12% humedad	Café pergamino	-
E-03	Filtro de impurezas	Café pergamino	Impurezas	-
E-04	Trilladora	Café pergamino	Café verde	-
E-05	Criba densimetrica	Café verde	Café verde	-
E-06	Catadora	Café verde	Café verde optimo	-
E-07	Monitor de almendra	Café verde optimo	Café verde 0.9-1.3mm	-
E-08	Tornillo sin fin	Café verde idóneo	Café verde idóneo	-
E-09	Pulidora	Café verde idóneo	Café verde limpio	-
E-10	Elevador de cangilones	Café verde limpio	Café verde limpio	-
E-11	Tolva de mesa densimetrica	Café verde limpio	Café verde limpio	-
E-12	Mesa densimetrica	Café verde limpio	Café verde excelso	-
E-13	Banda transportadora	Café verde excelso	Café verde excelso	-

Tabla 16 Flujos y tiempos de ejecución del proceso de la línea de trillado actual.

5.2. Requerimientos de simulación para la línea reestructurada

Se destacan los parámetros estipulados para la realización efectiva de la simulación de la línea reestructurada de trillado de café para la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. en la cual se cuenta con la incorporación de la maquinaria expresada por los directivos y los cambios avalados con la metodología híbrida

seleccionada, y posiblemente continuar con una producción de 19800 kg de café excelso, ver Tabla 17.

ID	Motores asociados a módulos de equipo y accesorios de la unidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Horas	Días	Factor Eficiencia	Factor Potencia	Consumo Mensual (kWh)
1	Motor elevador de cangilones	220	1.1	10	15	0.625	0.71	16.108125
2	Motor despedregadora (motor vibración despedregadora)	220	0.5	10	15	0.625	0.71	7.3219
3	Motor despedregadora (motobomba despedregadora)	220	3.3	10	15	0.625	0.8	54.45
4	Motor Trilladora	220	7	10	15	0.625	0.81	116.94375
5	Motor basura trilladora (Motobomba de impurezas)	220	3.3	10	15	0.625	0.8	54.45
6	Motor Criba	220	1	10	15	0.625	0.71	14.64375
7	Motor pulidora	220	7	10	15	0.625	0.81	116.94375
8	Motor catadora (Motobomba Venturi)	220	3.7	10	15	0.625	0.8	61.05
9	Motor monitor almendra	220	1	10	15	0.625	0.71	14.64375
10	Motor elevador cangilones	220	1.1	10	15	0.625	0.71	16.108125
11	Motor mesa densidad (Motobomba mesa)	220	7.8	10	15	0.625	0.79	25.41825

12	Motor mesa densidad (Motor vibración mesa)	220	0.8	10	15	0.625	0.8	2.64
13	Motor clasificadora electrónica	220	0.43	10	15	0.625	0.85	7.73
14	Motor banda escogedora	220	0.5	10	15	0.625	0.95	1.959375

Tabla 17 Requerimientos de simulación línea de trillado reestructurada.

Flujos y tiempos de ejecución de proceso

En cuanto a los tiempos de simulación, se listan los necesarios para llevar a cabo con éxito la ejecución y simulación del proceso de la línea de trillado reestructurada para la empresa SUPRACAFE COLOMBIA S.A. y la interacción de los flujos presentes en el proceso, ver Tabla 18.

Tags	Descripción	In	Out	Tiempos de ejecución (hrs/batch)
M-01	Motor elevador de cangilones	220-440V	3420 rpm	2.5/4
M-02	Motor despedregadora	220-440V	1730 rpm	2.5/4
MB-01	Motobomba despedregadora	220-440V	1730 rpm	2.5/4
M-03	Motor trilladora	220-440V	1700 rpm	2.5/4
MB-02	Motobomba trilladora			2.5/4
M-04	Motor criba	220-440V	1730 rpm	2.5/4
M-05	Motor pulidora	220-440V	1700 rpm	2.5/4
MB-03	Motobomba Venturi	220-440V	1730 rpm	2.5/4
M-06	Motor monitor	220-440V	1700 rpm	2.5/4
M-07	Motor elevador cangilones	220-440V	1700 rpm	2.5/4
M-08	Motor vibración mesa	220-440V	1710 rpm	0.5/4

MB-04	Motobomba Venturi	220-440V	1730 rpm	0.5/4
M-09	Motor clasificadora electrónica	220-440V		0.5/4
M-10	Motor banda	220-440V	1750 rpm	0.5/4
E-01	Tolva inicial	Café pergamino	Café pergamino	-
E-02	Elevador de cangilones	Café pergamino 10-12% humedad	Café pergamino	-
E-03	Despedregadora	Café pergamino	Impurezas	-
E-04	Trilladora	Café pergamino	Café verde	-
E-05	Criba densimetrica	Café verde	Café verde	-
E-06	Pulidora	Café verde idóneo	Café verde limpio	-
E-07	Catadora	Café verde	Café verde optimo	-
E-08	Monitor de almendra	Café verde optimo	Café verde 0.9-1.3mm	-
E-09	Elevador de cangilones	Café verde limpio	Café verde limpio	-
E-10	Tolva de mesa densimetrica	Café verde limpio	Café verde limpio	-
E-11	Mesa densimetrica	Café verde limpio	Café verde excelso	-
E-12	Clasificadora electrónica	Café verde excelso	Café verde excelso	-
E-13	Banda transportadora	Café verde excelso	Café verde excelso	-

Tabla 18 Flujos y tiempos de ejecución del proceso de la línea de trillado reestructurada.

En la Tabla 15 y Tabla 16 se denotan los aspectos principales y elementales para llevar a cabo la simulación en la herramienta software SuperPro Designer, lo cual hace posible realizar un estimado de consumos generados por cada línea de trillado en los escenarios propuestos, y donde se toman acciones pertinentes en pro de la EE.

6. ANEXO F

ESPECIFICACIONES GENERADOR ELECTRICO PROPUESTO

6.1. SD500-Grupo electrógeno industrial diésel Certificado EPA emergencia estacionaria

De acuerdo a los requerimientos eléctricos de funcionamiento de la línea de trillado de la empresa SUPRACAFE COLOMBIA .S.A. se opta por recomendar el SD500 para suplir la alimentación requerida durante el proceso de trillado de café.

El generador recomendado cumple con una alimentación en espera de 625(kVA)-500(kW) a una frecuencia de 60(Hz).

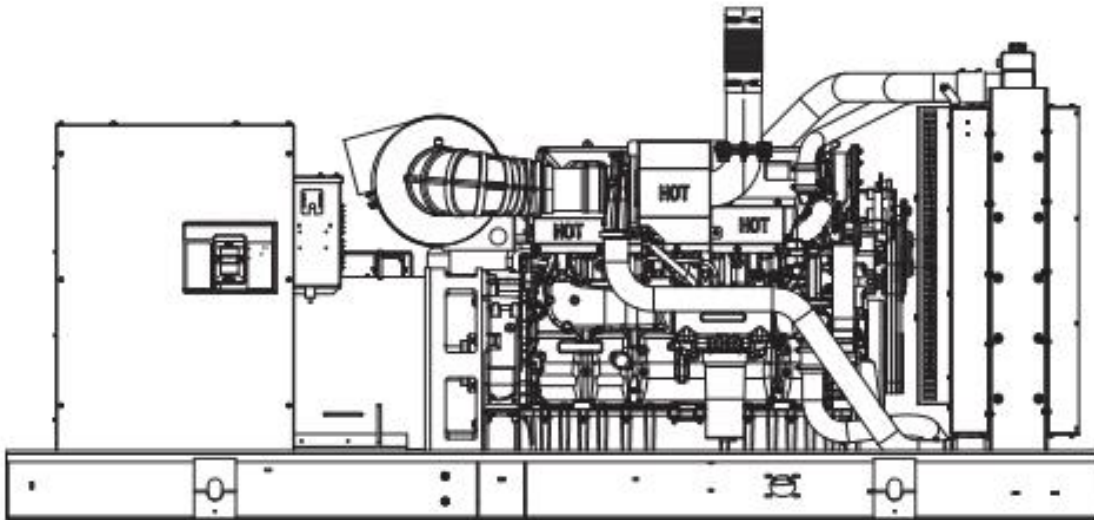


Figura 11 SD500-Grupo electrógeno industrial diésel.

Se listan a continuación una variedad de cualidades que componen todo el conjunto denominado generador [8].

6.2.1 Conjunto generador del generador eléctrico propuesto

Características:

- Prototipo torsionalmente probado.
- UI2200 probado.
- Sistema de pintura Rhinocoat.
- Amplia gama de cerramientos y tanques.

Beneficios:

- Proporciona una unidad probada.
- Garantiza un producto de calidad.

- Mejora la resistencia a los elementos.
- Proporciona una solución de fuente única.

6.2.2 Motor del generador eléctrico propuesto

Características:

- EPA cumple.
- Probado industrialmente, aprobado por Generac.
- Potencia con igualdad de potencia.
- Grado industrial.

Beneficios:

- Cumple con los estándares de la EPA.
- Garantiza las normas industriales.
- Ingeniería para el desempeño.
- Mejora la longevidad y la fiabilidad.

6.2.3 Alternador del generador eléctrico propuesto

Características:

- Dos-terceros pitch
- Capa hilo rotor y estator
- Materiales de clase h
- Control de voltaje digital de 3 fases

Beneficios:

- Elimina la 3ª armónica perjudicial
- Mejora la refrigeración
- Diseño tolerante al calor
- Respuesta rápida y precisa

6.2.4 Controles del generador eléctrico propuesto

Características:

- Tablero encapsulado con arnés sellado
- Sensores de voltaje a corriente de 4-20ma
- Tecnología de montaje superficial
- Diagnóstico avanzado y comunicaciones

Beneficios:

- Reemplazo fácil y asequible
- Resistencia al ruido 24/7 monitoreo
- Proporciona resistencia a la vibración
- Fiabilidad endurecida

6.2 Datos de aplicación e ingeniería

Se presenta la información brindada por el proveedor del generador eléctrico, con valores de placa y medidas nominales.

6.3.1 Especificaciones del Motor del generador eléctrico propuesto

ENGINE SPECIFICATIONS

General

Make	Perkins
EPA Emissions Compliance	Stationary Emergency
EPA Emissions Reference	See Emissions Data Sheet
Cylinder #	6
Type	In-Line
Displacement - L	15.2
Bore - mm (in.)	137 (5.39)
Stroke - mm (in.)	171 (6.73)
Compression Ratio	16.0:1
Intake Air Method	Turbocharged/Aftercooled
Cylinder Head Type	4 Valve
Piston Type	Aluminum
Connecting Rod Type	I-Beam Section

Figura 12 Especificaciones de motor del generador eléctrico propuesto.

6.3.2 Gobierno del Motor del generador eléctrico propuesto

Engine Governing

Governor	Electronic Isochronous
Frequency Regulation (Steady State)	$\pm 0.25\%$

Figura 13 Gobierno del motor del generador eléctrico propuesto.

6.3.3 Sistema de Lubricación del generador eléctrico propuesto

Lubrication System

Oil Pump Type	Gear
Oil Filter Type	Full-Flow Cartridge
Crankcase Capacity - L (Gal)	60 (15.8)

Figura 14 Sistema de lubricación del generador eléctrico propuesto.

6.3.4 Sistema de Refrigeración del generador eléctrico propuesto

Cooling System

Cooling System Type	Closed Recovery
Water Pump	Centrifugal Type, Belt-Driven
Fan Type	Pusher
Fan Speed (rpm)	1658 rpm
Fan Diameter mm (in.)	927 (36.5)
Coolant Heater Standard Wattage	1500
Coolant Heater Standard Voltage	120VAC

Figura 15 Sistema de refrigeración del generador eléctrico propuesto.

6.3.5 Sistema de Combustible del generador eléctrico propuesto

Fuel System

Fuel Type	Ultra Low Sulfur Diesel #2
Fuel Specifications	ASTM
Fuel Filtering (microns)	Primary 10 - Secondary 2
Fuel Injection	Electronic
Fuel Pump Type	Engine Driven Gear
Injector Type	MEUI
Engine Type	Pre-Combustion
Fuel Supply Line - mm (in.)	12.7 (½"NPT)
Fuel Return Line - mm (in.)	12.7 (½"NPT)

Figura 16 Sistema de refrigeración del generador eléctrico propuesto.

6.3.6 Sistema Eléctrico del Motor del generador eléctrico propuesto

Engine Electrical System

System Voltage	24VDC
Battery Charging Alternator	70 Amps at 24V
Battery Size (at 0°C)	1155 CCA
Battery Group	8D
Battery Voltage	(2) - 12VDC
Ground Polarity	Negative

Figura 17 Sistema eléctrico del motor del generador eléctrico propuesto.

6.3.7 Especificaciones del Alternador del generador eléctrico propuesto

ALTERNATOR SPECIFICATIONS

Standard Model	WEG
Poles	4
Field Type	Revolving
Insulation Class - Rotor	H
Insulation Class - Stator	H
Total Harmonic Distortion	< 3%
Telephone Interference Factor (TIF)	< 50
Standard Excitation	Permanent Magnet
Bearings	Single Sealed Cartridge
Coupling	Direct, Flexible Disc
Load Capacity - Standby	100%
Prototype Short Circuit Test	Yes
Voltage Regulator Type	Digital
Number of Sensed Phases	All
Regulation Accuracy (Steady State)	± 1%

Figura 18 Especificaciones del alternador del generador eléctrico propuesto.

6.3 Datos operativos (60Hz)

6.4.1 Calificaciones de Potencia (kW) del generador eléctrico propuesto

POWER RATINGS (kW)

	STANDBY	
Three-Phase 120/208VAC @0.8pf	500 kW	Amps: 1735
Three-Phase 120/240VAC @0.8pf	500 kW	Amps: 1504
Three-Phase 277/480VAC @0.8pf	500 kW	Amps: 752
Three-Phase 346/600VAC @0.8pf	500 kW	Amps: 601

Figura 19 Calificaciones de potencia (kW) del generador eléctrico propuesto.

6.4.2 Capacidades Iniciales (sVA) del generador eléctrico propuesto

STARTING CAPABILITIES (sKVA)

sKVA vs. Voltage Dip															
480VAC								208/240VAC							
Alternator	kW	10%	15%	20%	25%	30%	35%	Alternator	kW	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Standard	500	457	686	914	1143	1371	1600	Standard	500	429	643	857	1071	1286	1500
Upsize 1	642	471	707	943	1179	1414	1650	Upsize 1	689	543	814	1086	1357	1629	1900
Upsize 2	832	757	1136	1514	1893	2271	2650	Upsize 2	723	571	857	1143	1429	1714	2000

Figura 20 Capacidades iniciales (sVA) del generador eléctrico propuesto.

6.4.3 Combustible del generador eléctrico propuesto

FUEL

		Fuel Consumption Rates*		
		STANDBY		
Fuel Pump Lift - M (ft)		Percent Load	gph	lph
3.7 (12)		25%	10.5	39.7
		50%	19.5	73.8
		75%	23.7	89.7
		100%	31.2	118.1

* Refer to "Emissions Data Sheet" for maximum fuel flow for EPA and SCAQMD permitting purposes.

Figura 21 Combustible del generador eléctrico propuesto.

6.4.4 Enfriamiento del generador eléctrico propuesto

COOLING

		STANDBY	
Coolant Flow per Minute	gpm (lpm)	114.1 (432)	
Heat Rejection to Coolant	BTU/hr	1,198,080	
Inlet Air	cfm (m3/min)	30,582 (866)	
Max. Operating Radiator Air Temp	F° (C°)	122 (50)	
Max. Operating Ambient Temperature	F° (C°)	104 (40)	
Coolant System Capacity	gal (L)	13 (49)	
Maximum Radiator Backpressure	in H ₂ O	0.5	

Figura 22 Enfriamiento del generador eléctrico propuesto.

6.4.5 Requisitos de Aire de Combustión del generador eléctrico propuesto

COMBUSTION AIR REQUIREMENTS

		STANDBY
Flow at Rated Power	cfm (m3/min)	1483 (42)

Figura 23 Requisitos de aire de combustión del generador eléctrico propuesto.

6.4.6 Motor del generador eléctrico propuesto

ENGINE

		STANDBY
Rated Engine Speed	rpm	1800
Horsepower at Rated kW**	hp	762
Piston Speed	ft/min	2020
BMEP	psi	366

** Refer to "Emissions Data Sheet" for maximum bHP for EPA and SCAQMD permitting purposes.

Figura 24 Motor del generador eléctrico propuesto.

EXHAUST

		STANDBY
Exhaust Flow (Rated Output)	cfm (m ³ /min)	3955 (112)
Max. Backpressure (Post Silencer)	inHg (Kpa)	2.01 (6.8)
Exhaust Temp (Rated Output)	°F (°C)	1022 (550)
Exhaust Outlet Size (Open Set)		5"

Figura 25 Escape del generador eléctrico propuesto.

7. REFERENCIAS

- [1] (A.N. Standard"Batch Control Part 1: Models and Terminology", 1995)
- [2] BLOG VENTAGENERADORES, "Guía completa para comprar un Generador Eléctrico: Tipos, Potencia, Cómo y Dónde elegir el apropiado. | Blog de Ventageneradores. (Ventageneradores, 2016)
- [3] Integracion de las energias renovables no convencionales en colombia (upme, 2015)
- [4] (erenovable, s.f.)
- [5] (erenovable, erenovable.com, s.f.)
- [6] (energiasrenovablesinfo, s.f.)
- [7] (erenovable, erenovable.com, s.f.)
- [8] (industrial Diesel Generator Set, 2011)