

**OPTIMIZAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCTOS
EXTRUIDOS DERIVADO DE MAÍZ BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM**

ANDRES RIVERA CASADIEGO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

**OPTIMIZAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCTOS
EXTRUIDOS DERIVADO DE MAÍZ BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM**

ANDRES RIVERA CASADIEGO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

DIRECTORA

JULIANA MORALES PINZÓN

MAGISTER EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A mis padres Raúl y Fanny.

Quienes a través de los años siempre me apoyaron y confiaron en mis decisiones para hacer realidad este trabajo, por inculcarme la disciplina, la honestidad y la voluntad que todo es posible mientras uno se lo proponga, que las barreras no existen y lo más importante siempre ser una persona de bien dejando un legado positivo para la sociedad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
3.1 REPLICACIÓN.....	18
3.2 EFICIENCIA VERDADERA.....	18
4. MARCO TEÓRICO	20
4.1 PROCESO DE EXTRUSIÓN DE GRITS DE MAÍZ	20
4.1.1 Homogenizado.....	21
4.1.2 Extrusión	21
4.1.3 Corte	22
4.1.4. Secado	22
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ	24
4.3 ETAPAS PREPARACIÓN DEL GRITS	25
4.3.1 Recepción	25
4.3.2 Pre limpia	26
4.3.3 Almacenamiento	26
4.3.4 Acondicionado	26
4.3.5 Degerminado o molienda	26

4.3.6 Secado	27
4.3.7 Enfriado	28
4.3.8 Cernido	28
4.4 MARCO CONCEPTUAL	29
4.4.1. Concepto de mantenimiento y confiabilidad	29
4.4.2. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)	30
4.4.2.1. Breve historia de RCM	31
4.4.2.2. Proceso de RCM.....	32
4.5 TAXONOMÍA DE EQUIPOS	38
4.6 DIAGRAMA DE DECISIÓN (FLUJOGRAMA DE MANTENIMIENTO)	41
5. CONTEXTO OPERACIONAL	44
5.1 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE HOMOGENIZADO	45
5.2 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE EXTRUIDO.....	49
5.2.1 Contexto operacional sistema de almacenamiento.....	51
5.2.2 Contexto operacional sistema de alimentación	53
5.2.3 Contexto operacional sistema de compresión	56
5.3 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE CORTE	64
5.4 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN TRANSPORTE NEUMÁTICO	68
5.5 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE SECADO	72
5.5.1 Contexto operacional sistema de transporte.....	74
5.5.2 Contexto operacional sistema de calentamiento.....	77
5.5.3 Contexto operacional sistema reposición de aire (Make Up)	78
5.5.4 Contexto operacional sistema de extracción de aire húmedo.....	80
5.5.5 Contexto operacional sistema de recirculación de aire caliente	82

5.5.6 Contexto operacional sistema de refrigeración	83
6. PLANES DE MANTENIMIENTO (MATRICES DE MANTENIMIENTO PLANEADO)	89
7. CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factor de producción (Fp).....	35
Tabla 2. Factor de costos operativos (Fc)	35
Tabla 3. Factor de tiempos de parada (Ftmp)	35
Tabla 4. Factor de calidad, medio ambiente y seguridad (Fsass).....	36
Tabla 5. Niveles de criticidad de falla.....	36
Tabla 6. Índice de severidad (Is).....	37
Tabla 7. Índice de ocurrencia (Io)	37
Tabla 8. Índice de detección (Id).....	38
Tabla 9. Clasificación número de prioridad de riesgo (RPN)	38
Tabla 10. Taxonomía sección homogenizado	48
Tabla 11. Taxonomía sección extruido	61
Tabla 12. Taxonomía sección de corte	67
Tabla 13. Taxonomía sección de transporte	71
Tabla 14. Taxonomía sección de secado	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Árbol de pérdidas.....	19
Figura 2. Tiempo No disponibilidad planeado y no planeado en porcentaje.....	19
Figura 3. Etapas proceso de extruido	20
Figura 4. Fases de la expansión	21
Figura 5. Gelatinización vs Viscosidad	21
Figura 6. Sistema de corte.....	22
Figura 7. Perfiles de cama de producto	22
Figura 8. Flujo de aire dentro del horno de extruido	23
Figura 9. Tipos de maíz según su color	24
Figura 10. Estructura del grano de maíz.....	25
Figura 11. Proceso de degerminado.....	27
Figura 11.1. Etapa de degerminado	27
Figura 11.2. Proceso de secado	28
Figura 11.3. Proceso de enfriado.....	28
Figura 11.4. Proceso de separación o cernido	29
Figura 12. Taxonomía actual línea de extruidos en SAP	39
Figura 13. Área de trabajo del RCM línea extruidos (Norma ISO 14224).....	40
Figura 14. Diagrama de decisión de mantenimiento.....	42
Figura 15. Diagrama de bloques línea extruidos	44
Figura 16. Imagen general del homogenizador	46
Figura 17. Esquema de entrada y salidas sección homogenizado	46
Figura 18. Diagrama esquemático del homogenizador.....	47

Figura 19. Imagen general del extrusor	49
Figura 20. Diagrama esquemático del extrusor	50
Figura 21. Esquema entrada y salidas proceso extrusión	51
Figura 22. Diagrama esquemático del silo extrusor	52
Figura 23. Imagen dosificador de arranque y bomba alimentación de agua.....	53
Figura 24. Diagrama esquemático sistema de alimentación.....	54
Figura 25. Diagrama esquemático dosificador de trabajo.....	55
Figura 26. Imagen general del dosificador de trabajo.....	55
Figura 27. Diagrama esquemático e imagen del dosificador vertical.....	56
Figura 28. Diagrama esquemático sistema de compresión	57
Figura 29. Imagen de herramental de extrusión	57
Figura 30. Esquema etapa de compresión	59
Figura 31. Imagen sistema de compresión	60
Figura 32. Imagen sistema de corte.....	64
Figura 33. Diagrama esquemático de la sección de corte	65
Figura 34. Esquema de entrada y salidas sección de corte.....	66
Figura 35. Mecanismo de corte (ensamble y componentes)	66
Figura 36. Esquema de entrada y salidas sección de transporte	68
Figura 37. Imagen sistema de transporte	69
Figura 38. Diagrama esquemático sistema de transporte neumático	69
Figura 39. Diagrama esquemático del transportador excéntrico.....	70
Figura 40. Imagen global del horno secador.....	72
Figura 41. Diagrama esquemático del horno secador	73
Figura 42. Esquema de entrada y salidas sección de secado	74

Figura 43. Diagrama esquemático sistema de transporte.....	76
Figura 44. Imagen del sistema de transmisión	76
Figura 45. Imagen del quemador.....	77
Figura 46. Diagrama esquemático del tren de combustión.....	78
Figura 47. Diagrama esquemático ventilador reposición de aire (Make Up).....	79
Figura 48. Imagen del sistema de extractor aire húmedo	81
Figura 49. Diagrama esquemático extractor aire húmedo	81
Figura 50. Imagen ventilador recirculación aire caliente	82
Figura 51. Diagrama esquemático sistema de recirculación aire caliente	83
Figura 52. Imagen ventilador sistema de refrigeración	84
Figura 53. Diagrama esquemático sistema de refrigeración.....	85

ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección homogenizado....	94
Anexo B. Análisis de criticidad de equipos sección homogenizado	96
Anexo C. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección extruido	97
Anexo D. Análisis de criticidad de equipos sección extruido	105
Anexo E. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de corte	107
Anexo F. Análisis de criticidad de equipos sección de corte.....	109
Anexo G. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de transporte....	110
Anexo H. Análisis de criticidad de equipos sección de transporte	112
Anexo I. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de secado	113
Anexo J. Análisis de criticidad de equipos sección de secado	122
Anexo K. Matriz de mantenimiento planeado sección de homogenizado	124
Anexo L. Matriz de mantenimiento planeado sección extruido	126
Anexo M. Matriz de mantenimiento planeado sección de corte	132
Anexo N. Matriz de mantenimiento planeado sección de transporte	133
Anexo O. Matriz de mantenimiento planeado sección de secado.....	135

RESUMEN

TITULO: OPTIMIZAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCTOS EXTRUIDOS DERIVADO DE MAÍZ BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM.¹

AUTOR: ANDRES RIVERA CASADIEGO²

PALABRAS CLAVE: Eficiencia verdadera, tiempo muerto no planeado, extrusor de maíz, diagrama de decisión, mantenimiento centrado en confiabilidad.

DESCRIPCIÓN:

Con el propósito de incrementar la disponibilidad técnica de los equipos críticos para la línea de productos derivados de maíz extruido, la presente monografía es el desarrollo de los planes de mantenimiento basados en RCM asociado a la baja eficiencia que presenta actualmente.

Soportados en esta metodología se crea un equipo multidisciplinario para el desarrollo de las sesiones, se inicia definiendo la taxonomía de la línea recomendada bajo la norma ISO 14224 para cargar en el SAP, posteriormente se limita el alcance para los equipos de proceso y se redacta el contexto operacional de cada sistema donde se contemplan las variables operativas para que los equipos trabajen a su capacidad nominal y se identifican las funciones deseadas de estos.

Tomando como base la información registrada en el SAP de las actividades correctivas realizadas a los equipos, iniciamos con el desarrollo del AMEF para identificar los modos de falla, sus efectos y su impacto representado con el número de prioridad de riesgo, de esta manera se define la criticidad (acorde con la metodología propia de la compañía) de cada falla para determinar la criticidad global de los equipos.

Apoyados con el diagrama de decisión desarrollado por la propia compañía, se analiza en conjunto con el equipo multidisciplinario durante las reuniones programadas, las actividades costo – efectivas basadas en tres categorías (autónomo, monitoreo por condición y frecuencia de recambio) para ser implementadas. Estas actividades planificadas son plasmadas en una matriz de mantenimiento para facilitar su carga masiva al sistema.

¹ Monografía

² Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Directora. Juliana Morales Pinzón, Magister en Dirección de Empresas.

SUMMARY

TITLE: TO OPTIMIZE THE MAINTENANCE PLAN OF A CORN EXTRUSION PRODUCTS LINE BASED ON RCM METHODOLOGY³

AUTHOR: ANDRES RIVERA CASADIEGO⁴

KEYWORDS: True efficiency, unplanned downtime, corn extruder, decision diagram, reliability centered maintenance.

DESCRIPTION:

To increase the technical availability of critical equipment for a corn extrusion line, the present monograph is the development of maintenance plans based on RCM due to low efficiency that currently presents.

Based on the RCM methodology, a multidisciplinary team is created for the sessions development. We began with the line taxonomy, it is defined under the ISO 14224 standard as recommendation to load in the SAP, subsequently the scope is limited only process equipment. The operating context is written for each system, where each operative variable and the functions are contemplated with the purpose the equipment working at nominal capacity.

Using the SAP recorded information of the corrective activities from the equipment, we started with the development of the FMEA to identify the failure modes, yours effect and the impact based within priority risk number, of this way we define the criticality of each failure to establish the global equipment criticality (according with company methodology).

Supported with decision diagram development by the company, we analyze the activities cost – effective with the multidisciplinary team during the scheduled meeting, we separate this activities in three categories (autonomous, condition monitoring and replacement frequency) to be implemented. Subsequently this maintenance tasks are represented in a matrix to facilitate the SAP massive load.

³ Monograph

⁴ School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director. Juliana Morales Pinzón. Magister Enterprise Management.

INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del portafolio de comercialización de productos alimenticios encontramos productos extruidos suaves derivados del maíz.

Actualmente la planta posee una línea de producción de extruidos con una capacidad nominal de 900kg/hr, que equivale el 17% del volumen total de producción y una ocupación para producción de 92% mensual basado con el programa de producción.

Al ser este un producto perecedero, tanto la materia prima como el producto terminado presenta una vida de anaquel (vita útil) corta (de 12 y 10 semanas respectivamente); esto indica que los programas de producción deben estar balanceados con el programa de ventas, cualquier pérdida de tiempo en producción tiene un alto nivel de incidencia en el cumplimiento del programa de ventas. En la actualidad la línea presenta una disponibilidad productiva fuera del rango operacional permitido y parte de ello se encuentra asociado a tiempos muertos por mantenimiento. Dentro del estándar global, el KPI (Key Performance Indicator) de tiempo muerto asociado a mantenimiento correctivo indica que el rango debe ser de 0,0% - 1,0% del tiempo disponible para producción.

El cumplimiento del plan de mantenimiento en 2016 fue 65% de las actividades programadas y 59% 2017, el KPI global para mantenimiento planeado debe ser superior a 85% de cumplimiento. Las causas de este bajo cumplimiento están asociadas a que el plan de mantenimiento vigente es basado en frecuencias de sustitución de componentes el cual demanda en promedio 18hr de mantenimiento mensual cuando solo se puede disponer de 12hr al mes

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar el plan de mantenimiento de la línea de productos extruidos de maíz para una empresa de alimentos basado en la metodología RCM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Elaborar el contexto operacional para cada proceso de la transformación del grit de maíz (homogenizado, extruido, corte, transporte y secado) a un producto de extruido suave comestible.
- Definir las funciones primarias de los equipos identificados en los procesos donde se implementará el RCM, bajo su contexto operacional.
- Elaborar los análisis de modos, efectos de falla junto con su análisis de criticidad para cada equipo que compone los procesos definidos.
- Documentar las matrices de mantenimiento planeado aplicado a cada ítem mantenible el cual se pueda implementar

3. JUSTIFICACIÓN

3.1 REPLICACIÓN.

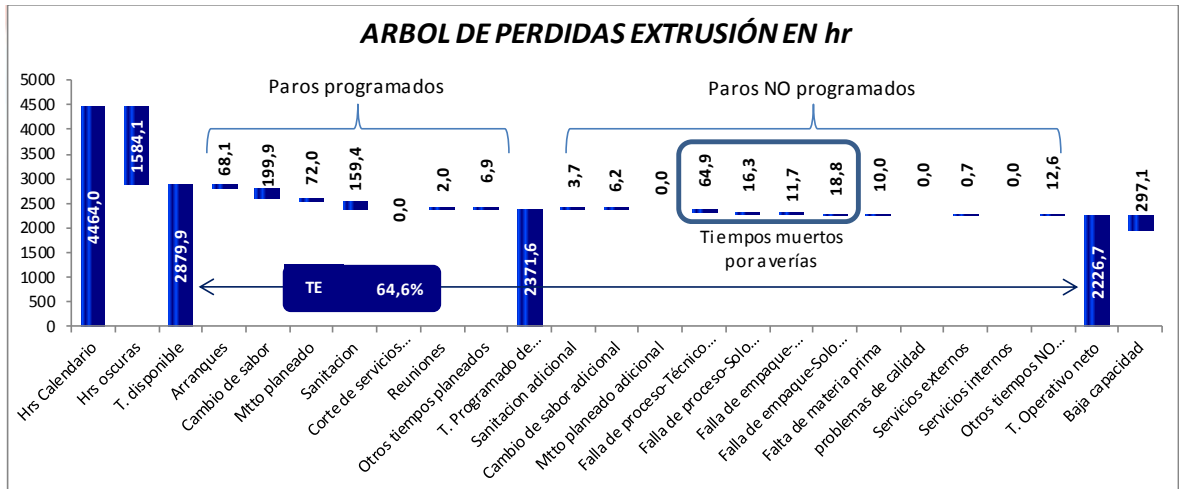
Asociado a la optimización de los planes de mantenimiento y en busca de la mejora de los indicadores de disponibilidad de la línea de extruidos, el desarrollo de los planes de mantenimiento con la metodología RCM, es replicable a las demás líneas de extruidos suave que dispone la compañía en Latinoamérica.

3.2 EFICIENCIA VERDADERA.

La eficiencia verdadera (TE – True Efficiency) de las líneas productivas es el indicador de mayor importancia para la medición del desempeño de la planta, este indicador se mide en porcentaje y su función es mostrar la distribución de los tiempos muertos de la línea, teniendo como punto de partida que la línea debería estar en operación 100% del tiempo programado para producir.

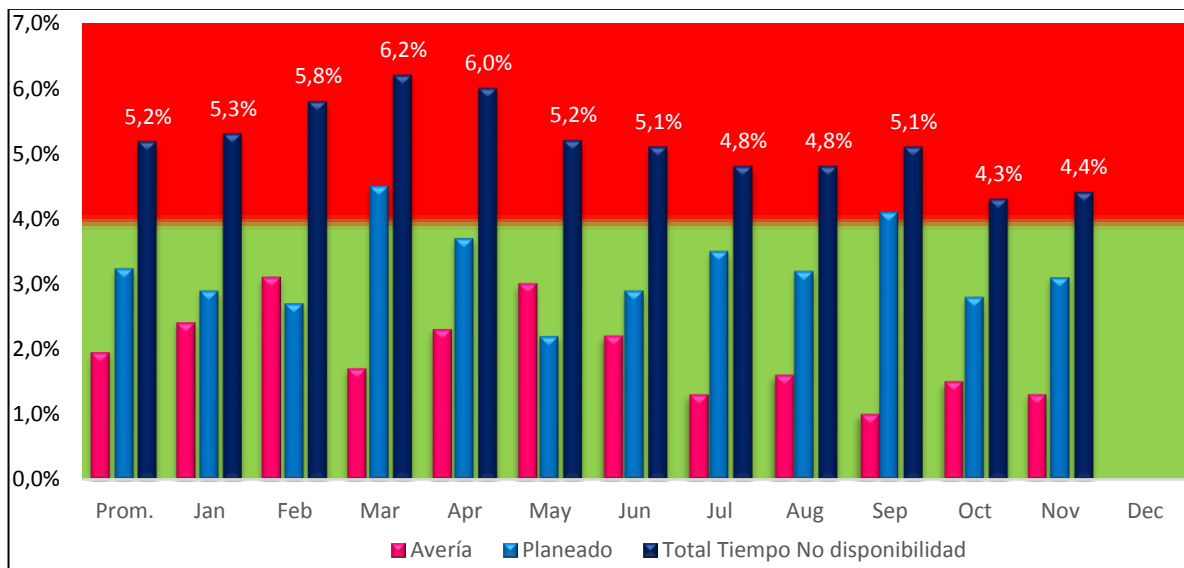
De este indicador se deriva el árbol de pérdidas de tiempos el cual está compuesto por paros programados tales como: limpieza, mantenimiento planeado, cambios de sabor, arranques, ajustes, reuniones y paros no programados como: mantenimiento adicional, limpieza adicional, averías en proceso, averías en empaque, cortes de energía, problemas de calidad y baja capacidad. Siendo los paros no programados un factor de incidencia negativa ya que conlleva altos costos de operación y riesgo de desabastecimiento de producto en el mercado.

Figura 1. Árbol de pérdidas



La línea de extruidos actualmente posee una TE de 67% de la cual el 2.1% es asociado a paros no programados derivados por averías de origen técnico con costos por mantenimiento correctivo de (COP 16.700.000 /mes) y 3,0% por paros de mantenimiento planeado con costos (COP 12.500.000 /mes), dando un total de 5.1% de no disponibilidad y unos costos totales por mes de (COP 29.200.000).

Figura 2. Tiempo No disponibilidad planeado y no planeado en porcentaje.



4. MARCO TEÓRICO

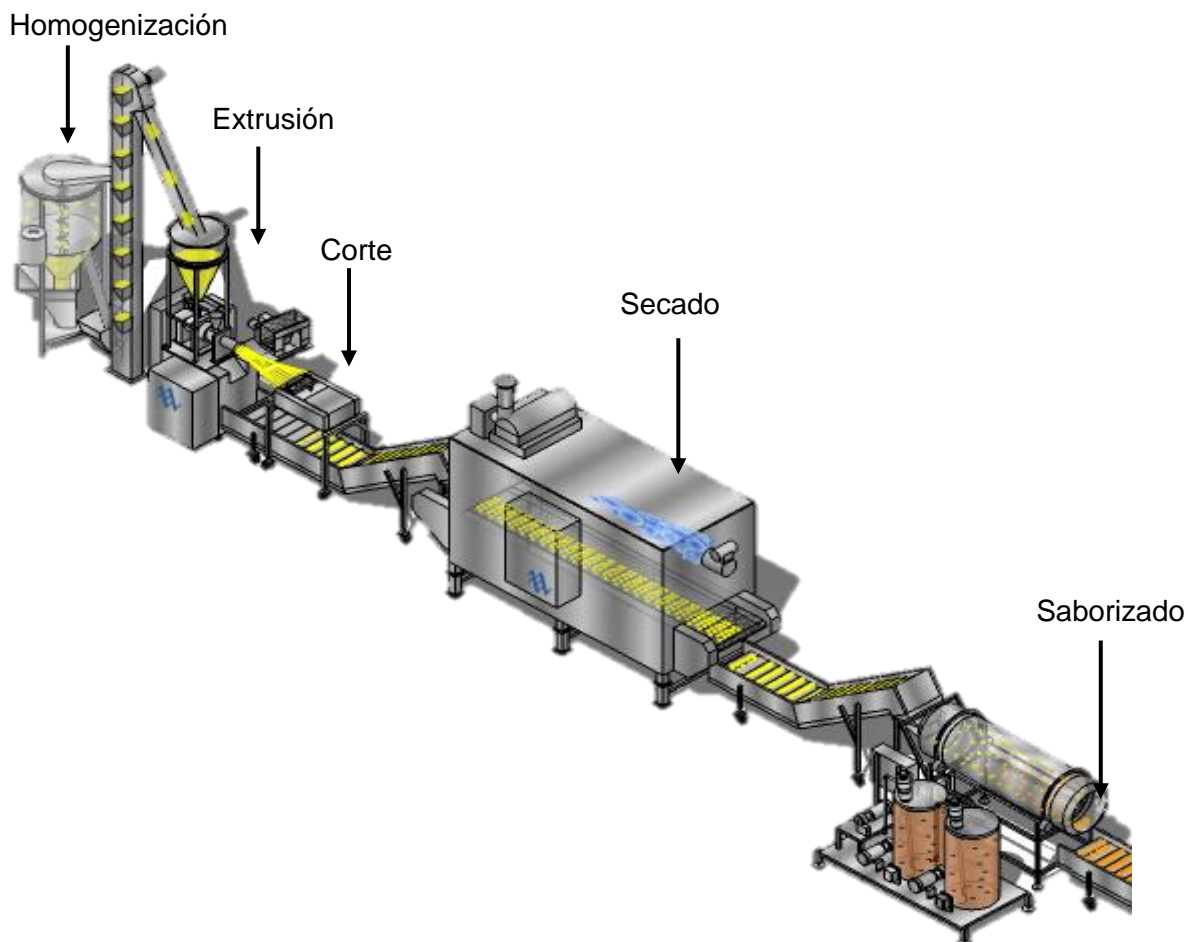
La extrusión de maíz puede definirse como un proceso de cocción el cual consiste en transportar el grit de maíz (maíz degerminado, molido y seco) a través de un molde por medio de un tornillo extrusor, durante este proceso la presión del sistema hace que la temperatura se eleve y el grit pierda humedad.

4.1 PROCESO DE EXTRUSIÓN DE GRITS DE MAÍZ*

El objetivo de la extrusión de grit de maíz es lograr un producto voluminoso, expandido y texturizado apto y agradable para el consumo humano. Para lograr estas características se deben cumplir diferentes etapas de este proceso:

Homogenización, extrusión, corte, secado y saborizado.

Figura 3. Etapas proceso de extruido



4.1.1 Homogenizado. Una vez se ha realizado la recepción el grits de maíz, el primer proceso de la transformación a producto extruido es la homogenización donde el grits se mezcla con diferentes variedades y se añade agua para obtener una humedad de 17% - 19% de volumen para poder realizar el proceso de extrusión.

4.1.2 Extrusión. Consiste en transportar el grit de maíz a través de un molde por medio de un tornillo sin-fin con el fin de obtener un producto expandido y con una humedad de 8% - 10% de volumen.

El calor generado debido a la presión entre el tornillo y el molde (Cabezal) hace que el grit de expanda y pase a un estado de gelatinización produciendo una mayor viscosidad y volumen. Mayores niveles de fricción y calor rompen y degradan la estructura granular, la energía aplicada sigue actuando hasta romper la red de moléculas y convertirlas en cadenas cortas de almidón soluble.

Figura 4. Fases de la expansión

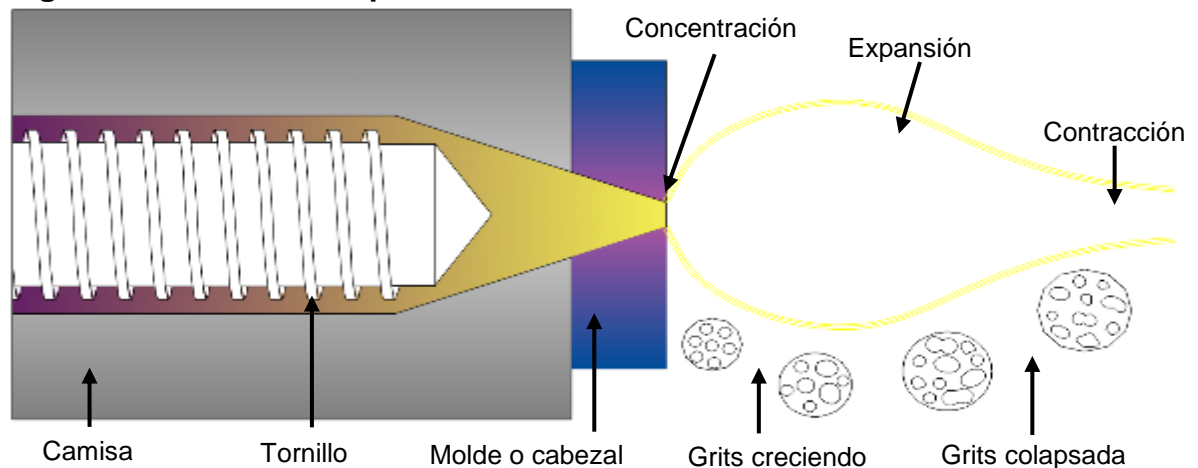
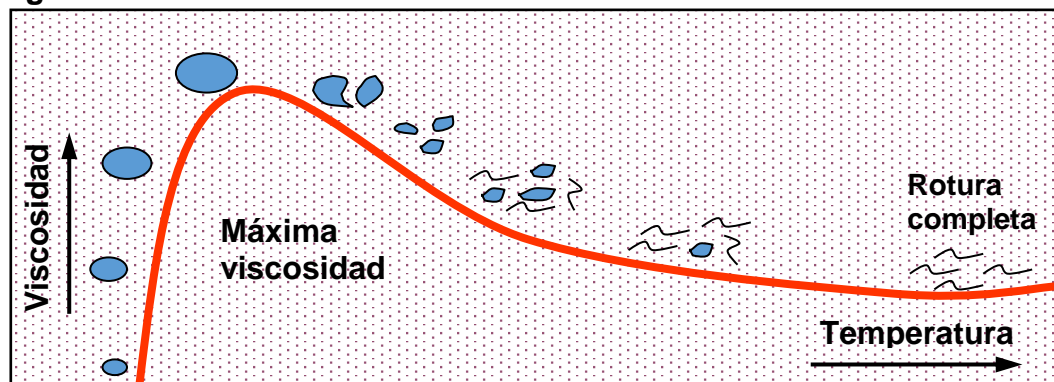
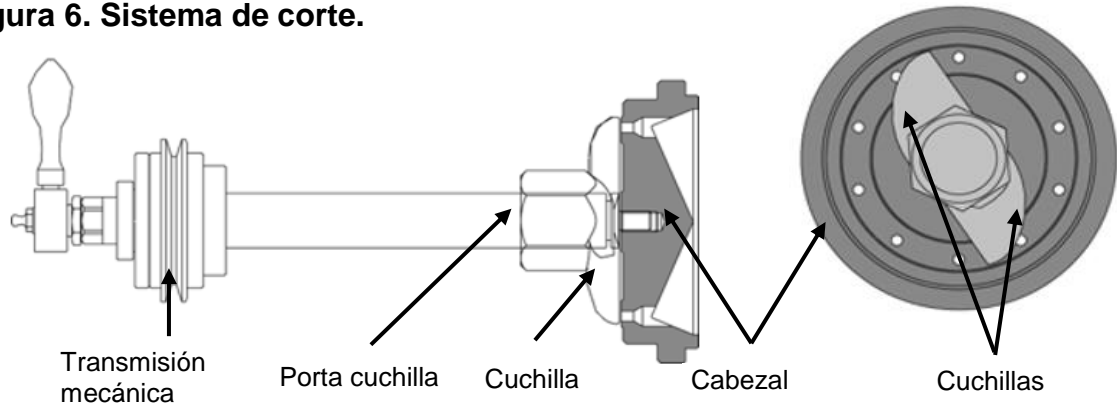


Figura 5. Gelatinización vs Viscosidad



4.1.3 Corte. Seguido al proceso de extrusión el producto extruido es cortado por medio de una cuchilla a través de un sistema de giro mecánico realizado por un motor acoplado a una polea. Dependiendo de la referencia de producto se regula la velocidad de corte para dar la longitud adecuada.

Figura 6. Sistema de corte.

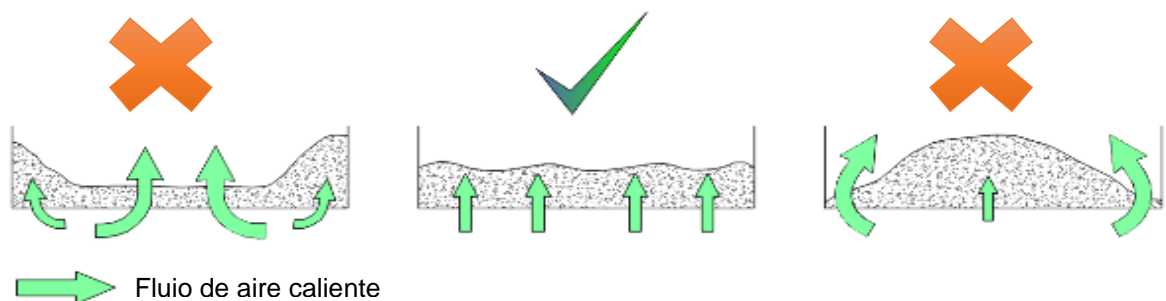


4.1.4. Secado. El secado es el proceso por el cual se elimina humedad del producto recién formado para conseguir el objetivo en el producto final. Esto es necesario para asegurar la calidad del producto final en el empaque hasta su fecha de caducidad, el valor final de la humedad debe ser $<1,8\%$ del volumen.

Este proceso se realiza en el horno de secado, para llegar a este objetivo de humedad se debe controlar cuatro factores:

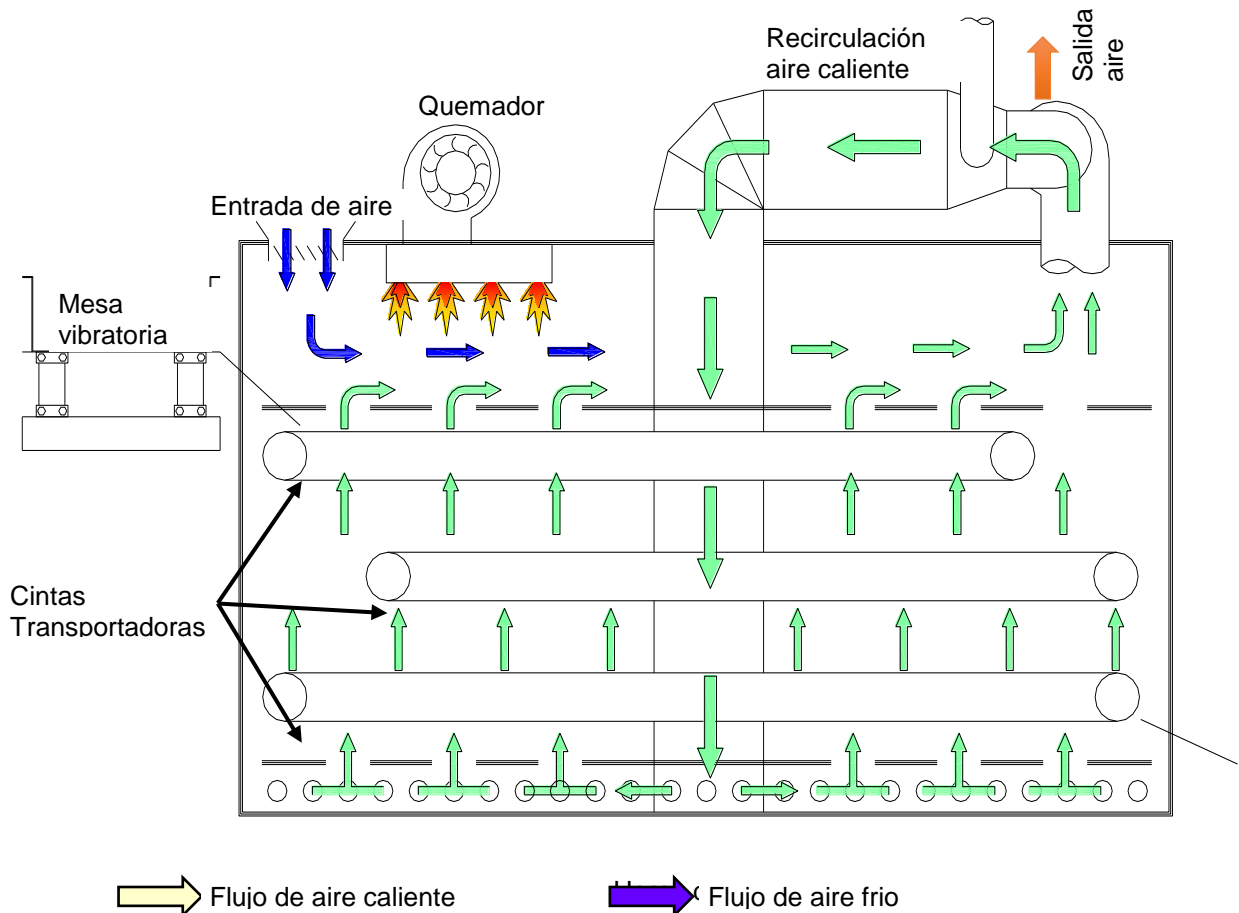
- Profundidad de la cama de producto. Para garantizar una cama uniforme de producto se utiliza una mesa vibratoria que distribuya uniformemente el ingreso del producto a las cintas transportadoras del horno, otro factor que incide en la cama uniforme del producto es la velocidad de las cintas.

Figura 7. Perfiles de cama de producto.



- Temperatura interna. La temperatura es dada por la potencia calorífica del quemador.
- Tiempo de permanencia. Es suministrado por la velocidad de la cinta transportadora. Si la velocidad de la cinta es baja el producto estará más tiempo en el horno y mayor tiempo de secado, los valores de estancia se detallan durante el contexto operacional.
- Flujo de aire. El horno está diseñado para que el flujo de aire sea lo más uniforme posible, que posea la velocidad que optimiza el secado y además, minimice la posibilidad de transportar pequeños restos de producto. Cualquier alteración que reduzca el flujo de aire provocará una reducción en la capacidad de secado.

Figura 8. Flujo de aire dentro del horno de extruido.



4.2 CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ*

Existe una gran variedad de maíz que se puede clasificar por sus características físicas como color del grano, textura, composición y apariencia. El maíz dependiendo del color se puede clasificar en tres tipos:

Figura 9. Tipos de maíz según su color.



Una clasificación común de las diferentes variedades de maíz es la siguiente:

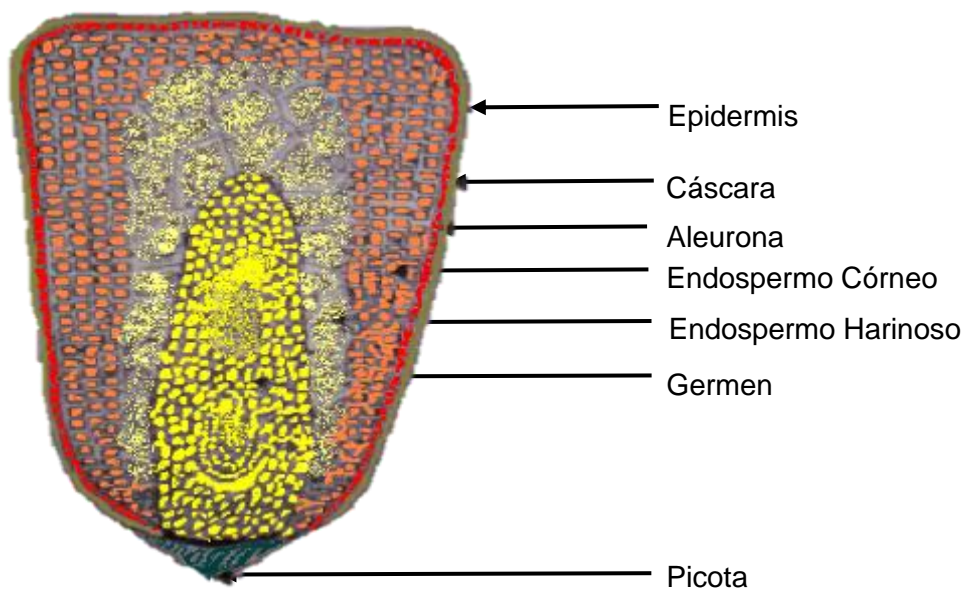
- Dent (dentado) Este es el maíz de mayor importancia comercial. Ocupa casi el 73% de la producción global. Se utiliza para alimento humano, para ganado y fabricación de productos industriales como almidón, aceite, alcohol, jarabes de maíz, etc.
- Flint (duro). Este grano es cultivado en lugares en donde se requiere tolerancia al frío o donde las condiciones de germinación y almacenamiento son escasas. Ocupa aproximadamente el 14% de la producción.
- Harinoso (blando) Es una de las variedades favoritas para el consumo humano. Consiste de granos suaves que son fácilmente molidos y/o cocinados para preparar alimentos como tortillas, atole, etc. Ocupa aproximadamente el 12% de la producción global.

*Acuerdo confidencial, derechos reservados

- Palomero (reventador), consiste de un grano esférico y pequeño con un núcleo harinoso (suave) y una cubierta cristalina (dura). La humedad atrapada en la parte harinosa se expande cuando se aplica calentamiento y estalla a través de la cubierta dura, creando las palomitas de maíz. Ocupan menos del 1% de la producción mundial

La variedad de maíz usado para el proceso de extrusión es el tipo dent amarillo.

Figura 10. Estructura del grano de maíz.



4.3 ETAPAS PREPARACIÓN DEL GRITS*

Para realizar el proceso de extrusión es necesario que el grano de maíz pase por diferentes etapas para llegar a su presentación como grit de maíz:

4.3.1 Recepción. En esta etapa se verifica las características de calidad del grano; se evalúa el porcentaje de humedad, el rango adecuado de humedad del grano entero debe estar entre 13% a 15% del volumen.

*Acuerdo confidencial, derechos reservados

4.3.2 Pre limpia. El objetivo de esta etapa es debemos asegurar la limpieza del grano antes de su almacenamiento y posterior transformación, ya que una vez que entra a proceso la eficiencia de los equipos se ve afectada por estos factores, algunos ejemplos son:

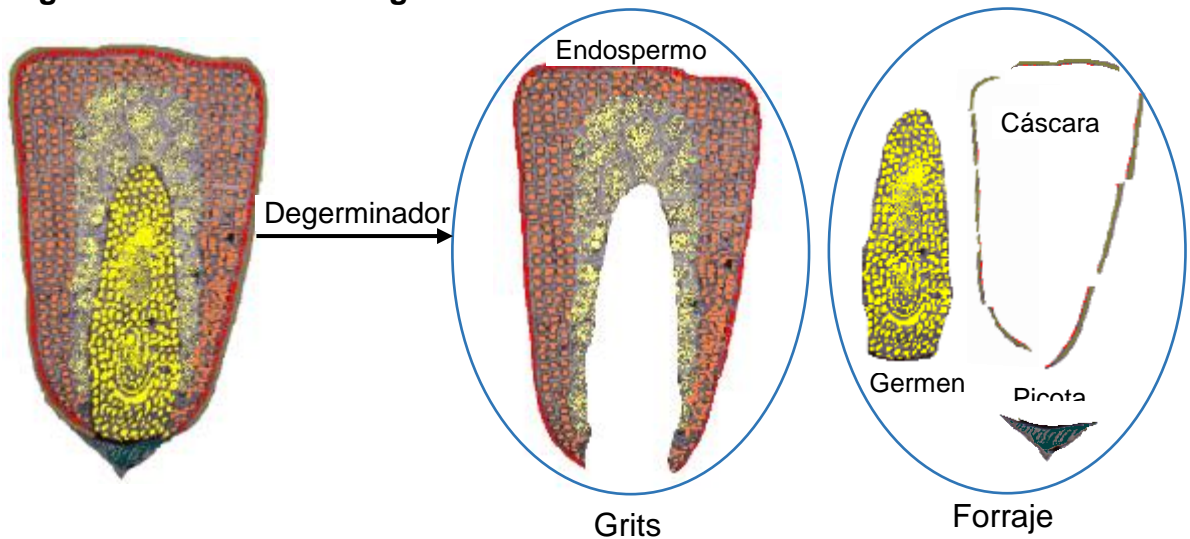
- Infestación por insectos durante el almacenamiento.
- Absorción de agua durante el procesado por tierra.
- Saturación de equipos de transporte y ductos por aglomeración con tierra.
- Bloqueo de mallas o tamices.
- Afectación del terminado de los grits y sémolas.

4.3.3 Almacenamiento. El grano aceptado y seleccionado, al cual se le realizó en el proceso de pre limpia, debe ser almacenado en depósitos limpios, secos y frescos (de preferencia con ventilación a condiciones controladas de humedad y temperatura). En el caso de que el grano deba estar almacenado por más de 15 días, es indispensable dar seguimiento a las características de humedad y temperatura para evitar daños al grano por almacenamiento, como puede ser germinación, fermentación o infestación por insectos.

4.3.4 Acondicionado. El acondicionado es la humectación del grano (pasar de 13% - 15% a 16% - 18%), cuyo objetivo principal es ablandar la cáscara y el germen, para que al entrar el grano al equipo (degerminador) estos sean retirados del endospermo de manera que el porcentaje de grasa en los productos sea mínimo, con el objetivo de facilitar la separación de las partes más ricas en grasa del endospermo obteniendo de esta manera productos con porcentajes de grasa menores a 1,0%. Dependiendo de las características del grano, el acondicionado podrá ser con agua a temperatura ambiente o agua más vapor.

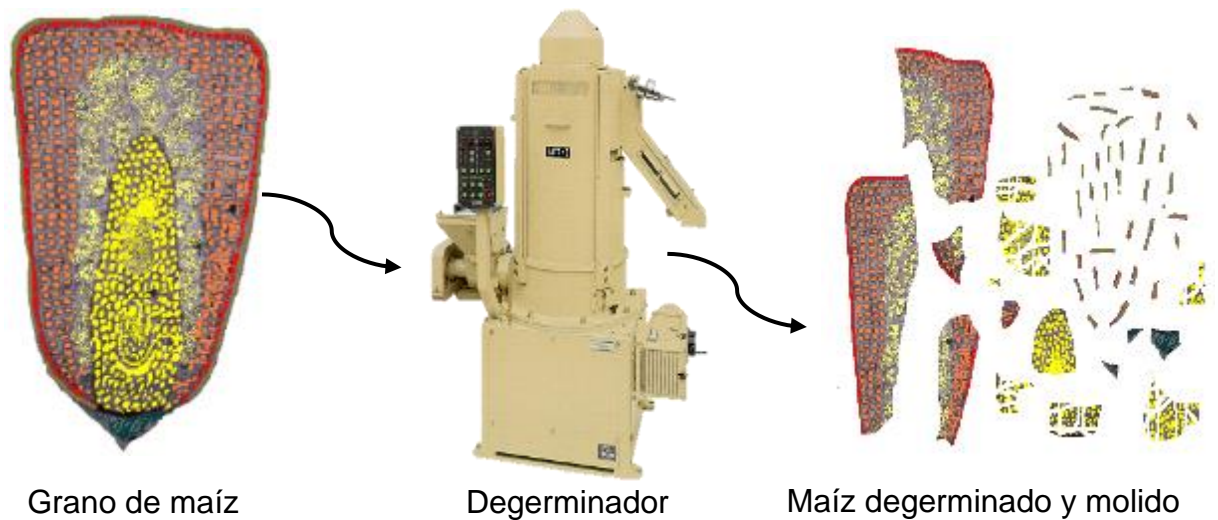
4.3.5 Degerminado o molienda. El degerminado es la separación del germen, picota y cáscara del endospermo.

Figura 11. Proceso de degerminado.



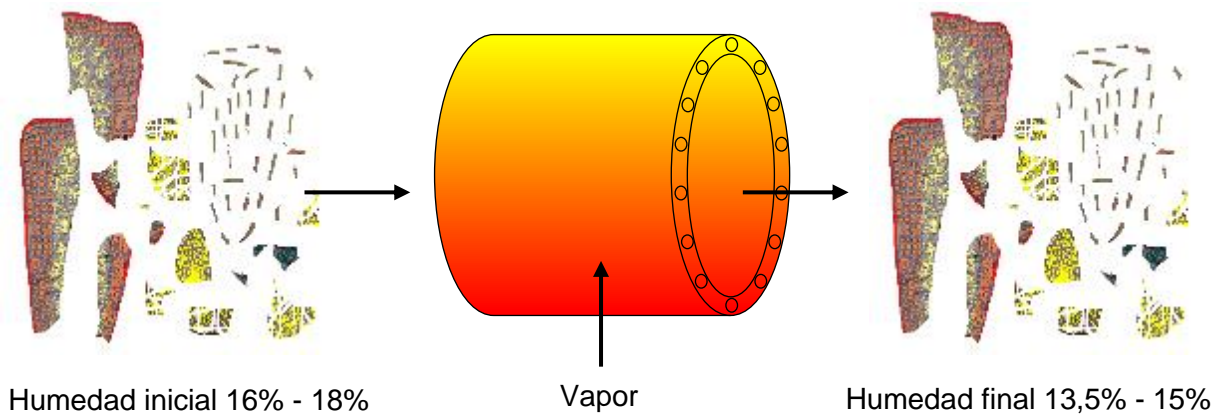
Durante el degerminado, los productos son entregados como mezcla de productos molidos.

Figura 11.1. Etapa de degerminado.



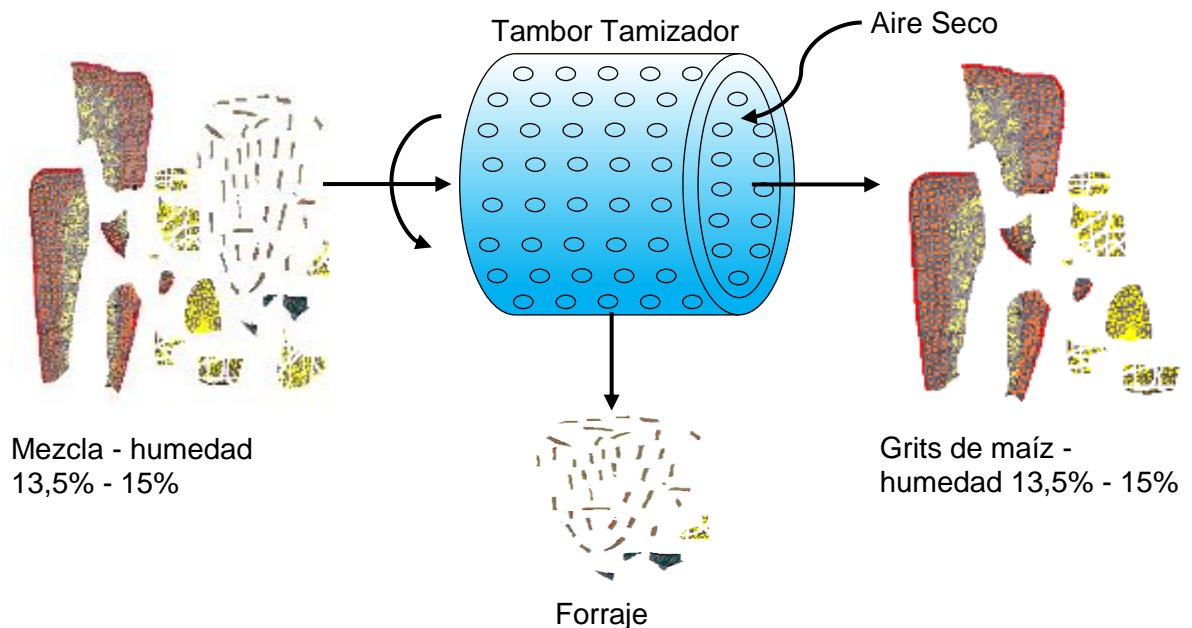
4.3.6 Secado. El objetivo del de secado es bajar la humedad de 16% - 18% a 13.5 - 15% del volumen, este proceso se realiza con vapor.

Figura 11.2. Proceso de secado.



4.3.7 Enfriado. Este proceso se realiza con inyección de aire seco a temperatura ambiente para mantener la misma humedad en un tambor tamizador, este a su vez separa el grits del forraje.

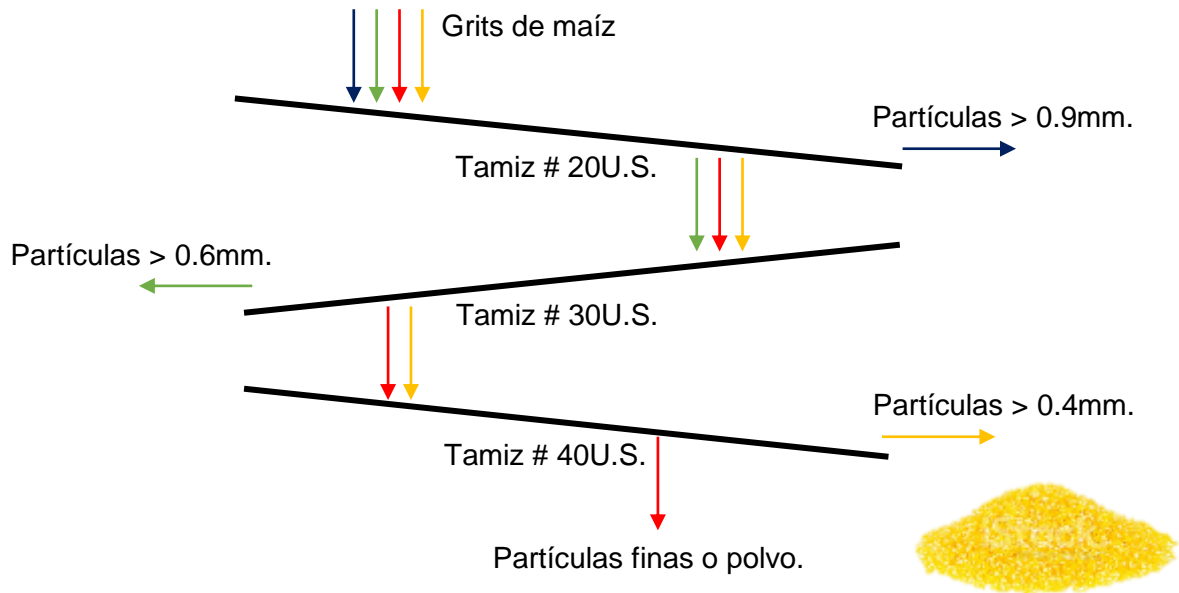
Figura 11.3. Proceso de enfriado.



4.3.8 Cernido. Es la separación o clasificación de partículas de diferentes tamaños mediante el paso de las mismas a través de tamices, para ello se

aprovecha la gravedad para realizar esta separación. El tamaño adecuado del grits para el proceso de extrusión esta entre 0.9mm y 0.4mm

Figura 11.4. Proceso de separación o cernido.



4.4 MARCO CONCEPTUAL

4.4.1. Concepto de mantenimiento y confiabilidad. Para comprender el concepto de RCM (Reliability Centered Maintenance – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) es necesario entender qué es mantenimiento y cuál es su objetivo.

Desde el momento que una compañía concibe la adquisición de un activo para que este cumpla una función definida se debe contemplar que el activo asociado a su uso presentará un deterioro natural, ahora bien si parte de su función el activo presenta algún tipo de movimiento (lineal o rotativo) se comprende que sus componentes expuestos a este movimiento presentarán desgaste o pérdida de material debido a la fricción presente entre ellos. Partiendo de esta premisa John Moubray define mantenimiento como: *asegurar que los activos físicos continúen*

*haciendo lo que sus usuarios quieren que haga*⁵, Alberto Mora Gutiérrez lo define como: *La principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen funcionamiento de las máquinas a través del tiempo*,⁶ y Ricky Smith R - Keith Mobley indican que: *“el objetivo final del mantenimiento es proporcionar una confiabilidad óptima que cumpla con las necesidades comerciales de la compañía.”*⁷

En este último enunciado se incorpora el término “confiabilidad” donde se define confiabilidad como la *“probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña durante un periodo de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno”*.⁸

Bajo estos conceptos la confiabilidad siempre está asociada con el suceso de fallas y su medida está dada por la frecuencia en que ocurren éstas, entre menos fallas sucedan podemos decir que los activos son más confiables. Mas sin embargo en el campo siempre existirán factores que conllevan a que ocurra una falla y la función de mantenimiento es llevar el indicador de confiabilidad lo más cercano al 100% mitigando la ocurrencia de las fallas analizando las posibles causas que lo origina y planteando acciones para evitar que vuelvan a suceder.

4.4.2. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). El RCM es una metodología de mantenimiento que permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento costo efectivas adecuadas para los activos físicos de planta; es una “Filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes

⁵ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008. 129 p

⁶ Alberto Mora Gutiérrez, Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. 2009. 03 p

⁷ Smith R - Keith Mobley, Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers

⁸ Smith R - Keith Mobley, Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers

a dicho sistema, teniendo en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallos de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones ”.⁹

Esta metodología se fundamenta en:¹⁰

- Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y función bajo el contexto operacional de estos.
- Identificación de los componentes críticos.
- Aplicación de técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos, mediante revisión y análisis permanente.

Algunos de los objetivos del RCM son los siguientes:

- Eliminar las averías de las máquinas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- Minimizar el costo de mano de obra en reparaciones, con base en el compromiso por parte de los responsables de mantenimiento, en la eliminación de fallas de máquinas.
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.
- Permitir a los departamentos de producción y mantenimiento una acción conjunta y sincronizada al momento de programar.

4.4.2.1. Breve historia de RCM¹¹. Esta metodología fue desarrollada para la industria aeronáutica en la década de 1960. A fines de la década de 1950, el alto riesgo de accidentes aéreos y los altos costos en las actividades de mantenimiento llegaron a ser suficiente motivo como para justificar una especial investigación sobre la efectividad de esas actividades de mantenimiento que se poseían. En consecuencia, en 1960, se formó un grupo compuesto por representantes tanto de

⁹ ASME Setting the standard, <http://www.confiableidadoperacional.com>

¹⁰ Alberto Mora Gutiérrez, Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. 2009.

¹¹ What is Reliability Centered Maintenance? http://www.mainsaver.com/pdf/RCM_white_paper.pdf

las líneas aéreas como de la FAA¹² para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo. Este grupo de investigación condujo posteriormente al desarrollo de una serie de pautas que las aerolíneas y los fabricantes de aeronaves cuando definan las actividades programadas de mantenimiento. Fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978. Desde entonces, el RCM ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos en prácticamente todas las áreas de la actividad humana organizada, y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso definido por Nowlan y Heap ha servido de base para varios documentos de aplicación en los cuales el proceso RCM ha sido desarrollado y refinado en los años siguientes. Muchos de estos documentos conservan los elementos clave del proceso original. Sin embargo, el uso extendido del nombre “RCM” ha llevado al surgimiento de un gran número de procesos que difieren significativamente del original, pero sus proponentes también llaman “RCM”. Muchos de estos procesos fallan en alcanzar los objetivos de Nowlan y Heap, algunos de ellos son contraproducentes. Como resultado, ha existido una demanda internacional por una norma que establezca criterios que un proceso deba cumplir de modo de poder ser llamado “RCM”. La norma SAE-JA-1011 satisface esta necesidad, esta norma fue publicada en agosto de 1999. La norma SAE-JA-1012, es una guía para la norma del RCM, pero no intenta ser un manual ni una guía de procedimientos para realizar el RCM.

4.4.2.2 Proceso de RCM¹³. El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se analizará:

¹² Federal Aviation Administration

¹³ Moubray John, RCM II Reliability Centered Maintenance Second Edition UK

1. Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?

El RCM inicia definiendo el contexto operacional el cual consiste en la identificación de las condiciones operativas que el equipo cumplirá su función, estas condiciones están dadas por:

- El desempeño del equipo (estándares de operación)
- Estándares de calidad del producto.
- Los modos de fallas asociados a las condiciones de funcionamiento.
- Estándares medioambientales.
- Riesgos a la integridad de las personas.
- Tiempo de reparación y repuestos

Una vez realizado el contexto operacional el proceso RCM continúa definiendo las funciones del equipo.

Las funciones se clasifican en:

- Funciones primarias: Función que constituye la razón principal por la que su propietario o usuario adquirió un activo físico o sistema.
- Función Secundaria: Funciones que debe cumplir un activo físico o sistema además de sus funciones primarias, como aquellas que se necesitan para cumplir con requerimientos regulatorios y aquellas que se relacionan con temas de protección, control, contención, confort, apariencia, integridad estructural y eficiencia energética.
- Función Evidente: Es una función cuya falla será evidente por sí misma para los operarios en circunstancias normales de operación.

- Función oculta: Es una función cuya falla no será evidente por sí misma para los operarios en circunstancias normales de operación.

Seguido a la definición de funciones se identifican las fallas que tendrán incidencia en el equipo.

Una falla se define como: la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios desean que haga y se clasifican como:

- Falla Funcional: Estado en el cual el activo físico o sistema es incapaz de cumplir, a un nivel de funcionamiento que sea aceptable para su propietario o usuario, con una función específica.
- Falla Potencial: Condición identificable que indica que una falla funcional está en vías de ocurrir o en proceso de ocurrir.
- Falla Oculta: Modo de Falla que no será evidente por sí mismo para los operarios en circunstancias normales de operación.

Con los pasos anteriormente realizados se empieza a construir el AMEF junto con la criticidad de la falla, el cual lo describimos de la siguiente manera:

- AMEF (Análisis de modos y efectos de falla): Partiendo de las funciones y las fallas asociadas a las funciones se determinan los modos de falla, el modo de falla se define como *“cualquier evento que puede causar una falla funcional”*, en otros términos es el que provoca la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional.

La norma ISO 14224 tiene estandarizado algunos modos de fallas de equipos críticos, más sin embargo no quiere decir que el usuario pueda definir sus modos de falla.

El paso siguiente es evaluar el efecto de la falla que es una descripción de la consecuencia que puede tener esta tanto en el equipo analizado como en todos los equipos que están asociados a este.

- **Análisis de criticidad.** Posterior a la descripción de los efectos de la falla, continua la evaluación de riesgo (criticidad), la cual se cuantifica con la siguiente fórmula:¹⁴

$$\text{CRITICIDAD (Ce)} = (\text{Fp} + \text{Fc}) * \text{Ftmpr} + \text{Fsassq}$$

Tabla 1. Factor de producción (Fp)

FACTOR DE PRODUCCION (Fp)		
Categoría	Descripción	Valor (Fp)
BAJO	Parada de máquina	1
MEDIO	Parada de línea	5
ALTO	Parada de planta	7

Tabla 2. Factor de costos operativos (Fc)

FACTOR DE COSTOS OPERATIVOS (Fc)		
Categoría	Descripción	Valor (Fc)
BAJO	Costo operativo medio anual < USD1000	1
MEDIO	Costo operativo medio anual >= USD1000 Y <=USD5000	2
ALTO	Costo operativo medio anual > USD5000	3

El costo operativo se obtiene del historial de consumo de repuestos y el historial de órdenes de trabajo. Está compuesto por el consumo anual de materiales y las horas hombre de mantenimiento correctivo. En caso de no tener datos se estima en base al valor del equipo y de sus repuestos.

Tabla 3. Factor de tiempos de parada (Ftmpr)

FACTOR DE TIEMPOS DE PARADA (Ftmpr)		
Categoría	Descripción	Valor (Ftmpr)
BAJO	Tiempo medio para la reparación < 1hr	0,5
MEDIO	Tiempo medio para la reparación >= 1hr Y <= 2hr	1
ALTO	Tiempo medio para la reparación > 2hr	2

¹⁴ Estándar de análisis de criticidad desarrollados internamente por la compañía

El tiempo medio para la reparación (tmpr) se obtiene del historial de fallas. Si no se posee información se estima en base a complejidad técnica que posea el equipo.

Tabla 4. Factor de calidad, medio ambiente y seguridad (Fsass)

FACTOR DE CALIDAD, MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD (Fsassq)		
Categoría	Descripción	Valor (Fsass)
BAJO	La falla no genera ningún riesgo en la calidad del producto, seguridad o medio ambiente.	1
MEDIO	La falla genera defecto de calidad en el producto, riesgo para las personas cercanas al equipo y/o un riesgo de accidente medioambiental leve.	4
ALTO	La falla provoca un riesgo de contaminación en el producto, un riesgo de seguridad inminente para la integridad del personal y/o un riesgo de accidente medioambiental grave o está ligado a requerimientos legales.	7

La tabulación para evaluar el nivel de criticidad de la falla está dada como:

Tabla 5. Niveles de criticidad de falla.

Niveles de criticidad	
Criticidad Baja	Menor a 8 Puntos
Criticidad Media	Entre a 8 y 12 Puntos
Criticidad Alta	Mayor a 12 Puntos

La criticidad del equipo está dada por la falla con mayor nivel de criticidad. Una vez calculado el valor de la criticidad se continúa determinando las posibles causas que generan las fallas determinadas.

Cada valor de causa es cuantificado por el NPR (número de prioridad de riesgo) el cual está dado por tres índices que son: Severidad, ocurrencia y detección.

- Índice de severidad: Es una estimación de la gravedad del impacto en caso que llegue a ocurrir una falla por la causa asociada.

Tabla 6. Índice de severidad (Is).

Índice de severidad (Is)		
Criterio	Puntuación	Downtime
Severidad mínima - Una falla no tiene ningún efecto visible al desempeño del equipo el cual no genera ningún tiempo muerto. Operadores, mecánicos y electricistas no notarán la falla.	1	0%
Severidad baja - Una falla mínima que causa un leve tiempo muerto, en la mayoría de los casos la puede intervenir el operario o puede requerir el apoyo de un técnico	2	<0,5%
	3	0,5% - 1%
Severidad moderada - Una falla causará algún contratiempo con el sistema, lo que generará un deterioro en el desempeño del sistema y un tiempo muerto considerable	4	1% - 1,3%
	5	1,3% - 1,6%
	6	1,6% - 2%
Severidad alta - La falla produce una gran afectación al desempeño del sistema, pone en riesgo el cumplimiento del programa producción	7	2% - 2,5%
	8	>2,5%
Severidad muy alta - La falla afecta la seguridad y requisitos asociados a la calidad del producto	9	Indiferente
Catastrófica - La falla puede causar serios daños a la propiedad y a las personas	10	Indiferente

- Índice de ocurrencia: Es una estimativa de las probabilidades de ocurrencia de la falla relacionada con la causa asociada.

Tabla 7. Índice de ocurrencia (Io)

Índice de Ocurrencia (Io)		
Criterio	Puntuación	Semanas
Remota probabilidad de ocurrencia. No sería razonable esperar que una falla ocurra	1	0
Baja probabilidad de ocurrencia. Se asocia a conjuntos que se encuentran sin intervención durante algún tiempo	2	1:52
	3	1:38
Moderada probabilidad de ocurrencia. Se asocia a componentes que muestran fallas ocasionales mas no en grandes proporciones	4	1:26
	5	1:12
	6	1:8
Alta probabilidad de ocurrencia. Se asocia a equipos o componentes que frecuentemente presentan problemas	7	1:4
	8	1:2
Muy alta probabilidad de ocurrencia. Existe certeza que acontecerá una falla	9	1:1
	10	<1

- Índice de detección: Es una estimativa de las probabilidades de detección de la falla, antes de generar impacto si llegara a ocurrir.

Tabla 8. Índice de detección (Id)

Índice de detección (Id)		
Criterio	Puntuación	Detección
Ciertamente será detectado	1 2	Muy grande
Existe una gran probabilidad de ser detectado	3 4	Grande
Probablemente será detectado	5 6	Moderada
Probablemente No será detectado	7 8	pequeña

El número de prioridad de riesgo es calculado multiplicando los 3 índices:

$$RPN = (Is \times Io \times Id)$$

Tabla 9. Clasificación número de prioridad de riesgo (RPN)

RPN	Criterio
RPN > 85	ALTO
60 > RPN < 85	MEDIO
RPN < 60	BAJO

Dependiendo del tipo de criterio del NPR (número de prioridad de riesgo) se definen las tareas del mantenimiento planeado.

4.5 TAXONOMÍA DE EQUIPOS.

El sistema de gestión asistido por computadora CMMS (Computerized Maintenance Management System) utilizado en la compañía es el SAP, módulo PM.

En la actualidad la taxonomía utilizada para la estructura de equipos presenta una oportunidad debido que no se utilizó ninguna normativa en el momento de la creación de esta, como se evidencia en la figura 12, después del sistema se asocian todos los repuestos sin identificar a qué sub equipo e ítem mantenible corresponden.

Comparando la taxonomía actual con la recomendada en la norma ISO 14224 podemos observar que de los 9 niveles recomendados solo se cumplen del primero al sexto nivel, saltándose el séptimo y octavo hasta llegar al noveno, esto significa no se delimitaron los sub equipos y que se cargaron todos los repuestos al equipo de primer nivel sin asociarlos al ítem mantenible.

Figura 12. Taxonomía actual línea de extruidos en SAP

Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura

Ubic.téc. PI-CO-8700 Válido de 05.06.2018

Denominación PLANTA FUNZA - ZONA FRANCA ← Nivel 3 – Instalación

PI-CO-8700-PR-06		LINEA EXTRUIDO			
PI-CO-8700-PR-06-EM		EMPAQUE LINEA EXTRUIDO			
PI-CO-8700-PR-06-PR		PROCESO LINEA EXTRUIDO			
10152547	HORNO AEROGLADE>EXTRUIDO				
10155756	SISTEMA DE EXTRUSION 01				
800165446	096-5256-01 PANEL TACTIL ANALOGO ISHIDA	L		1	UN
800165530	106-2688-07 CINTA DE AMBAS CARAS ISHIDA	L		1	UN
800165697	153051 RACOR INSTANTANEO CODO QSL 1/4 10	L		1	UN
800165950	K22230 SEALING RING 140 x 170 x 15	L		1	UN
800165988	E23202 SCHEMERSAL BPS 250 SCHAAF	L		1	UN
800166912	BOMBILLOS PHILLIPS DE 23W AHORRADORES	L		1	UN
800167063	CALIBRADOR AGUJEROS 1.5MM-3MM EGA MASTER	L		1	UN
800167064	CALIBRADOR AGUJEROS 3MM-4.5MM EGA MASTER	L		1	UN
800167065	CALIBRADOR AGUJEROS 4.5MM-6MM EGA MASTER	L		1	UN
800167338	CORREA A54	L			
800167339	BR 16-4L290	L			
800167483	IF/MEZCLADOR	L			
800167590	D22008 SISTEMA DINA HUMIDIFICADO SCHAAF	L		1	UN
800167676	PERFORAC	L		1	UN
800167590	D22004 TORNILLO HUMIDIFICADOR SCHAAF	L		1	UN
800167676	2" X 1/8 X 7/8	L		1	UN
800167676		L		0.005	L
800167824	CORREA A39	L		1	UN
800168098	CEPILLO GRATA LIMPIE EXTRUDER MOTOR TOOL	L		1	UN
800168120	C15006 SLEEVE 92.5X150MM ESTANDA SCHAAFT	L		1	UN
800168121	C15008 CENTER RING SLEEVETYP 92.5 SCHAAF	L		1	UN

Nivel 6 – Unidad de equipo

Nivel 5 – Sección / Sistema

Nivel 4 – Planta / Unidad

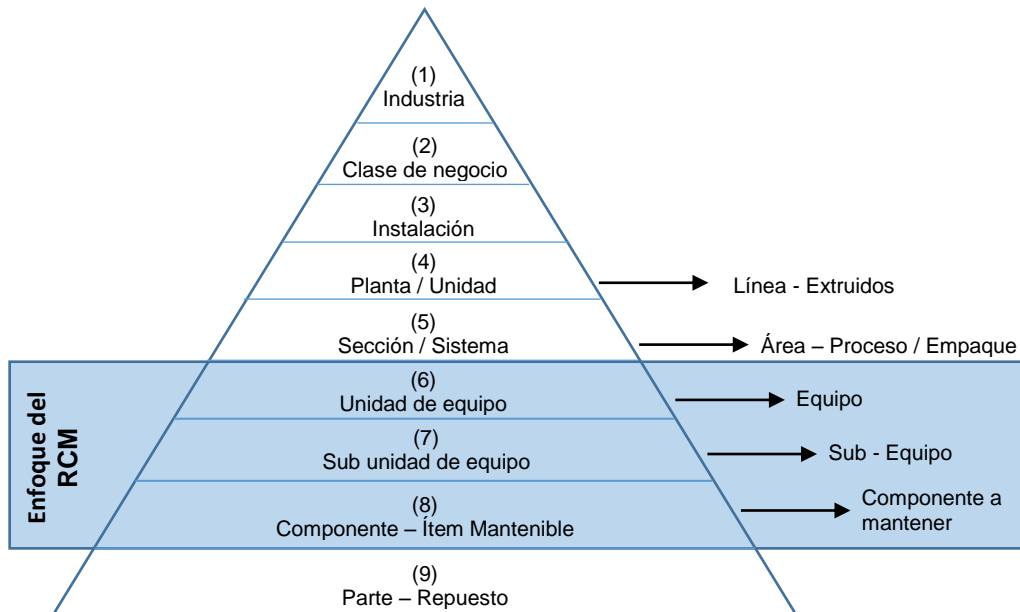
Nivel 9 – Parte / Repuesto

Por este motivo en el desarrollo de este RCM nos apoyamos en la norma ISO 14224 para definir la taxonomía recomendada, donde nos enfocaremos desde el nivel 6 en adelante para organizar la información en el sistema. Actualmente el sistema se encuentra desglosado hasta el nivel 5 basado en esta norma.

El nivel 7 y 8 será el foco de desarrollo del AMEF para definir los modos de falla, el nivel 9 hacer referencia al repuesto que compone los ítems mantenibles, para este estudio haremos referencia a catálogos e información técnica registrada en el historial de SAP para alimentar la base de datos de los repuestos que disponemos,

se debe aclarar que si no se dispone de la información en el momento, dejaremos el espacio hasta que se identifique por intervención o comentarios del fabricante.

Figura 13. Área de trabajo del RCM línea extruidos (Norma ISO 14224)



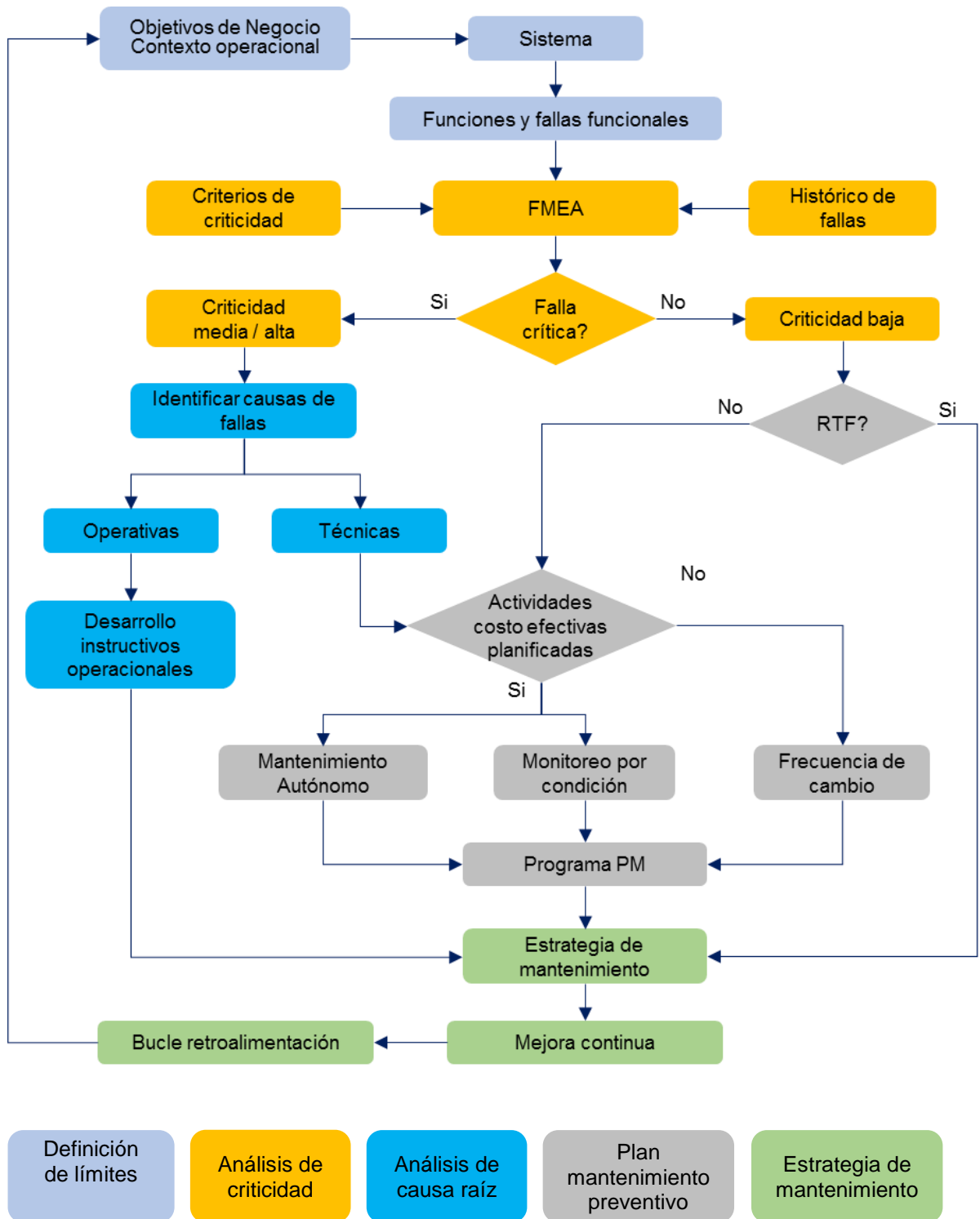
4.6 DIAGRAMA DE DECISIÓN (FLUJOGRAMA DE MANTENIMIENTO)

Soportados con una asesoría previa en el desarrollo de RCM con la empresa SKF, la compañía desarrollo su propio diagrama de desiciones para definir la estrategia de mantenimiento y el desarrollo de actividades costo efectivas para su planificación.

En resumen, partiendo de la definición de los límites de trabajo, si unicia evaluando la criticidad de la falla para determinar la criticidad de los equipos, una vez identificadas las fallas se determinan si las causas son de origen técnico u operativo, para ello nos apoyamos en el desarrollo de RCA (análisis de causa raíz) de los cuales se dispone una base de datos, si la falla es de origen técnico empezamos a definir tareas de mantenimiento que sean aplicables al equipo en una matriz de mantenimiento planeado la cual alimentaría la estrategia vigente, como parte de de

esta estrategia siempre se buscará la mejor forma de realizar las actividades planificadas para ello nos apoyamos en formatos de mejora continua donde plasmamos instructivos y metodologías para optimizar el plan de mantenimiento actual.

Figura 14. Diagrama de decisión de mantenimiento



Definición de límites

- Definición de equipos de planta.
- Definición de jerarquía (sistemas e ítem mantenible).
- Funciones del sistema.

Análisis de criticidad

- Definición de falla funcional.
- Definición de modos de falla basado en registros y fallas típicas (AMEF).
- Cálculo de NPR según tabla de severidad, ocurrencia y detención.
- Funciones del sistema.
- RTF (Run to failure) Equipos a falla

Análisis de causa raíz

- Ciclo para prevenir la recurrencia de fallas.
- Proceso PDCA para solución de problemas.
- Diagrama Ishikawa, 5 por qué?, lluvia de ideas, etc.
- Cumplimiento de acciones recomendadas (contramedidas).

Plan mantenimiento preventivo

- Matrices de mantenimiento planeado (plan mtto anual).
- Generación de órdenes de trabajo en SAP.
- Actividades costo – efectivas (inspecciones con equipos en operación, intervenciones con paro <1hr, costo de ejecución < USD 100).
- Tareas de mantenimiento (autónomo, monitoreo por condición, frecuencia de cambio).
- Prekitting de repuestos previa a los paros programados,

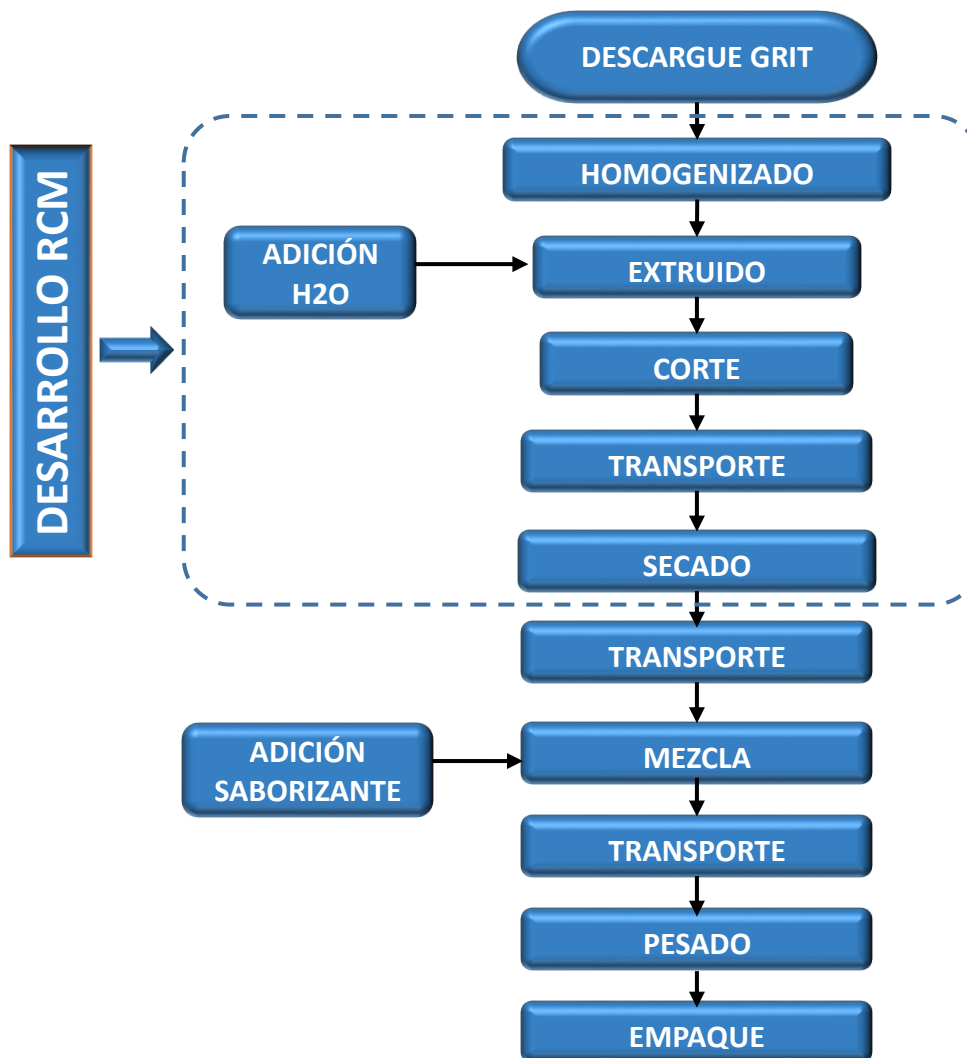
Estrategia de mantenimiento

- Misión – Visión del área de mtto.
- Establecer entradas → proceso → salidas del área de mtto.
- Estructura de mantenimiento (definición de roles y funciones de cargo).
- Definición de objetivos básicos a través del tiempo.
 1. Tiempo muerto no planeado.
 2. Disponibilidad técnica.
 3. Cumplimiento de mtto planeado.
 4. Presupuesto de mantenimiento.
- Estrategia de confiabilidad (desarrollo de RCM).
- Criticidad de componentes (inventario).

5. CONTEXTO OPERACIONAL.

Se describe el proceso de extrusión de grit de maíz por medio de un diagrama de bloques con el objetivo de desarrollar en cada sección su contexto operacional, sus funciones e identificar el alcance del estudio RCM a realizar en esta línea de producción el cual solo estará enfocado a la etapa de proceso debido a la criticidad y cantidad de fallas identificadas. Cada una de estas secciones de encuentra en un capítulo separado en donde se estudia a cabalidad, conformando su contexto operacional.

Figura 15. Diagrama de bloques línea extruidos.



5.1 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE HOMOGENIZADO.

La sección de homogenizado es la segunda etapa del proceso de extrusión de grit de maíz después de la sección de descargue.

El objetivo general de la sección es realizar el transporte y mezcla de diferentes grit de maíz para que sus partículas sean de forma homogénea y evitar que ingresen al extrusor acumulaciones de granos que superen los 0.4mm de diámetro debido a la estática y humedad adquirida por el ambiente.

La acción de homogenizar es realizada por un equipo denominado como homogenizador, el cual se encuentra localizado en una zona cubierta. La alimentación al homogenizador es realizada por medio de un tornillo espiral conectado al mezclador. La capacidad de almacenamiento es de 300 kg, la alimentación es realizada a través de un motoreductor de 3 hp a 440V con una velocidad constante de 352 rpm y un torque de 1836 lb-f.

El proceso de mezclado es un proceso continuo el cual a medida que se alimenta el homogenizador se mezcla las variedades de grit de maíz mediante un sistema de aspas que giran a una velocidad constante de 132 rpm, el movimiento de las aspas es realizada por un motoreductor de 10hp a 440V.

El homogenizador dispone de un tanque con agua cuya función es de adicionar humedad cuando el grit de maíz viene con valores por debajo de la humedad requerida (13,5% - 15% del volumen total), en caso de que la humedad se encuentre por encima de estos valores, el grit es rechazado, previo a esto el área de calidad valida los valores de humedad antes de iniciar el proceso de extrusión.

Figura 16. Imagen general del homogenizador



Figura 17. Esquema de entrada y salidas sección homogenizado



Figura 18. Diagrama esquemático del homogenizador.

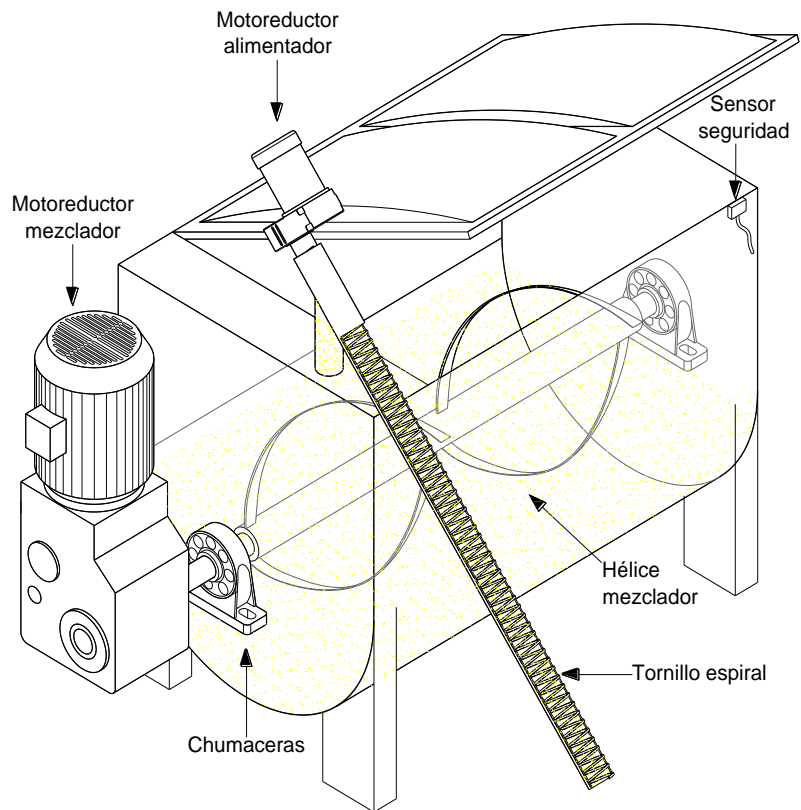
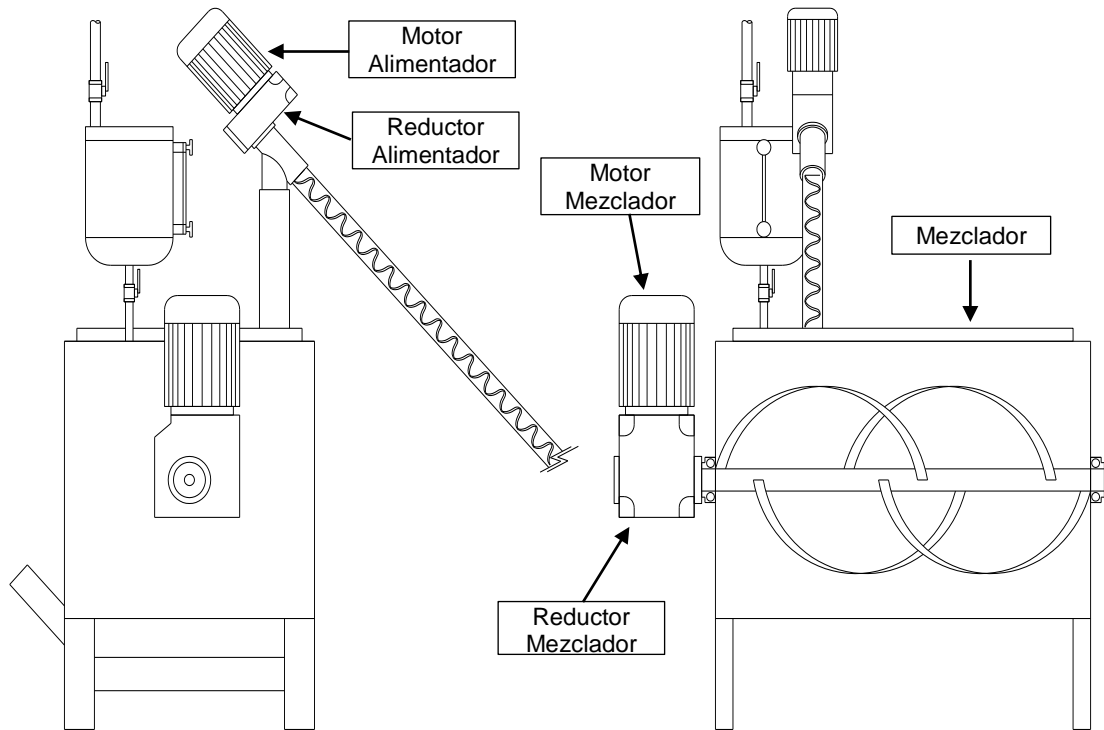


Tabla 10. Taxonomía sección homogenizado.

Sección	Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
				Descripción	Cantidad
Homogenización SAP: 100483795	Homogenizador SAP: 100183797 Fabricante: Hapman Marca: HAPMAN	Mezclador SAP: 1000XXX	Espiral Mezclador SAP: 100636221 Marca: HAPMAN	Soporte: UCP215 SAP: 800465122	2
				Rod: UC 215-300 SAP: 800465132	2
				Empaque: C13862 SAP: 800178223	2
				Cilindro Neumatico DNC- 40-125 PPV	1
				Sensor: EKKO3200 SAP 800431219	2
			Motor Mezclador SAP:100636222 Marca:SEW Eurodrive Potencia: 7.5kW Velocidad:1750 RPM Voltaje: 440V I Nominal (Amp): 13.2 Serie: KA37DRG132M4	Rod: 6308 ZZ C3 SAP: 800856698	1
				Rod: 6207 ZZ C3 SAP: 800745785	1
				Retenedor: DIN A40 - 52 - 7 SAP: 800147852	1
		Alimentador Mezclador SAP: 1000XXX	Reductor Mezclador SAP: 100636222 Marca: SEW Eurodrive Velocidad: 56RMP Relación: 31.39 - 1 Torque (N-m): 1280	Rod: 6018 Z SAP: 800458796	2
				Rod: 30307 SAP: 800913782	2
				Retenedor: 85-140-12/10 SAP: 800452300	2
				Motor Alimentador Tolva SAP:100636223 Marca: Baldor Potencia: 3 hp Velocidad (RPM): 1760 Voltaje: 440V I Nominal (Amp): 8 - 4 Frame: 182TC Serie: 36K201S719G1	Rod: 6206 ZZ C3 SAP: 800174000
				Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	1
				Hélice C12160 SAP: 800924786	1
			Reductor Alimentador Tolva SAP: 100636221 Marca: Hapman Velocidad: Relación: 5:1 Torque (lb-f): 1836	Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	2
				Rod: 6306 ZZ SAP: 800145249	2
Retenedor: 30-65-8 SAP: 800444176	1				

Continúa AMEF (análisis de modos y efecto de fallas), y criticidad de equipos sección homogenizado ver anexo A.y B

5.2 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE EXTRUIDO.

La sección de extruido es la tercera etapa del proceso de extrusión de grit de maíz después de la sección de homogenizado. El proceso de extrusión es realizado por un extrusor monotornillo con las siguientes características:

- Fabricante: Schaaf Technologie GmbH
- Modelo: Extruder Standard 9250A
- Número de serie: 22100/9250A.2015
- Capacidad nominal de producción: Mín 230kg/hr – Máx 480kg/hr.
- Voltaje alimentación: 440V – 60Hz
- Tecnología de automatización: Allen Bradley – Rockwell
- Material de trabajo: Grit de maíz.

Figura 19. Imagen general del extrusor



Figura 20. Diagrama esquemático del extrusor.

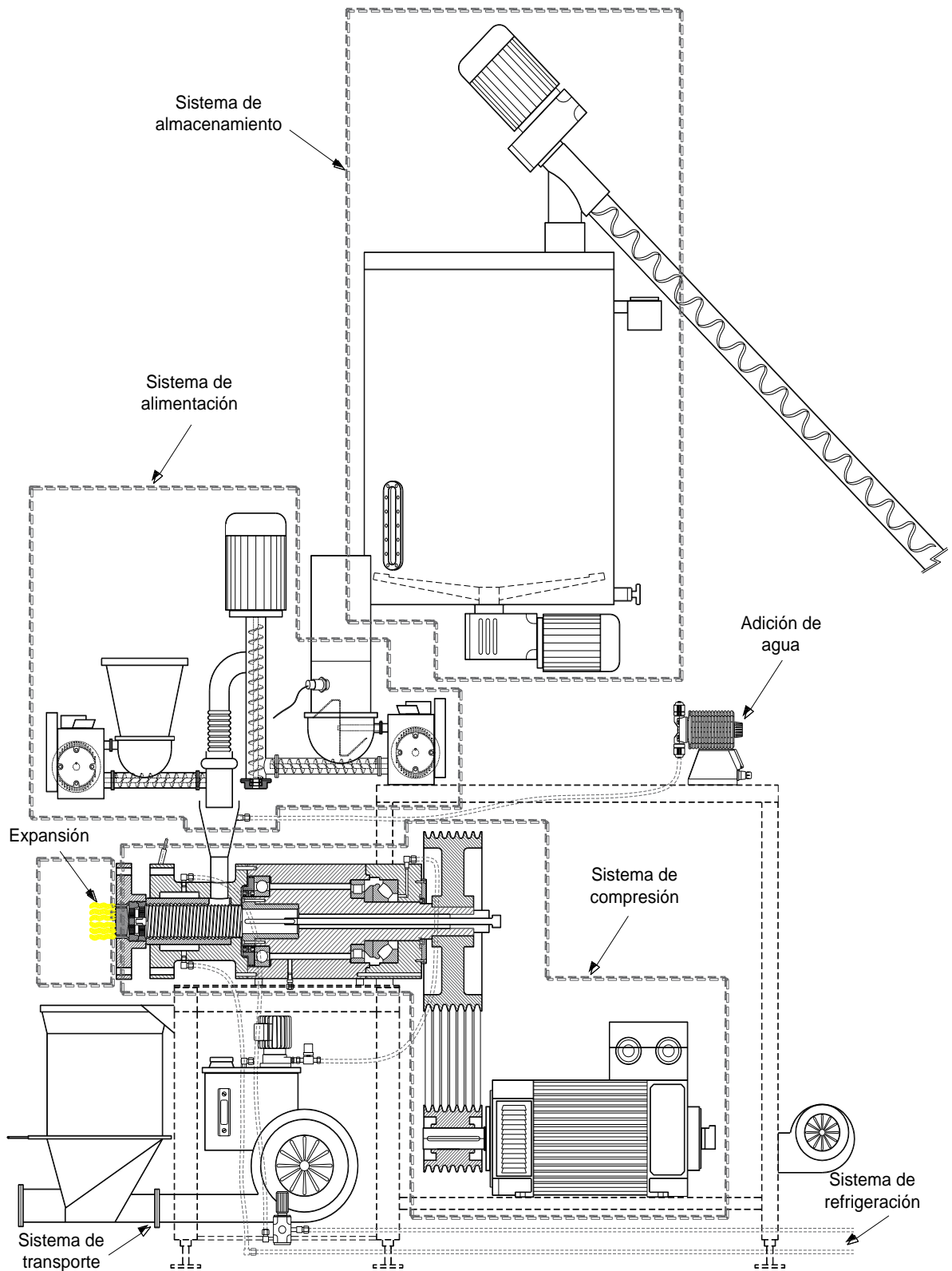
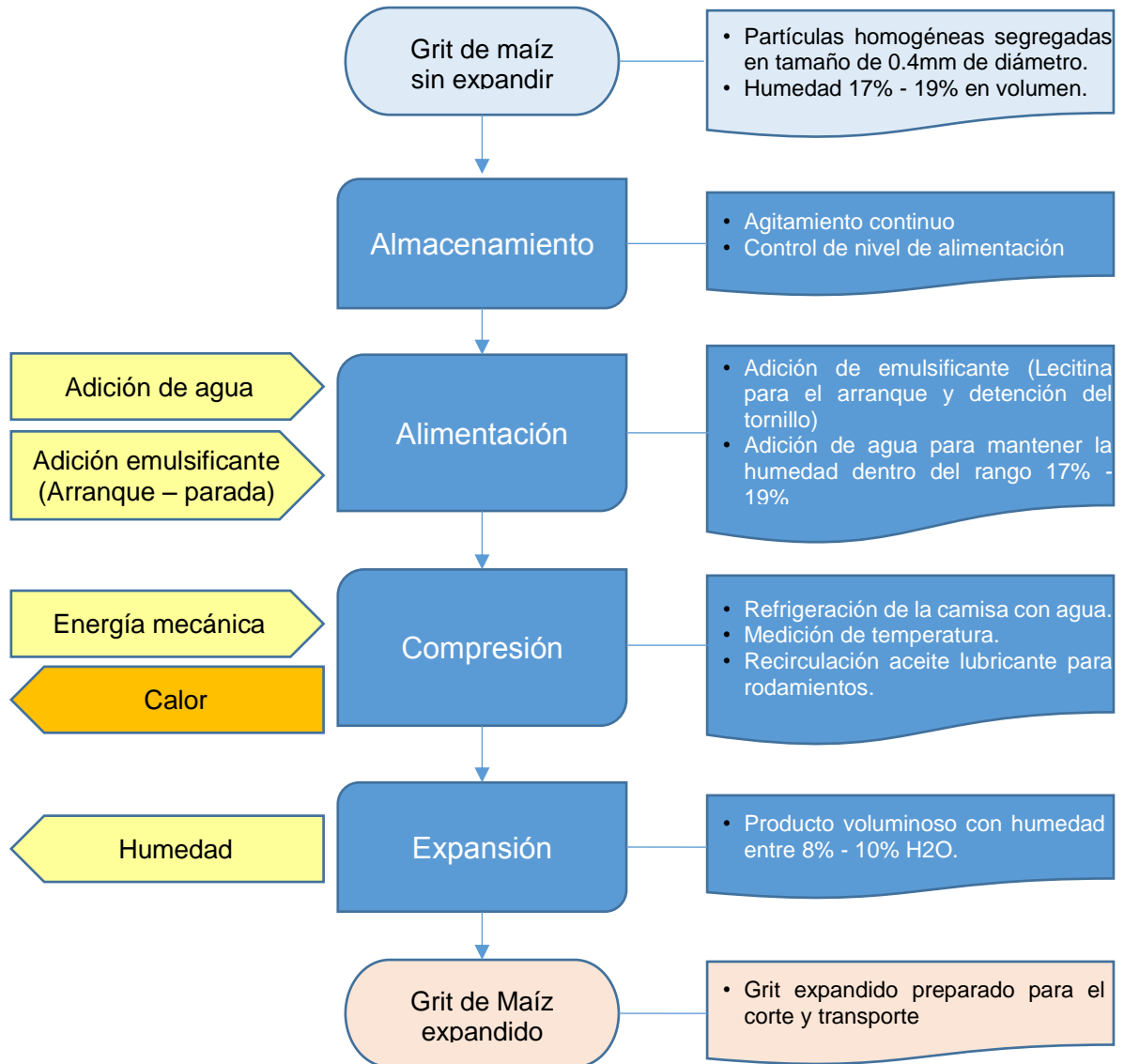


Figura 21. Esquema entrada y salidas proceso extrusión

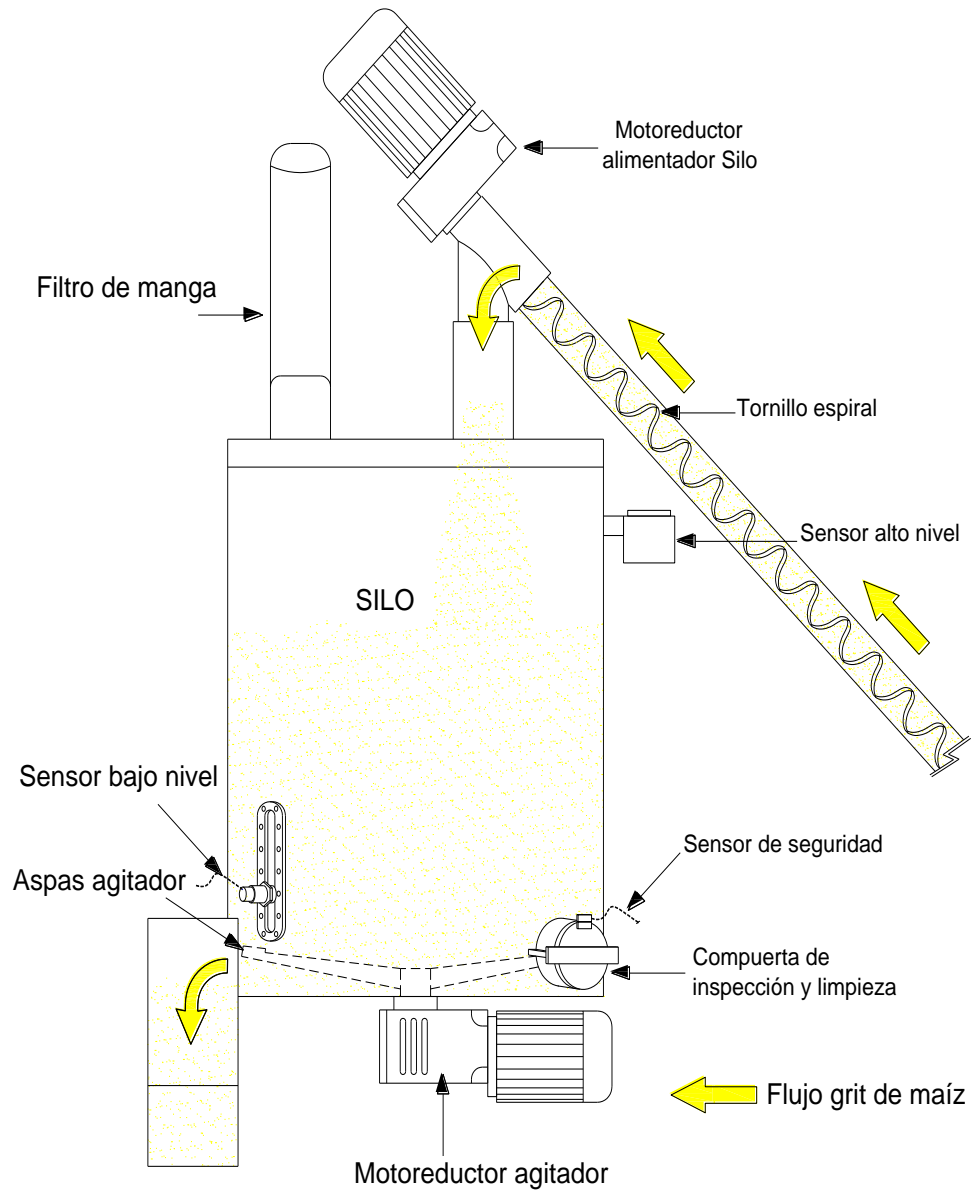


5.2.1 Contexto operacional sistema de almacenamiento.

El grit es transportado al extrusor por medio de un tornillo espiral acopado a un motoreductor de alimentación con una potencia de 3hp, 440V, 350rpm, un torque 1836 lb-f y un caudal de alimentación de 480 kg/hr donde se almacena en un silo de reserva con una capacidad de 150kg. El silo dispone de dos sensores de nivel para indicar bajo y alto nivel de almacenamiento el cual gobierna el motoreductor, a

su vez dispone un sistema de agitación que transporta el grit hacia el dosificador de trabajo a través de un motoreductor con una potencia de 0.75kW, 440V y una la velocidad de agitación de 14rpm.

Figura 22. Diagrama esquemático del silo extrusor.



5.2.2 Contexto operacional sistema de alimentación.

En el arranque del proceso de extrusión, se aplica al tornillo un emulsificante (lecitina de soya) durante 5 min que cumple con la función de limpiar el producto residual localizado entre el tornillo y la camisa, esto contribuye que en el momento de ingreso del grit fluya sin obstrucciones. La lecitina también cumple con la función de lubricar para evitar que el tornillo se adhiera a la camisa por la fricción entre estos dos componentes.

La aplicación de la lecitina se realiza por medio del dosificador de arranque durante 5 min, posterior a ello se aplica progresivamente el grit de maíz y se minimiza el suministro de lecitina hasta que finalmente es solo el grit que fluye dentro del tornillo.

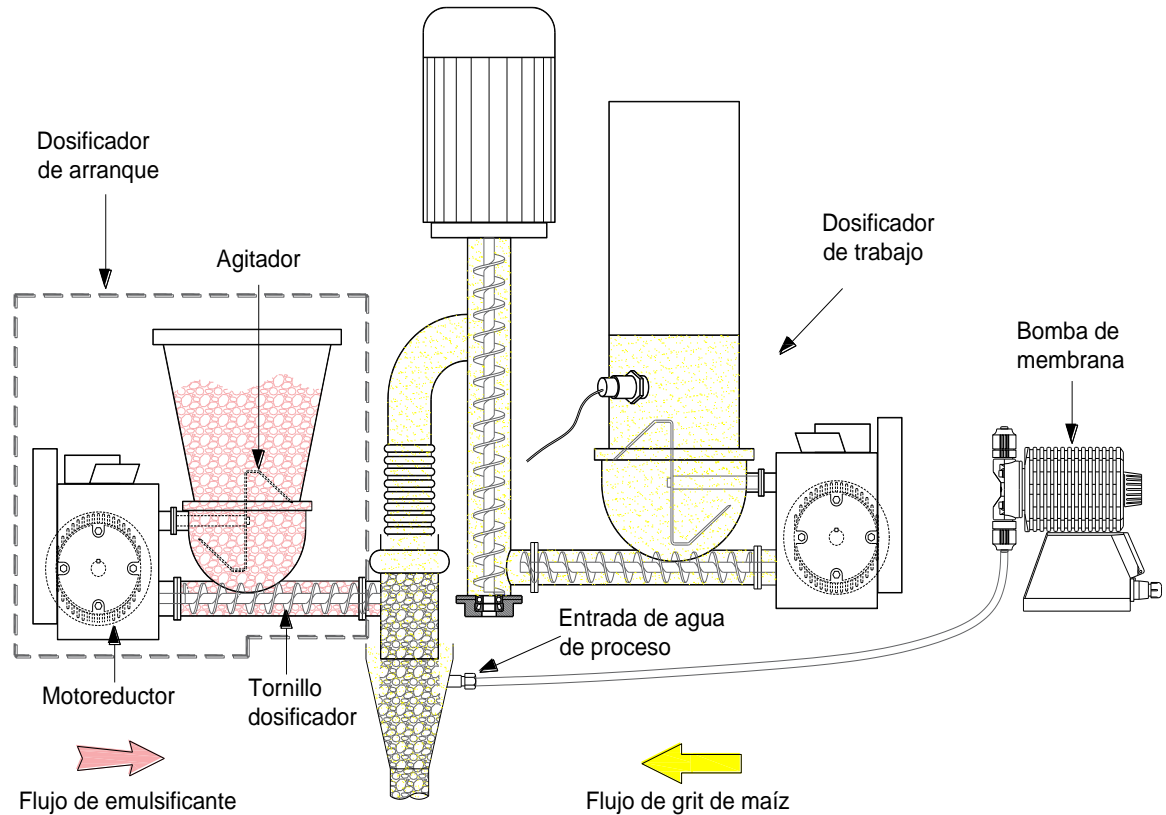
El dosificador de arranque lo compone:

- Un motoreductor de 3PH/220 – 440V/0.55kW, con relación de velocidad 4,69:1, acoplado a dos tornillos sin-fin y un agitador para evitar cúmulos en la charola.
- Una bomba de membrana dosificadora de agua con el objetivo ajustar la humedad del grit la cual varía dependiendo del origen. La bomba tiene una capacidad de 75 ml/min, 0.4MPa, 230V/0.8A/60Hz/48W.

Figura 23. Imagen dosificador de arranque y bomba alimentación de agua



Figura 24. Diagrama esquemático sistema de alimentación.



El dosificador de trabajo alimenta de forma continua junto con el dosificador vertical al tornillo extrusor, basado en el plan de producción y las referencias de productos a empacar el dosificador se programa dando un caudal mínimo de 230kg/hr y un caudal máximo de 480kg/hr, se encuentran compuesto por un motorreductor con una potencia de 0.75kW, una relación de velocidad 3,23:1, 440V, el eje de salida está acoplado a dos tornillos sin-fin. Antes de que el grit ingrese a los tornillos, cruza por un ducto transparente el cual dispone de un sensor para indicar el paso de producto, posterior a ello se deposita en una charola con un agitador para evitar que se formen grumos al ingreso de los tornillos, la velocidad de los tornillos se encuentra gobernado por un variador de frecuencia configurado con la automatización del extrusor.

Figura 25. Diagrama esquemático dosificador de trabajo.

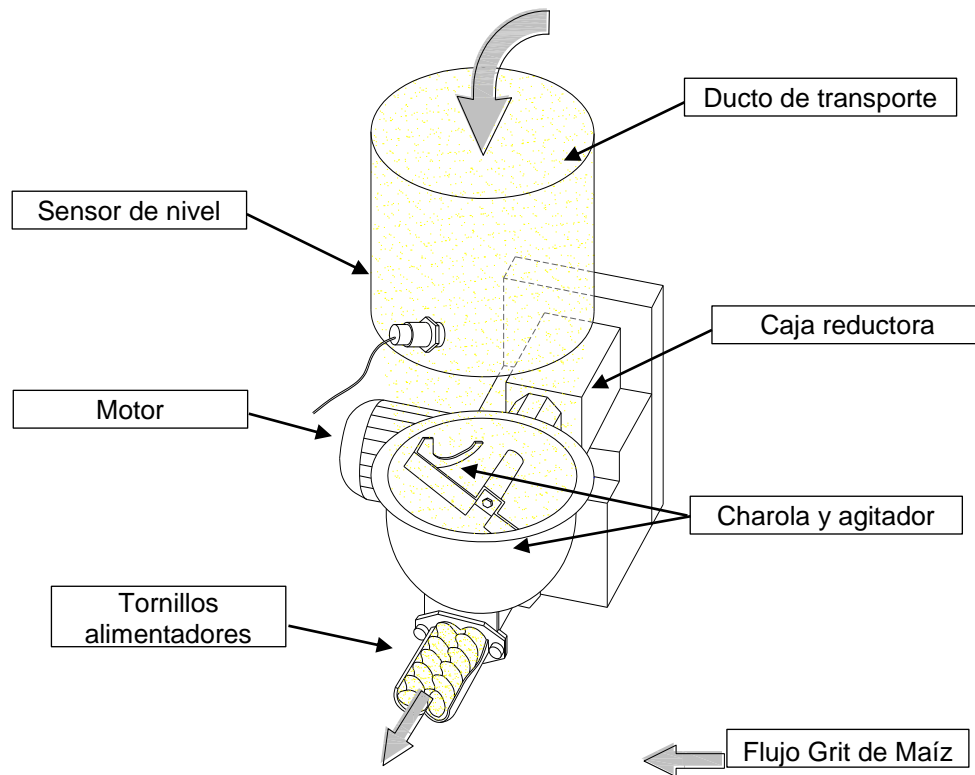


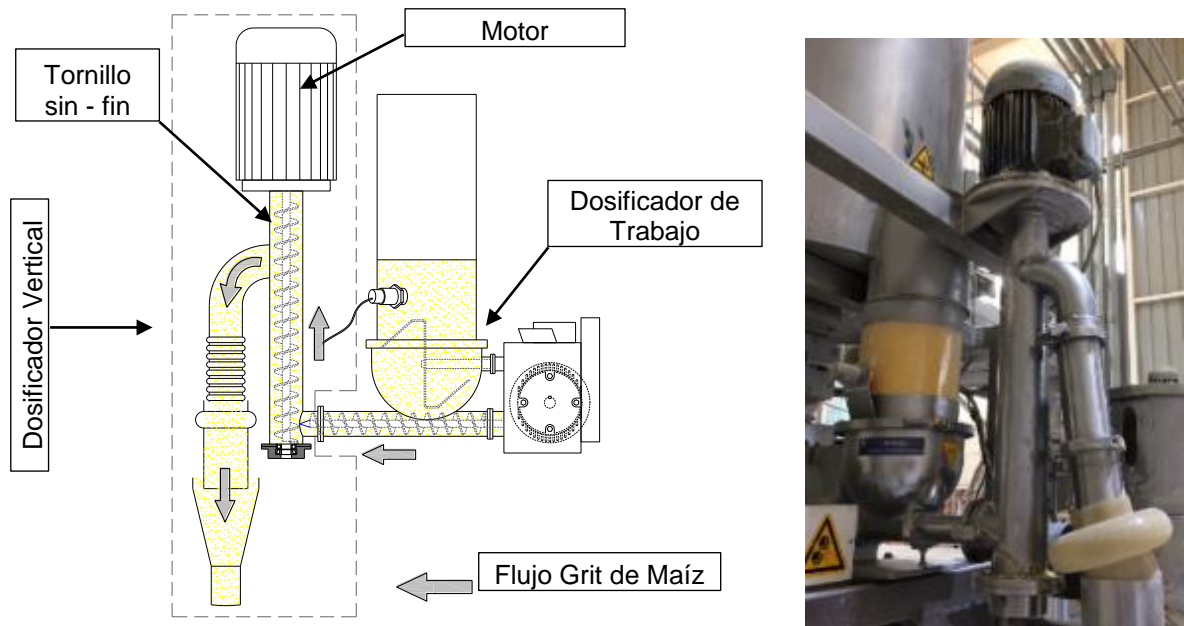
Figura 26. Imagen general del dosificador de trabajo.



El grit continúa su transporte hasta el tornillo extrusor por medio del dosificador vertical, su función es direccionar el producto para que este ingrese de forma vertical el tornillo extrusor, el equipo se encuentra compuesto por un motor de 3PH /230-

460/60Hz /3,2A /1,0kW /17560rpm, un ducto de acoplamiento y un tornillo sin fin que se encuentra acoplado directamente al motor. Este motor es gobernado por un variador configurado con la automatización del extrusor.

Figura 27. Diagrama esquemático e imagen del dosificador vertical.



5.2.3 Contexto operacional sistema de compresión.

Una vez el grit ingresa al tornillo extrusor inicia la fase de extrusión, el grit es sometido a alta presión generado por la fricción de las partículas entre el tornillo y el molde (platos de extrusión), este proceso libera energía en forma de calor que modifica la estructura interna del grit de maíz a un estado gelatinoso, el proceso posee un sistema de refrigeración para evitar que el producto se sobrecaliente y pierda las características de volumen y densidad, esta temperatura es controlada por medio de un sensor.

Tan pronto el grit es librado a presión atmosférica cambia de características físicas expandiéndose e incrementando el volumen, a su vez disminuye la dureza, la humedad tan pronto sale del extrusor se encuentra en el rango de 8% - 10% H₂O.

Figura 28. Diagrama esquemático sistema de compresión.

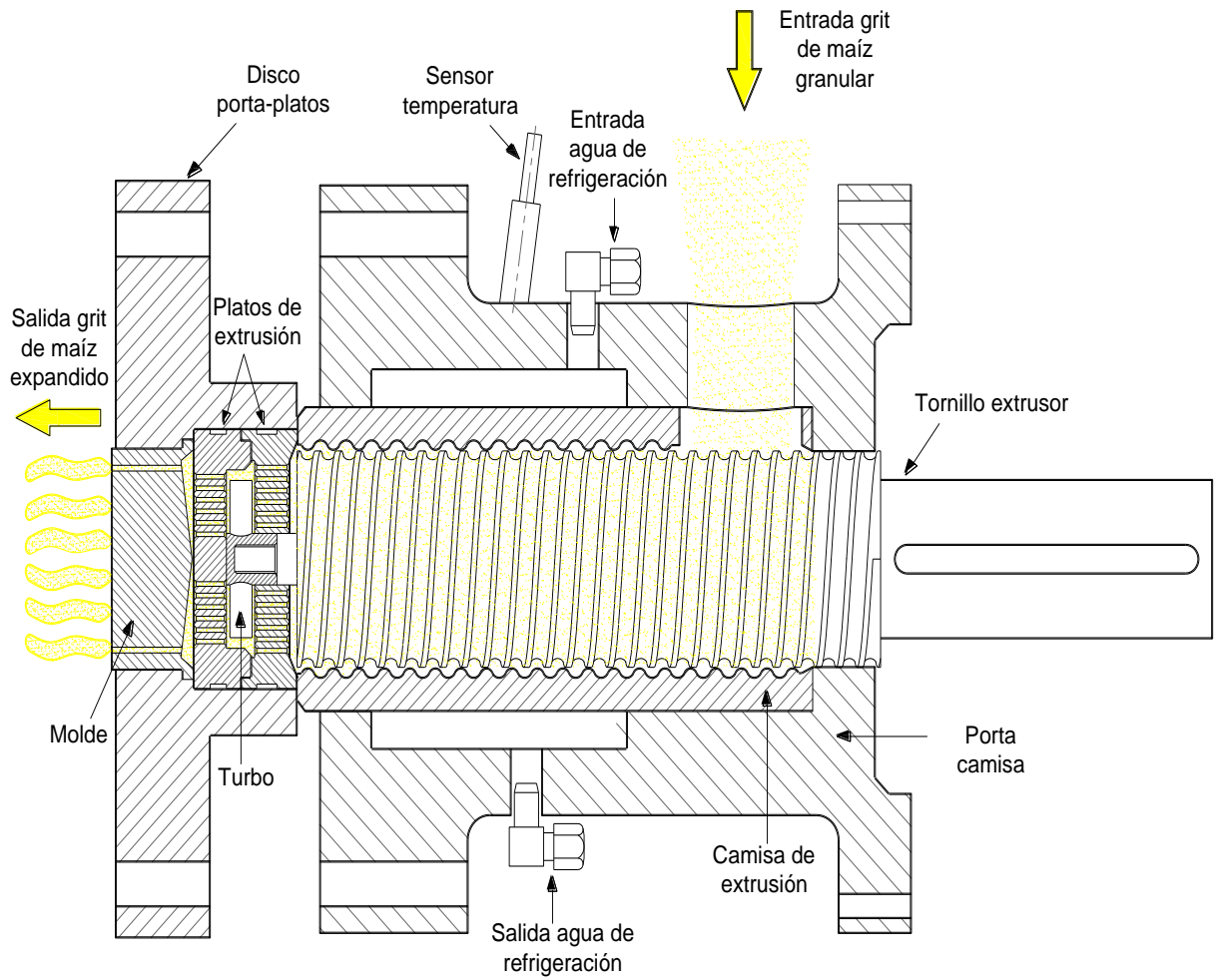
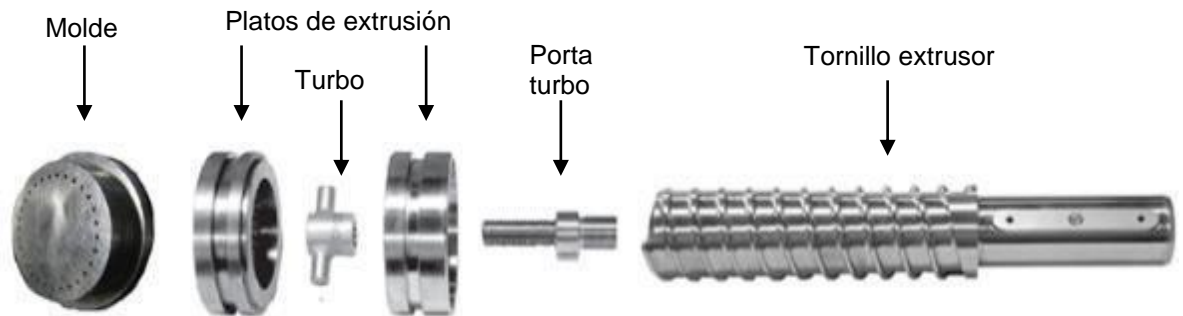


Figura 29. Imagen de herramental de extrusión



El sistema de compresión está compuesto por:

- Un motor 560 VDC, 2400 / 3300 rpm, 132 / 238 A /64kW, y un torque de 255 Nm. encargado de generar movimiento al sistema de compresión.
- Un sistema de transmisión polea – correa con una relación de giro 3,25 : 1, asistida por 7 correas tipo V, el cual incrementa el torque hasta 830 Nm.
- Un herramental de extrusión que lo compone un tornillo con dos entradas que transporta el grit con dirección hacia los platos , una camisa, un porta camisa con la función de refrigerar el sistema con agua que fluye entre las cavidades de la camisa y el porta camisa, dos platos que canalizan el flujo del grit hacia el molde, un turbo cuya función es incrementar la velocidad del producto hacia el segundo plato extrusor hasta finalizar el en el molde, durante el tránsito entre el tornillo y el molde, el grit es sometido a una alta presión el cual libera energía en forma de calor que se controla para que no supere los 130°C.
- Un bloque metálico donde se alojan los rodamientos que soportan el eje que conecta la polea conducida con el tornillo extrusor, el bloque dispone de dos ductos para circular el aceite que lubrica los rodamientos con la empaquetadura respectiva para evitar la fuga de aceite.
- Un sistema de control de temperatura compuesto por un circuito de flujo de agua con una electroválvula y un sensor de temperatura conectado en la porta camisa.
- Una unidad centralizada de lubricación que la compone una motobomba de tornillos de 3PH, 220/440, 1750 rpm, 0.08kW, 0.6A, un caudal 0.2 l/min, 10 bar, aceite lubricante ISO 220.

Figura 30. Esquema etapa de compresión

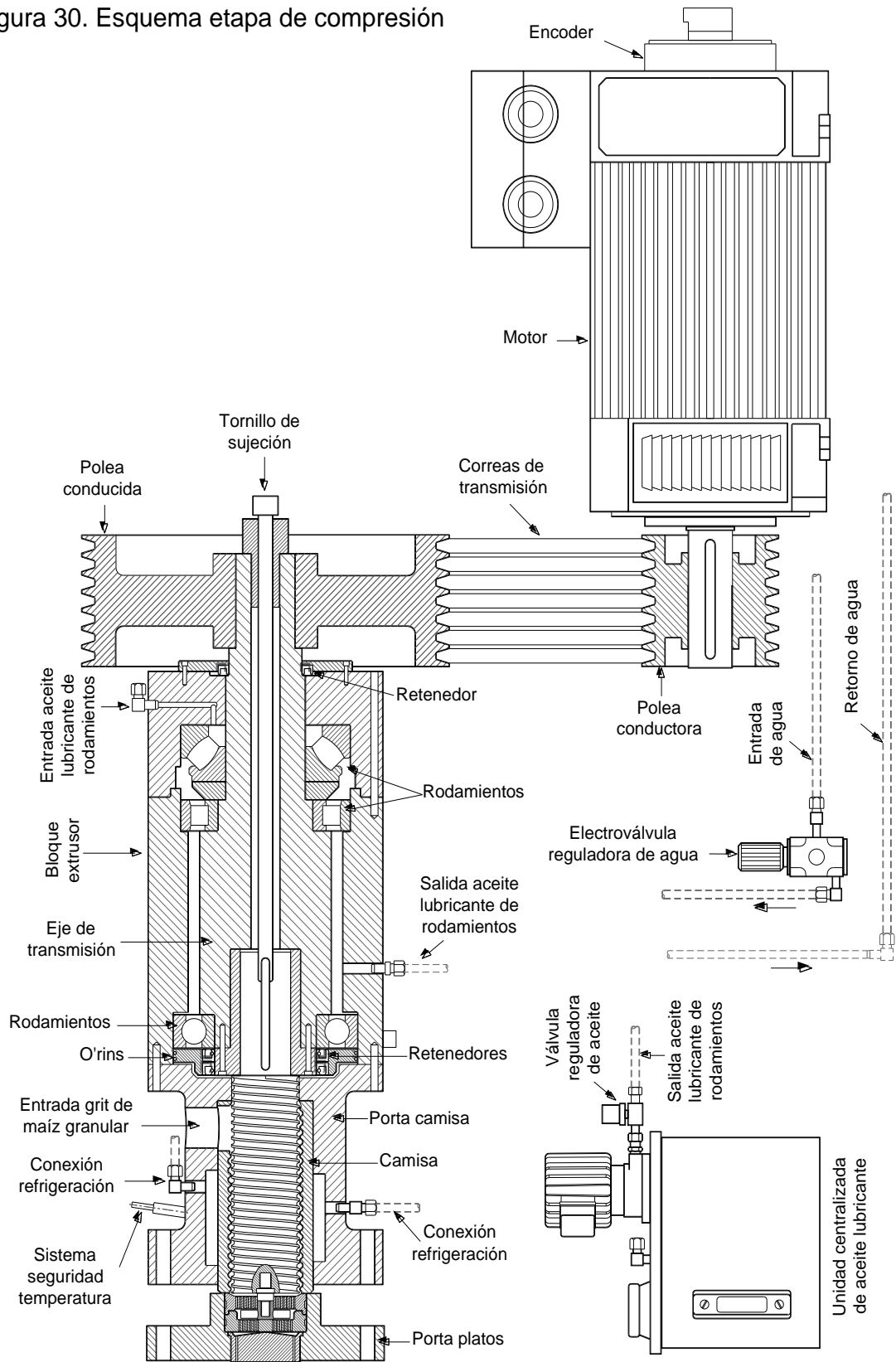


Figura 31. Imagen sistema de compresión.

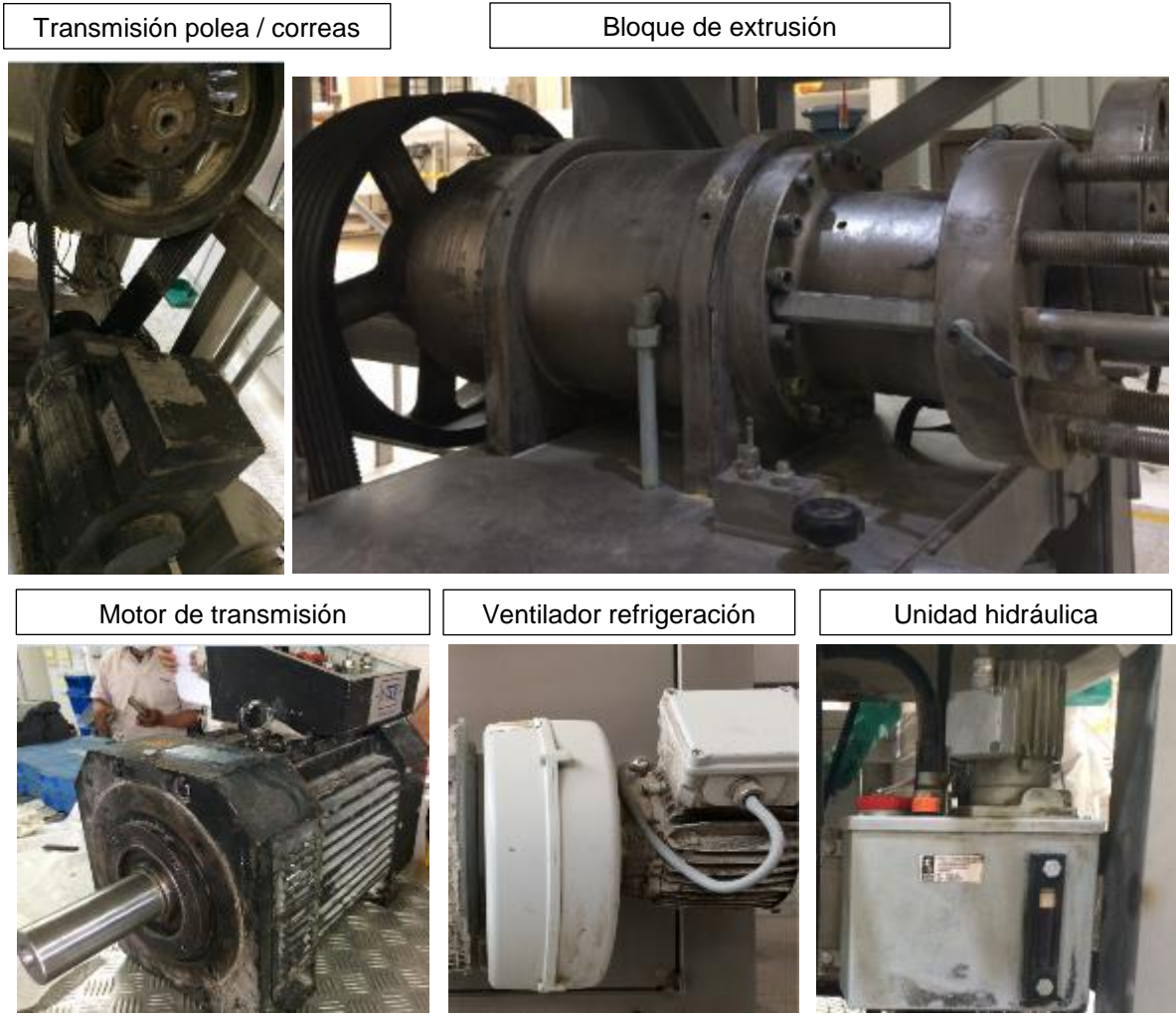


Tabla 11. Taxonomía sección extruido

Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
			Descripción	Cantidad
<p>Extrusor SAP: 10152384 Fabricante: Schaaf Technologie Modelo: 9250A No serie: 22100/9250A.2015</p>	<p>Sistema de almacenamiento SAP: 10154964</p>	Motor Alimentador Tolva SAP:8001706186 Marca: Baldor Potencia: 5 hp Velocidad (RPM): 1750 Voltaje: 440V I Nominal (Amp): 2,9 - 6,5 Frame: 148TC Serie: 36K201S719G1	Rod: 6206 ZZ C3 SAP: 800174000	1
			Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	1
			Tornillo sin fin SAP: 10156565	1
		Reductor Alimentador Tolva SAP: 800170617 Marca: Hapman Velocidad: Relación: 5:1 Torque (lb-f): 1836 Lubricante: ISO 220	Rod: 62XX SAP: 1000XXX	2
			Rod: 62XX SAP: 1000XXX	2
			Retenedor: XXXX SAP: 100XX	1
		Silo - Estructura SAP: 10153955	Sensor nivel alto endress hauser FTE30 SAP: 10154929	1
			Sensor nivel bajo IFM Ki5087 SAP: 10154930	1
			Sensor compuerta BNS 250-11ZG-10m SAP: 10154931	1
			Agitador silo extrusor SAP: 10150796	1
		Motor Tolva SAP:800170618 Marca: NORD Potencia: Velocidad: I Nominal: Serie:	Rod: 6206 ZZ C3 SAP: 800174000	1
			Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	1
		Reductor Tolva SAP: 1000XX Marca: Velocidad: Relación: Torque (lb-f): Lubricante:	Rod: 62XX SAP: 800XXX	2
			Rod: 62XX SAP: 800XXX	2
	Retenedor: XXXX SAP: 800XX		1	
	<p>Dosificador Trabajo SAP: 10151987 Marca: Coperion K-Tron - KT35</p>	Transportador Horizontal	Sensor nivel FM Ki5087 SAP: 10154930	1
		Motor Dosificador Trabajo SAP:10153956 Marca:Emod Potencia: 0,75kw Velocidad:1750 I Nominal: 1,93A Serie: 80L/A4T	Rod: 6204 ZZ C3 SAP: 800174127	2
		Reductor Dosificador Horizontal SAP: 10153956 Marca:Coperion K-Tron Velocidad: Relación: 3.23 : 1 Torque (lb-f): Lubricante: ISO 220	Rod: 6200 2RS C3 SAP: 800174130	1
			Rod: 6000 2RS C3 SAP: 800174131	2
			Rod: 6001 2RS SAP: 800174132	1
Retenedor: 14/30 /7 SAP: 800174133			1	
	Tornillo Sinfín Horizontal SAP: 10156564	2		

Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes		
			Descripción	Cantidad	
<p>Extrusor SAP: 10152384 Fabricante: Schaaf Technologie Modelo: 9250A No serie: 22100/9250A.2015</p>	<p>Dosificador Vertical SAP: 10151988</p>	<p>Transportador Vertical: SAP: 10153957</p>	Tornillo Sinfín Vertical SAP: 800174134	1	
			Rod: 6205 2RS SAP: 800174245	1	
			Rod: 32005 SAP: 800174246	1	
			<p>Motor Dosificador Vertical SAP:10153958 Marca: NORD Potencia:1kW Velocidad:1756rpm I Nominal:3.2A</p>	Rod: 6204 2Z C3 SAP: 800174127	2
	<p>Dosificador Arranque SAP: 10151989 Marca: Coperion K-Tron - KT25</p>	<p>Transportador Auxiliar: SAP:10153958</p> <p>Motor Dosificador Purga SAP:10153959 Marca: Emod Potencia:0.55kW Velocidad: 1750 I Nominal:1.4A</p> <p>Reductor Dosificador Arranque SAP: 1000XX Marca:Coperion K-Tron Velocidad: Relación:4.69 : 1 Torque (lb-f): Lubricante: ISO 220</p>	Tornillo Sinfín Purga SAP: 800174128	1	
			Rod: 6204 2Z C3 SAP: 800174127	2	
			Rod: 6200 2RS C3 SAP: 800174130	1	
			Rod: 6000 2RS C3 SAP: 800174131	2	
			Rod: 6001 2RS SAP: 800174132	1	
			Retenedor: 14/30 /7 SAP: 800174133	1	
			Tornillo Sinfín Horizontal SAP: 10156564	2	
	<p>Sistema compresión: SAP: 10151990</p>	<p>Bloque Extrusor: SAP: 10151991</p>	Camisa SAP: 800174134	1	
			Rod: 6212 SAP: 800174135	1	
			Tornillo SAP:800174136	1	
			Cañón SAP: 800174137	1	
			Plato # 3 SAP: 800174138	1	
			Plato # 2 SAP: 800174139	1	
			Plato # 1 SAP: 800174140	1	
			Turbo # 2 SAP: 800174141	1	
			Turbo # 1 SAP: 800174142	1	
			Turbodrive SAP: 800174143	1	
Polea Conducida SAP: 800174144			1		
Correa: SAP: 800175201			5		
Bomba Iwaki SAP: 10152204	Bomba Iwaki SAP: 10152204	Bomba Iwaki SAP: 10152204	1		

Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
			Descripción	Cantidad
Extrusor SAP: 10152384 Fabricante: Schaaf Technologie Modelo: 9250A No serie: 22100/9250A.2015	Ventilador refrigeración motor SAP: 10152205	Motor ventilador SAP: 10151776 Marca: Emod Potencia: 0.75kW Velocidad: 3480 rpm I Nominal: 1.8 A	Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	2
			Hélice SAP: 800167950	1
	Motor Extrusor: SAP: 10151272 Marca: TAE	Motor SAP: 10151272 Marca: TAE Potencia: 64kW Velocidad: 2400 / 3300 rpm I Nominal: 132 / 238 A Serie: 6529601502812829	Rod: 6313 2RS C3 SAP: 800174130	2
			Encoder: SAP: 800172255	1
			Polea Conductora SAP: 800174145	1
	Unidad hidráulica SAP: 10152205	Motor bomba SAP: 10151309 Marca: Baier Koppel Potencia: 0.08kW Velocidad: 1750 rpm I Nominal: 0.35A	Rod: 6002 2RS C3 SAP: 800177885	2

Continúa AMEF (análisis de modos y efecto de fallas), y criticidad de equipos sección extruido ver anexo C.y D

5.3 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE CORTE.

A una tolerancia de 0.05mm del molde inicia la sección de corte, la cual la compone:

- Un juego de dos cuchillas que se encuentran montadas sobre un dispositivo que se desliza en el eje exterior y se fija por medio de tornillos prisioneros, se utiliza un fleje calibrado de 0,05mm para ajustar la distancia entre las cuchillas y la salida de producto del molde, a medidas que gira el grit extruido es cortado. La longitud de corte depende de la velocidad de las cuchillas asociado a la referencia a producir que se encuentra ajustado con la automatización del sistema.
- Un sistema de transmisión de poleas y correas tipo V con una relación 1:0.8 entre diámetros.
- Un motor trifásico de 3PH/1,1kW/220 - 440V/4,4 – 2,2A/1725rpm, gobernado por un variador que acorde con la referencia a producir y la capacidad del extrusor se ajusta de manera automática.
- Dos ejes, el eje exterior se encuentra acoplado a la transmisión por medio de la polea conducida y sobre él se instala las dos cuchillas girando sobre el eje interior, el eje interior es fijo y roscado al molde, dispone de un punto de lubricación con grasa grado alimenticio para colocar una película de lubricante entre los dos ejes.

Figura 32. Imagen sistema de corte



El sistema de corte dispone de una entrada de aire comprimido regulado a 20 psi para dirigir el grit expandido con dirección al ventilador que lo enviará al horno de secado por medio del sistema de transporte neumático (blower), a su vez la función del aire comprimido es enfriar el producto recién sale del molde ($85^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$) para que las fibras se endurezcan y el producto no pierda la forma deseada, llevándolo a una temperatura promedio ($60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).

Figura 33. Diagrama esquemático de la sección de corte.

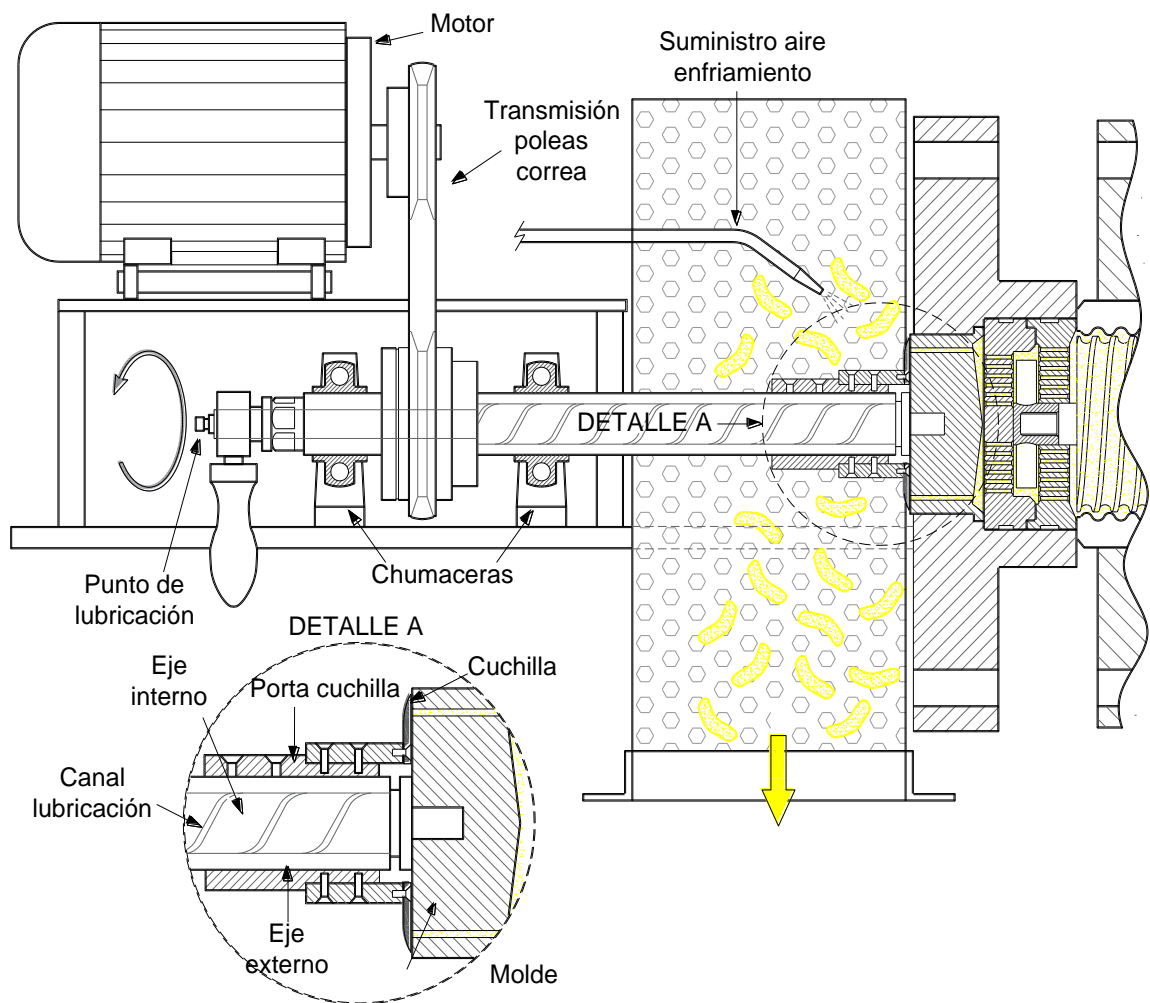
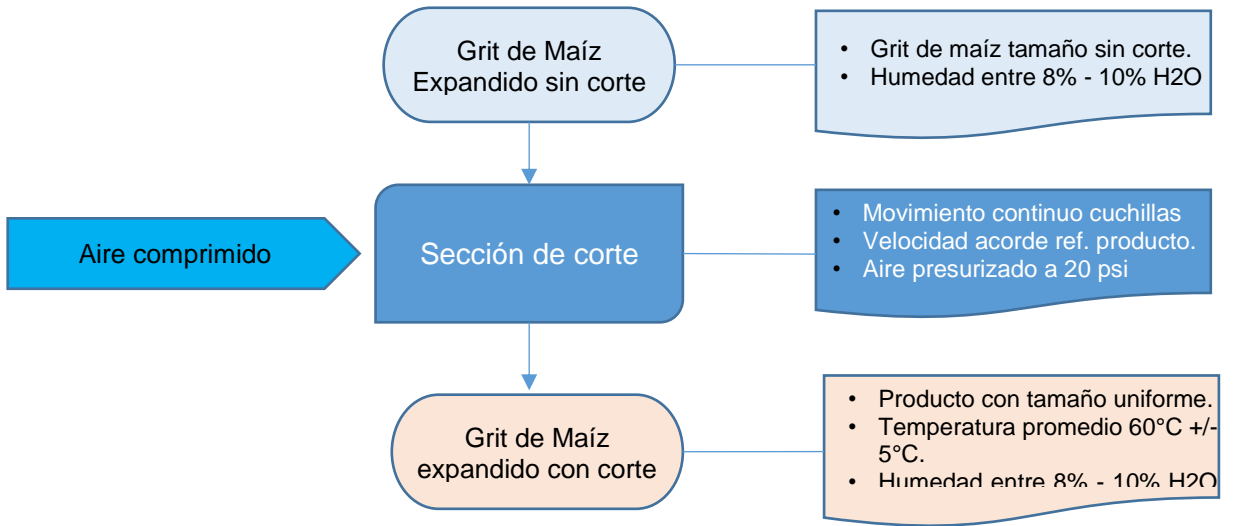


Figura 34. Esquema de entrada y salidas sección de corte.



En la figura se observa el despiece del mecanismo de corte donde se visualiza los canales de lubricación para evitar el desgaste prematuro entre externo e interno.

Figura 35. Mecanismo de corte (ensamble y componentes).

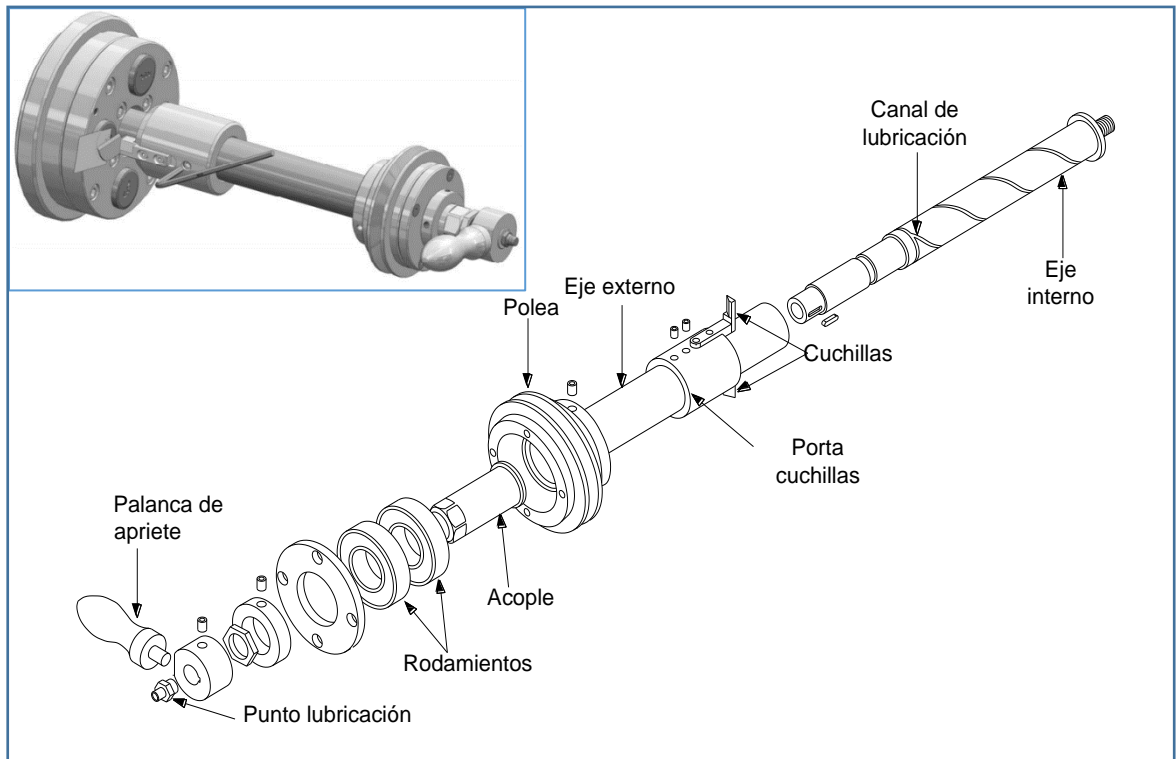


Tabla 12. Taxonomía sección de corte.

Sección	Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
			Descripción	Cantidad
Sistema de corte. SAP: 10155756	Cortador SAP10155761	Mecanismo de corte SAP: 10155436	Rod: 6208 ZZ C3 SAP: 800173341	2
			Polea Conducida SAP: 800173341	1
			Correa B20 SAP: 800122456	1
			Cuchilla SAP: 800177524	2
			Portacuchilla SAP: 800177525	1
			Eje Exterior SAP: 800177526	1
			Eje Interior SAP: 800177527	1
			Chumacera: YAR 205 SAP: 800188715	2
		Motor sistema corte SAP:10153774 Marca: SEW EURODIVE Potencia: 1,1 kW Velocidad:1725 I Nominal: 2,2 A Serie: DRS80M4	Rod: 6206 ZZ C3 SAP: 800174210	1
			Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	1
			Polea Conductora SAP: 800173797	1

Continúa AMEF (análisis de modos y efecto de fallas), y criticidad de equipos sección extruido ver anexo E.y F

5.4 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN TRANSPORTE NEUMÁTICO.

Tan pronto el grit expandido cae a la tolva de recepción, es transportado hacia el proceso de secado (horno secador).

La sección de transporte está compuesta por:

- Un blower que lo compone un motor 3PH, 1,2hp, 3430rpm, 480V y 1,71A, un ventilador radial que genera un caudal de 3640 CFM a una velocidad de salida de aire de 40m/min.
- Una tolva de recepción de producto acoplada al ventilador con un ducto de 6" y a la salida con otro ducto flexible de 6"
- Un ciclón que tiene la función de canalizar el producto verticalmente hacia el transportador excéntrico evitando que se maltrate.

Figura 36. Esquema de entrada y salidas sección de transporte.

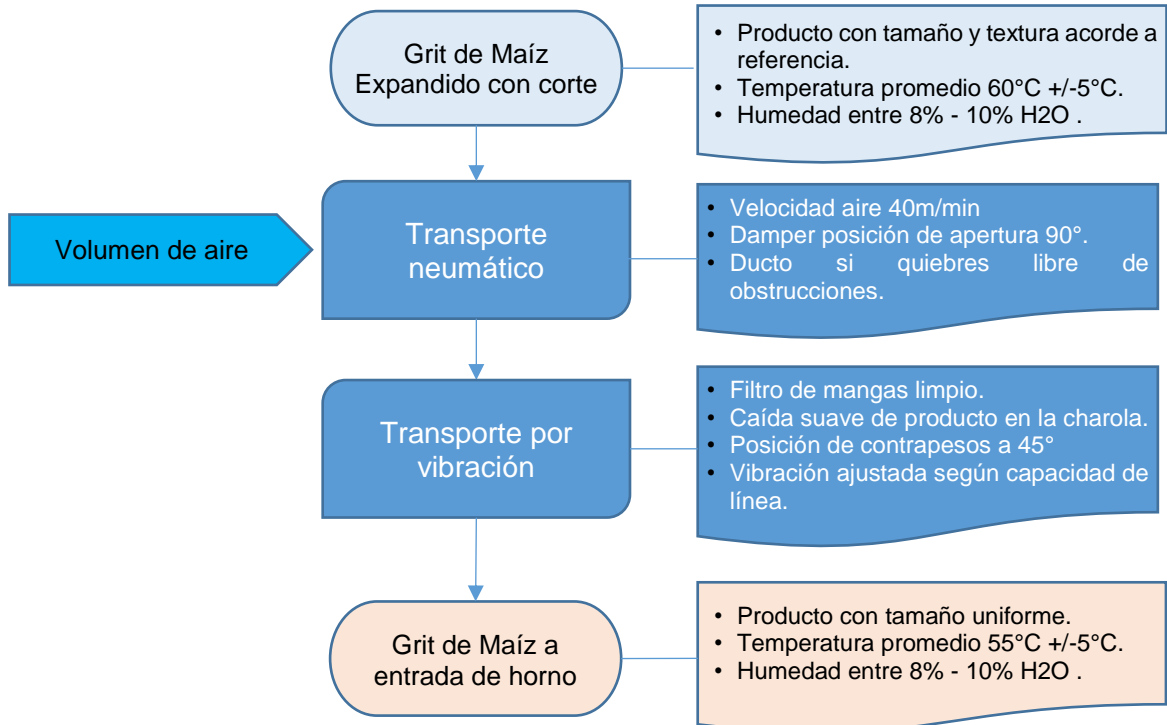


Figura 37. Imagen sistema de transporte

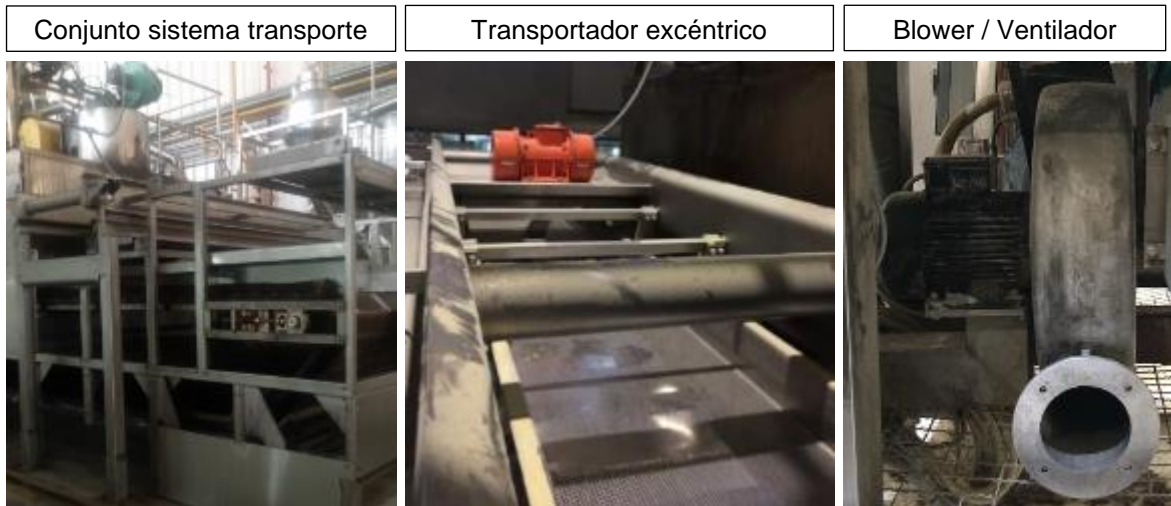
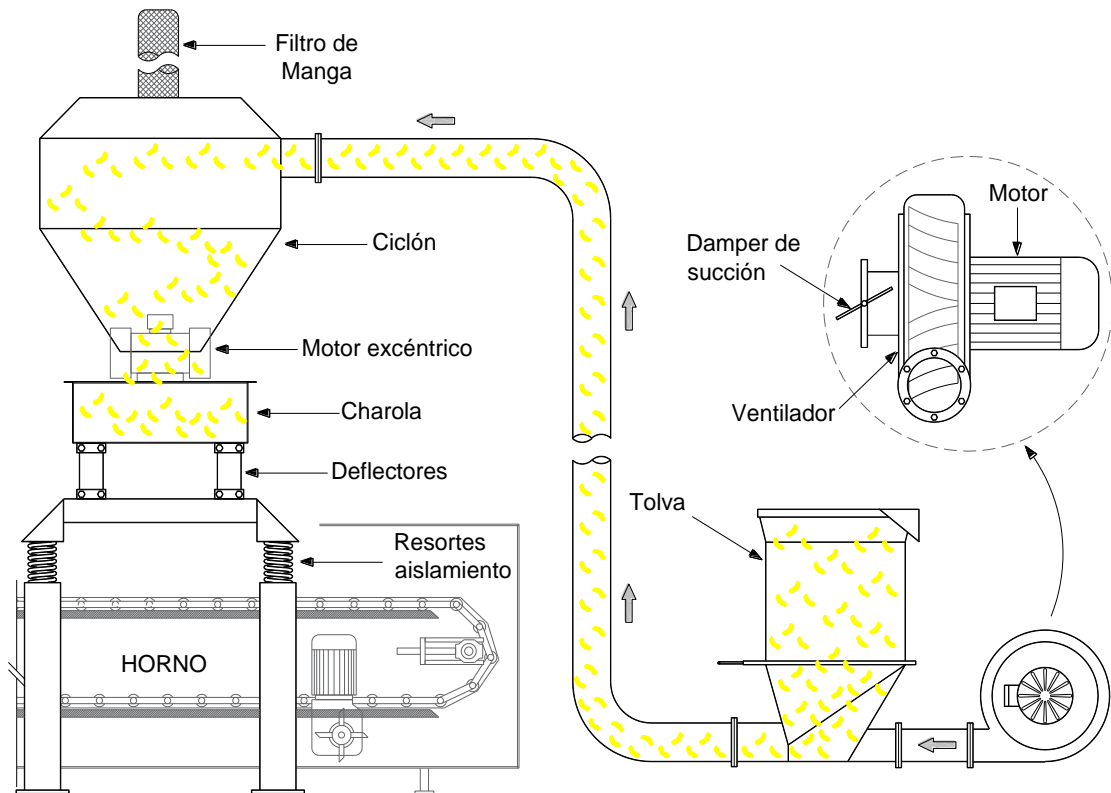


Figura 38. Diagrama esquemático sistema de transporte neumático.



A la salida del ciclón el producto es descargado a un transportador excéntrico que lo compone:

- Un motor excéntrico de 3PH/230-460/60Hz/2,5A/1,02hp/1200rpm con un juego de contrapesos en los dos extremos del eje que tiene la función de generar vibración para transportar el producto al interior del horno secador.
- Una charola con un sistema de deflectores que tienen la función transmitir la vibración a lo largo de toda la charola, a su vez el sistema esta soportado por cuatro resortes con la función de aislar la vibración entre la charola y la estructura de soporte.

Figura 39. Diagrama esquemático del transportador excéntrico

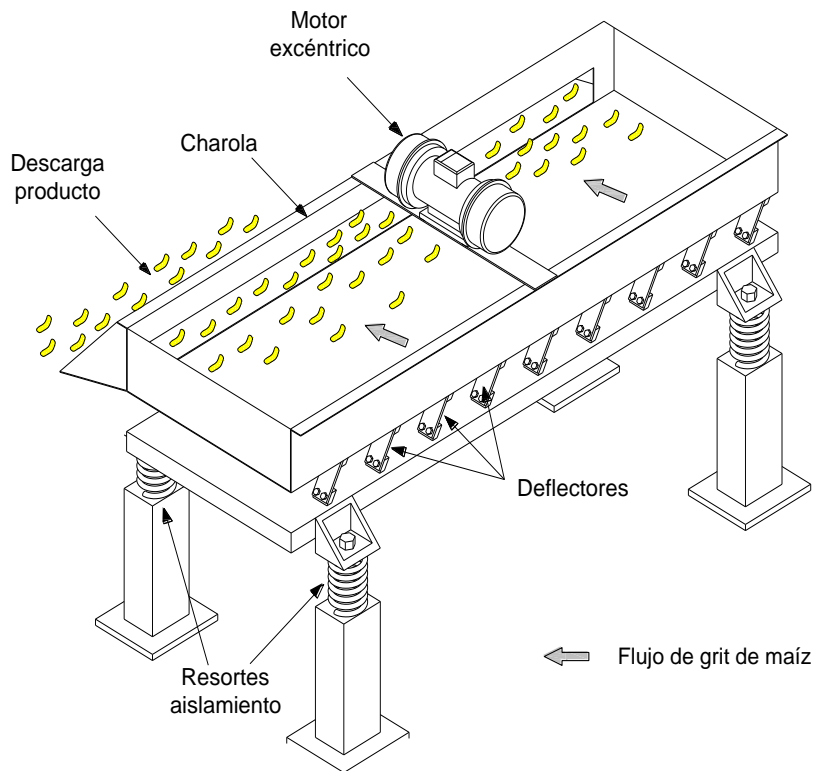


Tabla 13. Taxonomía sección de transporte.

Sección	Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
			Descripción	Cantidad
Sistema de transporte Extrusor / Secador SAP: 10187623	Transportador neumático SAP: 10187625	Motor SAP:10153886 Marca: Dietz Motoren Potencia: 2,8 kW Velocidad (RPM): 3500 Voltaje: 254 - 440 V I Nominal (Amp): 8,1 - 4,7	Rod: 6206 ZZ C3 SAP: 800173341	1
			Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800173342	1
		Blower SAP:10153886 Marca: Dietz Motoren Modelo: LG2704D	Blower SAP:10153886 Marca: Dietz Motoren Modelo: LG2704D	1
	Ciclón SAP: 10187626	Filtro de mangas SAP: Marca: Schaaf Technologie	Ducto 8" X 7mt SAP: 800179912	1
			Manga 4" X 0.8mt SAP: 800176663	1
	Transportador excéntrico SAP: 10187627	Motor excéntrico SAP: 10156553 Marca: Eriez Manufacturing Potencia: 0,76 kW Velocidad (RPM): 1200 Voltaje: 230 - 460 V I Nominal (Amp): 2,52 - 1,26	Rod: NJ2307E SAP: 800134985	4
			Resorte de aislamiento SAP: 800134245	4
			Deflectores de vibración SAP: 800156238	24
	Charola SAP: 10156554			

Continúa AMEF (análisis de modos y efecto de fallas), y criticidad de equipos sección de transporte, ver anexo G.y H

5.5 CONTEXTO OPERACIONAL SECCIÓN DE SECADO.

La función del proceso de secado es eliminar la humedad del producto que ingresa entre 8% - 10% y llevarlo a un porcentaje de humedad menor a 1,8%.

Esta función es realizada por un secador (horno) de fuego directo mediante un proceso de transferencia de calor por convección.

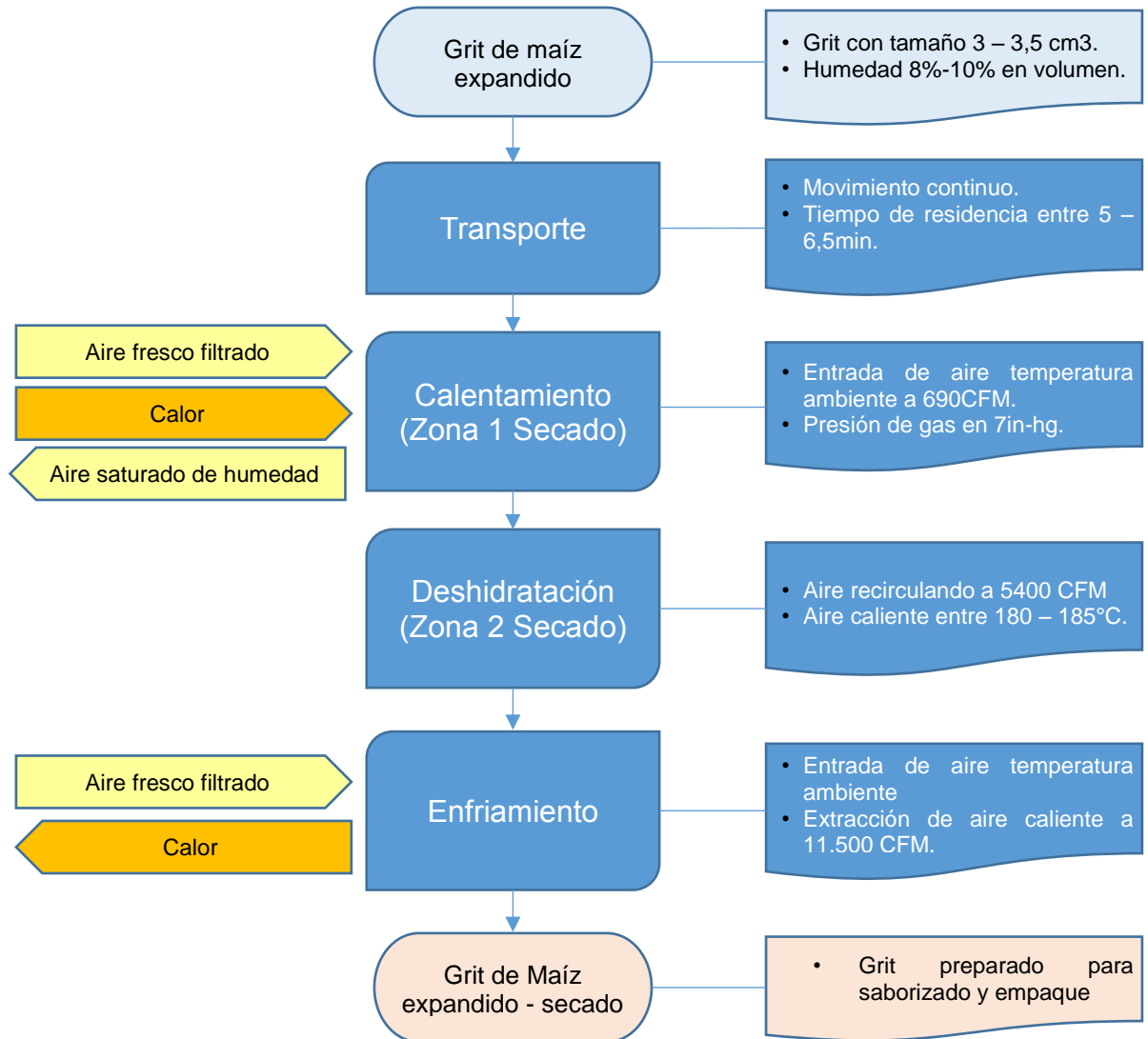
El horno dispone de las siguientes características:

- Fabricante: Aeroglide
- Modelo: C1 84-35 RGC(E)
- Número de serie: 06115-03
- Capacidad nominal de producción: Mín 280kg/hr – Máx 960kg/hr.
- Voltaje alimentación: 3PH/460/60
- Tecnología de automatización: Allen Bradley – Rockwell
- Dimensiones: longitud 10.6m, alto 3.06m y ancho 2.89m

Figura 40. Imagen global del horno secador.



Figura 42. Esquema de entrada y salidas sección de secado.



5.5.1 Contexto operacional sistema de transporte. Una vez el grit es descargado uniformemente sobre el ancho de la banda transportadora, este es transportado al interior del horno a un caudal másico dado por la capacidad del extrusor (230 - 480 kg/hr), su tiempo de residencia varía dependiendo del tamaño de las tres referencias del grit expandido, siendo el tiempo mínimo 6.5min y máximo 8.5min, esto nos da una velocidad lineal de la banda que puede ser entre 27 mm/s y 20.7mm/s
El sistema de transporte está compuesto por:

- Un motoreductor de dos etapas de: 3PH/220V-440V/60Hz/3.8A-1,9A/0.75kW con una relación 29:1, velocidad de salida 58 rpm, la función del motoreductor es generar movimiento a la banda para transportar el grit a lo largo del horno, es gobernado por un variador eléctrico programado acorde con la automatización del horno según la referencia a producir, la velocidad de la banda está ajustada para que la altura del producto encima de esta se encuentre en un rango entre 4" – 6".
- Una banda metálica eslabonada con guías laterales de transporte para evitar que el producto se desborde de la banda, la banda dispone de un sistema de tensión compuesto por dos rodamientos y un eje roscado con tuerca y contratuerca que hacen la función de desplazar la banda para darle tensión y nivelación, el valor de tensión está dado por el manual del equipo.
- Un sistema de transmisión cadena - piñón, la cadena es paso 6" con rodillos seguidores que ruedan sobre una platina guía, los pasos de la cadena dispone de eslabones donde se atornillan las guías laterales, el lubricante utilizado para la lubricación de la cadena es una grasa en base de grafito para alta temperatura H1.
- Un sistema de limpieza de la banda instalado en la parte trasera e inferior de la banda con la función de eliminar la pedacería del grit incrustado en los eslabones y orificios de la banda para facilitar y minimizar el tiempo de limpieza del horno, el sistema se encuentra compuesto por un motoreductor de: 3PH/220V-440V/60Hz/0.38kW con una relación 72.5:1 para una velocidad de salida de 23.4 y un eje acoplado con tres cepillos separados a 120°.

Figura 43. Diagrama esquemático sistema de transporte.

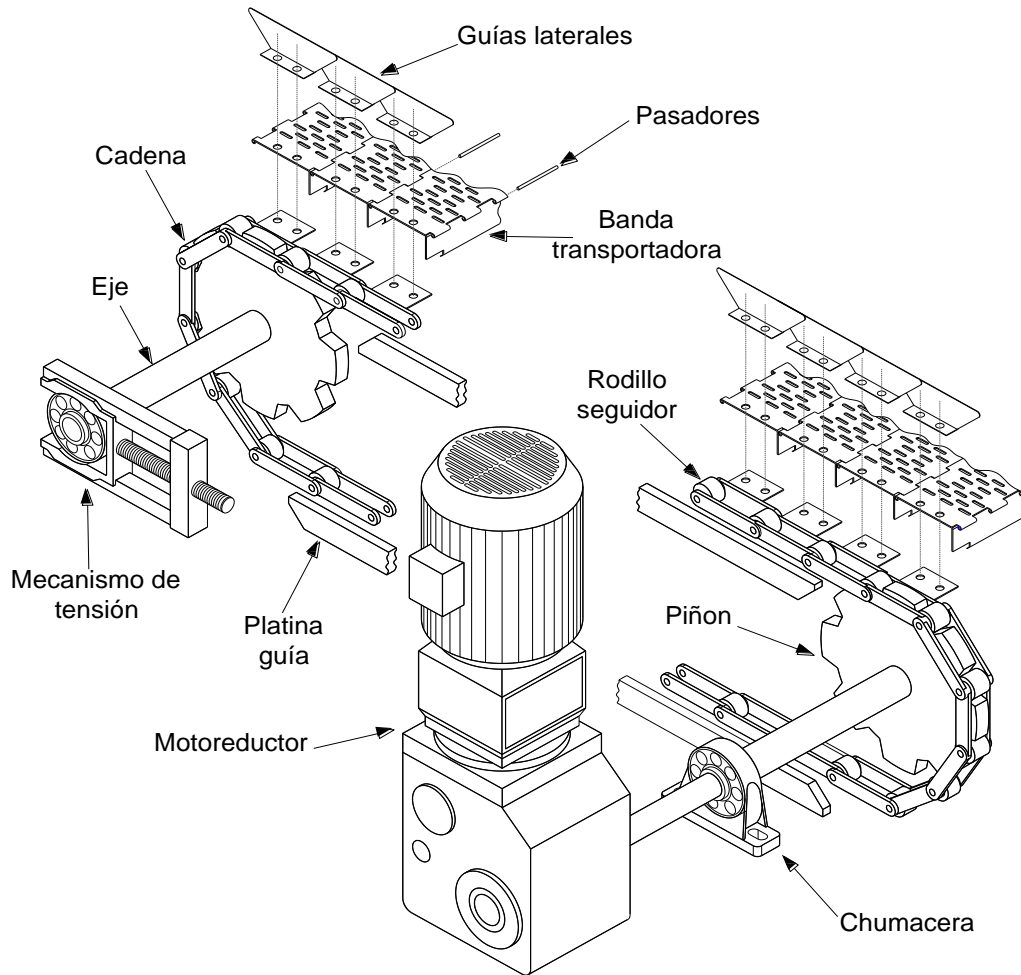
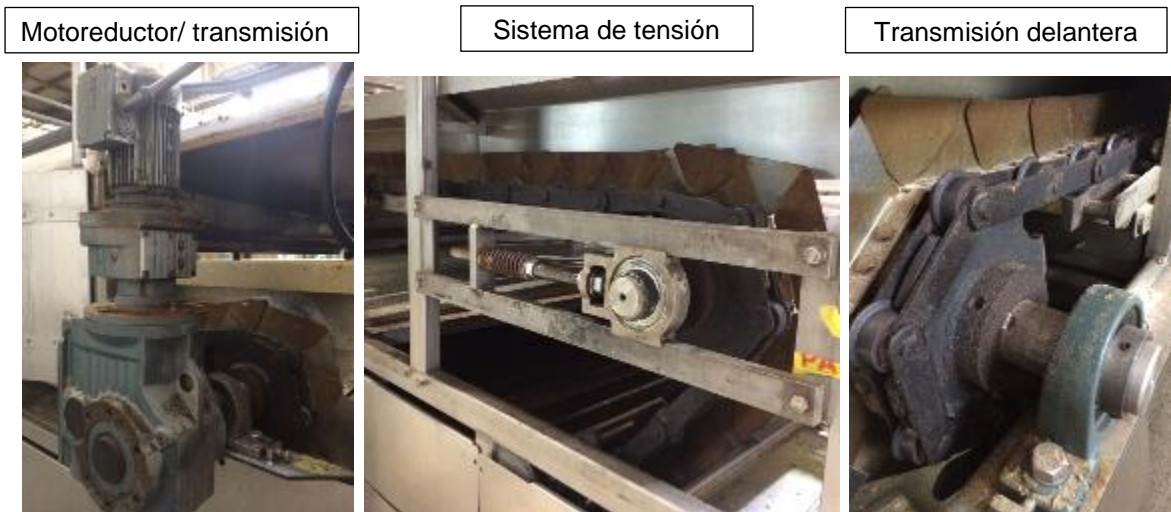


Figura 44. Imagen del sistema de transmisión.

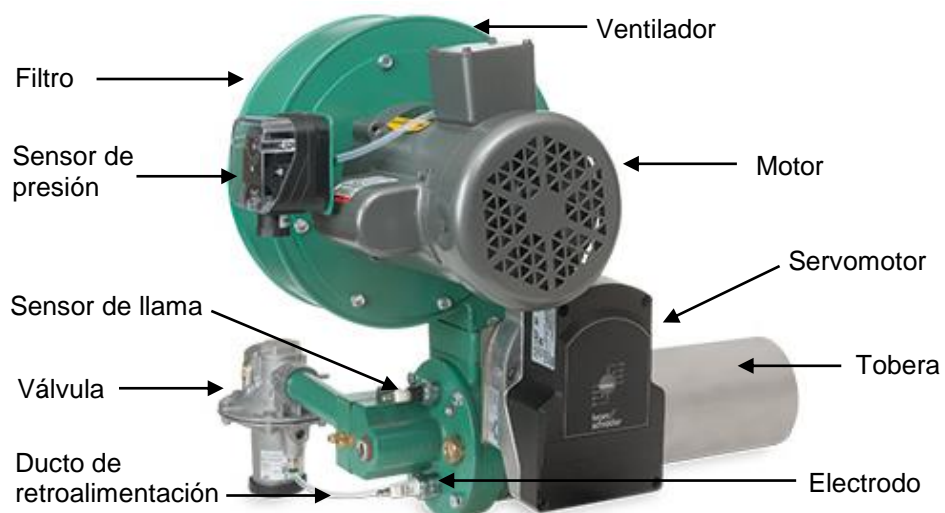


5.5.2 Contexto operacional sistema de calentamiento. La función del sistema de calentamiento es elevar la temperatura (180°C - 185°C) del aire que retirará la humedad del grit expandido, este proceso se realiza por medio de transferencia de calor por convección, el cual utiliza un sistema de combustión de mezcla de gas natural y aire.

En sistema está compuesto por los siguientes equipos:

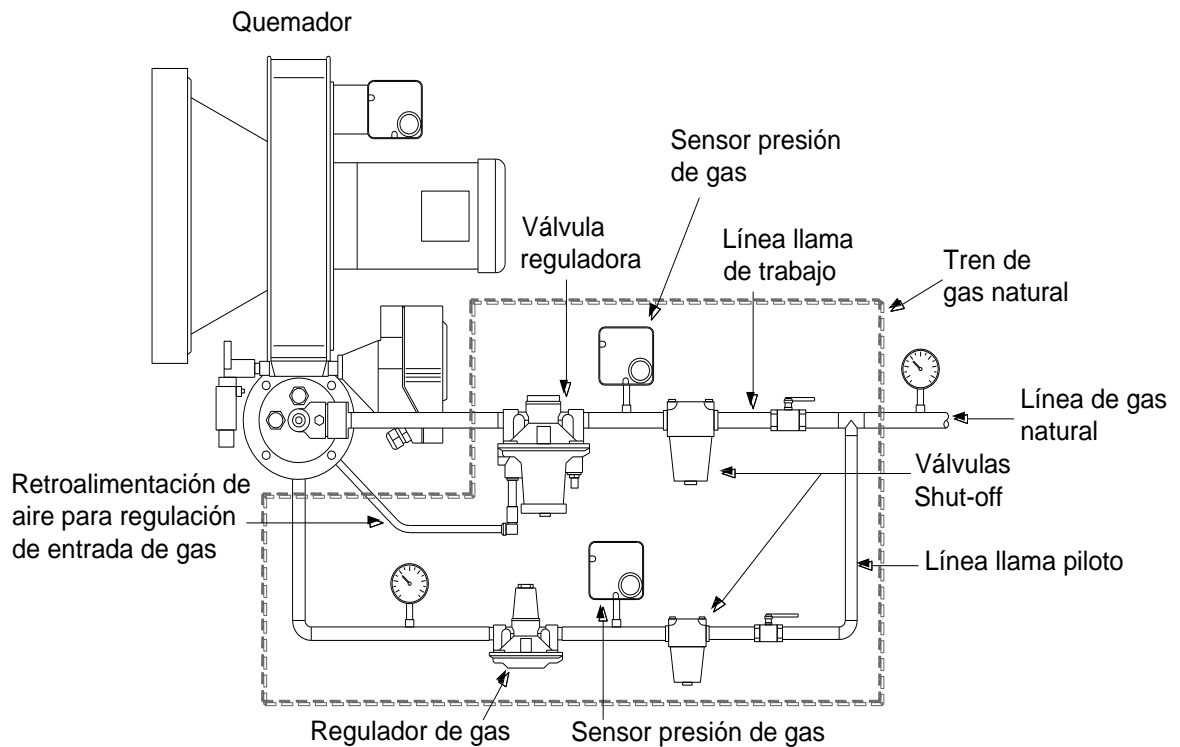
- Un quemador marca Eclipse modelo Ratiomatic RM0050 – 3000 con una capacidad de 2.000.000 BTU/hr que lo compone un motoventilador de 1hp, 3PH/440V/3A, una tobera donde sale la llama, un filtro de aire, un sistema de modulación (servomotor - modutrol) el cual regula el paso de aire (damper) para la combustión, con la presión generada por el ventilador en la tobera, se regula la entrada de combustible (gas natural) con el objetivo de llevar la temperatura del aire al set point programado, un sensor de presencia de aire por seguridad el cual apaga el quemador si la presión de aire es menor 0.2 in.wg, un sensor fotovoltaico que detecta la presencia de llama, un sistema de ignición compuesto por un transformador eléctrico de alta tensión el cual alimenta un electrodo con 6.000V para generar un arco eléctrico.

Figura 45. Imagen del quemador.



- Un tren de gas que ese encuentra compuesta un regulador de entrada de gas al sistema, una válvula regulada por la presión de retroalimentación de aire utilizada para la combustión de trabajo, la presión de regulación se encuentra entre 0.5 a 2.5 mbar, un regulador de gas para llama piloto, una válvula shut-off (electroválvula) de paso de gas para alta presión, una válvula shut-off de paso de gas para la llama piloto, dos sensores de presión para detectar la presencia de gas, uno para la llama de trabajo y otro para la llama piloto.

Figura 46. Diagrama esquemático del tren de combustión.



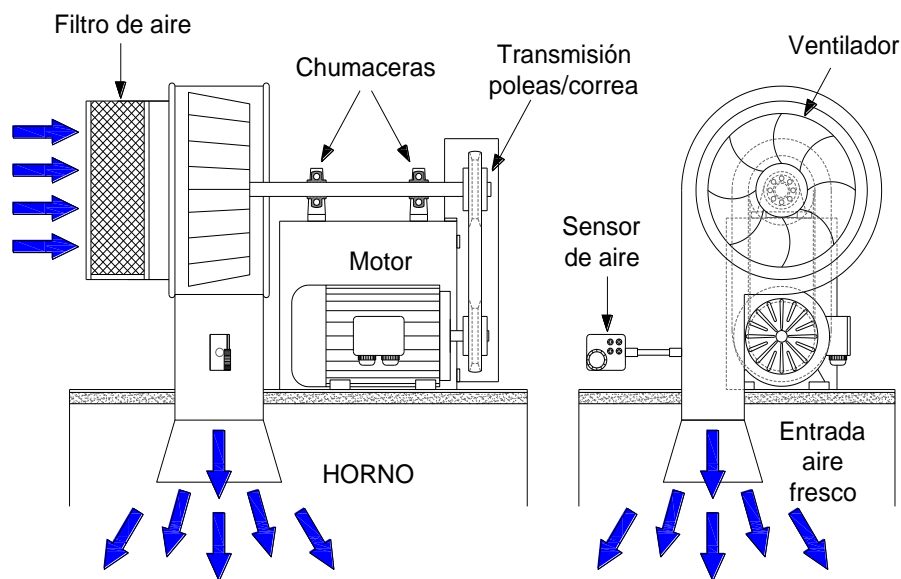
5.5.3 Contexto operacional sistema reposición de aire (Make Up). Para que se cumpla el proceso de secado es necesario que exista el caudal de aire requerido para realizar la transferencia de calor de manera eficiente, en vista que el aire caliente es retirado por el sistema de extracción de aire saturado, el extractor de refrigeración y el aire que sale por la entrada y salida del horno debido que es más

ligero por ser menos denso, se requiere reponer el aire del proceso de calentamiento, acorde con el volumen interno del horno y el volumen de producto en su interior, se requiere el ingreso de un caudal de aire del exterior en un rango de 450 a 690 CFM,

El sistema de reposición de aire se encuentra compuesto por:

- Un motor 3PH/220-440V/60Hz/4.4-2.2A/1.1kW/3390rpm, gobernado por un variador de frecuencia programado según la automatización del horno.
- Un filtro de aire tipo cartucho de 15 micrones para evitar el ingreso de impurezas al interior del horno.
- Un sistema de polea – correa tipo V con relación de velocidad 1:1 el cual transmite movimiento a un ventilador de un caudal máximo de 840 CFM.
- Un sensor de presión de aire el cual apaga el quemador cuando la presión de aire se encuentra por debajo de 0.9 in.wg.

Figura 47. Diagrama esquemático ventilador reposición de aire (Make Up).



5.5.4 Contexto operacional sistema de extracción de aire húmedo.

El proceso de calentamiento del grit de maíz es de manera cíclica, el aire a medida que se calienta transfiere el calor al grit de maíz expandido, el grit comienza a liberar humedad, la humedad liberada se mezcla con el aire caliente hasta llegar el punto de quedar saturado el cual hace ineficiente el proceso, adicionalmente el producto permanece con humedad alta lo cual acorta la vida de anaquel y genera grumos de productos que dificulta el empaque y la apariencia. Es así que el aire húmedo se mantiene por encima del producto por diferencia de densidades y debe ser removido, para ello se utiliza el extractor de aire húmedo.

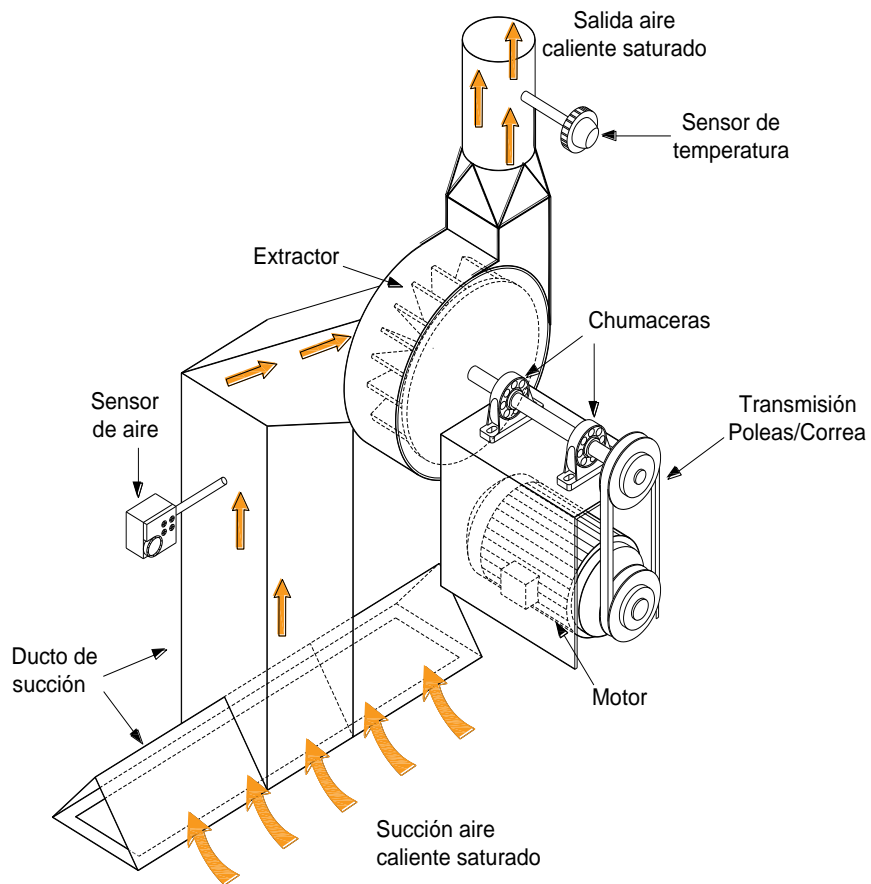
El sistema de extracción lo compone:

- Un motor 3PH/460V/60Hz/4.8A/2.0Hp/3530rpm, gobernado por un variador de velocidad el cual ajusta la frecuencia eléctrica de forma automática acorde con la capacidad de producción programada, siendo su mínimo valor 45Hz y el máximo valor 60Hz.
- Un sistema de doble polea – correa tipo V con relación de velocidad 1:1 el cual transmite movimiento a un ventilador de un caudal máximo de CFM.
- Un sistema de seguridad compuesto por un sensor de presión de aire acoplado al ducto de succión el cual apaga el quemador cuando la presión se encuentra en un valor inferior a 2 in wg y un sensor de temperatura acoplado al ducto de descarga el cual apaga el quemador cuando la temperatura del aire extraído supera los 90°C.
- Un ducto longitudinal ubicado al ancho de la banda posicionado a 400mm de la superficie de la cinta transportadora y se conecta a la succión del extractor.

Figura 48. Imagen del sistema de extractor aire húmedo.



Figura 49. Diagrama esquemático extractor aire húmedo.



5.5.5 Contexto operacional sistema de recirculación de aire caliente. Para completar el proceso de secado del grit de maíz ya expandido, este es sometido a un proceso de transferencia de calor por convección con aire que se encuentra entre 180°C – 185°C, para que el aire caliente este en contacto con el grit, se dispone de dos ventiladores con la función de recircularlo para que ocupe el mayor espacio en la zona de trabajo y abarque el mayor porcentaje de la superficie del grit, los ventiladores toman el aire y lo hacen pasar por unos ductos en la parte superior del horno para que el flujo sea lo más uniforme posible y direccionándolo a través de un deflector para facilitar el contacto con el producto evitándolo que lo devuelva y se realice el proceso de secado.

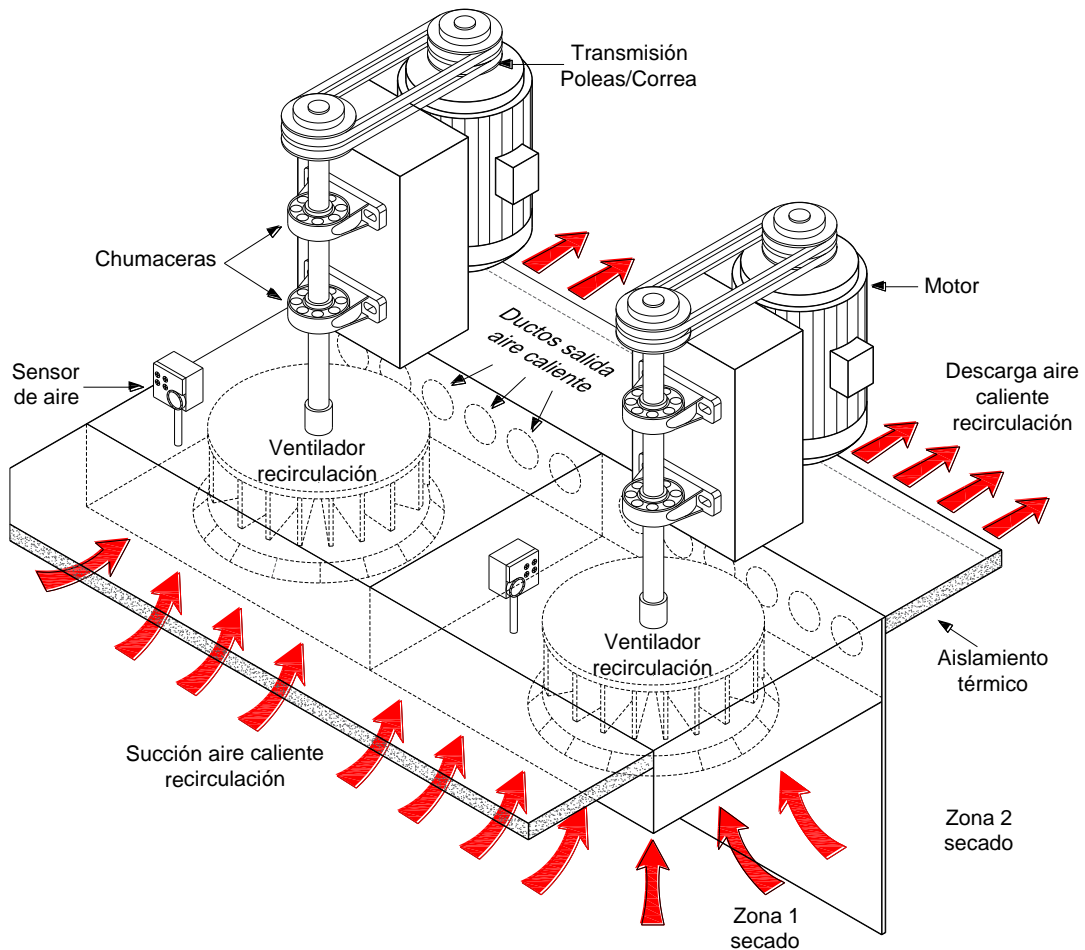
El sistema de recirculación de aire caliente está compuesto por:

- Dos motores 3PH/460V/60Hz/10.4A/7.5Hp/1780rpm gobernados por arranque directo.
- Dos sistemas de doble polea – correa tipo V con relación de velocidad 1:1 el cual transmite movimiento a un ventilador de un caudal máximo de 5400 CFM.
- Un sistema de seguridad por cada ventilador el cual se encuentra compuesto por un sensor de presión de aire acoplado a la cámara de salida de aire que apaga el quemador en caso de que la presión de aire de circulación se encuentre por debajo de 3 in.wg.

Figura 50. Imagen ventilador recirculación aire caliente.



Figura 51. Diagrama esquemático sistema de recirculación aire caliente.



5.5.6 Contexto operacional sistema de refrigeración. Una vez el grit pasa por la zona de trabajo del horno donde es extraída la humedad y se encuentra entre 1,2% – 1,6% del volumen, pasa a un proceso de enfriamiento el cual se encarga de bajar la temperatura del producto en un Δ de 12°C, la extracción de calor del producto se realiza por medio de un extractor el cual toma aire del exterior por los laterales de la zona baja del horno el cual cruza a través de un filtro tipo panel de 15 μ m y atraviesa el producto de forma vertical, la temperatura final del producto depende de la temperatura ambiente, en este caso al encontrarse en un lugar cubierto con una temperatura promedio de 22°C el producto llega a una temperatura de salida

de 34 – 37°C. Es posible que el producto adquiera un leve porcentaje de humedad por el proceso de humedad el cual no puede superar el 1,8% en volumen.

El sistema de refrigeración lo compone:

- Un motor 3PH/460V/60Hz/12,4A/10Hp/1780rpm, gobernado por un variador de velocidad el cual ajusta la frecuencia eléctrica de forma automática acorde con la capacidad de producción programada, siendo su mínimo valor 45Hz y el máximo valor 60Hz.
- Un sistema de doble polea – correa tipo V con relación de velocidad 1:1 el cual transmite movimiento a un extractor de un caudal máximo de 11500 CFM.
- Un sistema de seguridad compuesto por un sensor de presión de aire acoplado al ducto de succión el cual apaga el quemador cuando la presión se encuentra en un valor inferior a 105 in wg y un sensor de temperatura acoplado al ducto de descarga el cual apaga el quemador cuando la temperatura del aire extraído supera los 80°C.

Figura 52. Imagen ventilador sistema de refrigeración.



Figura 53. Diagrama esquemático sistema de refrigeración.

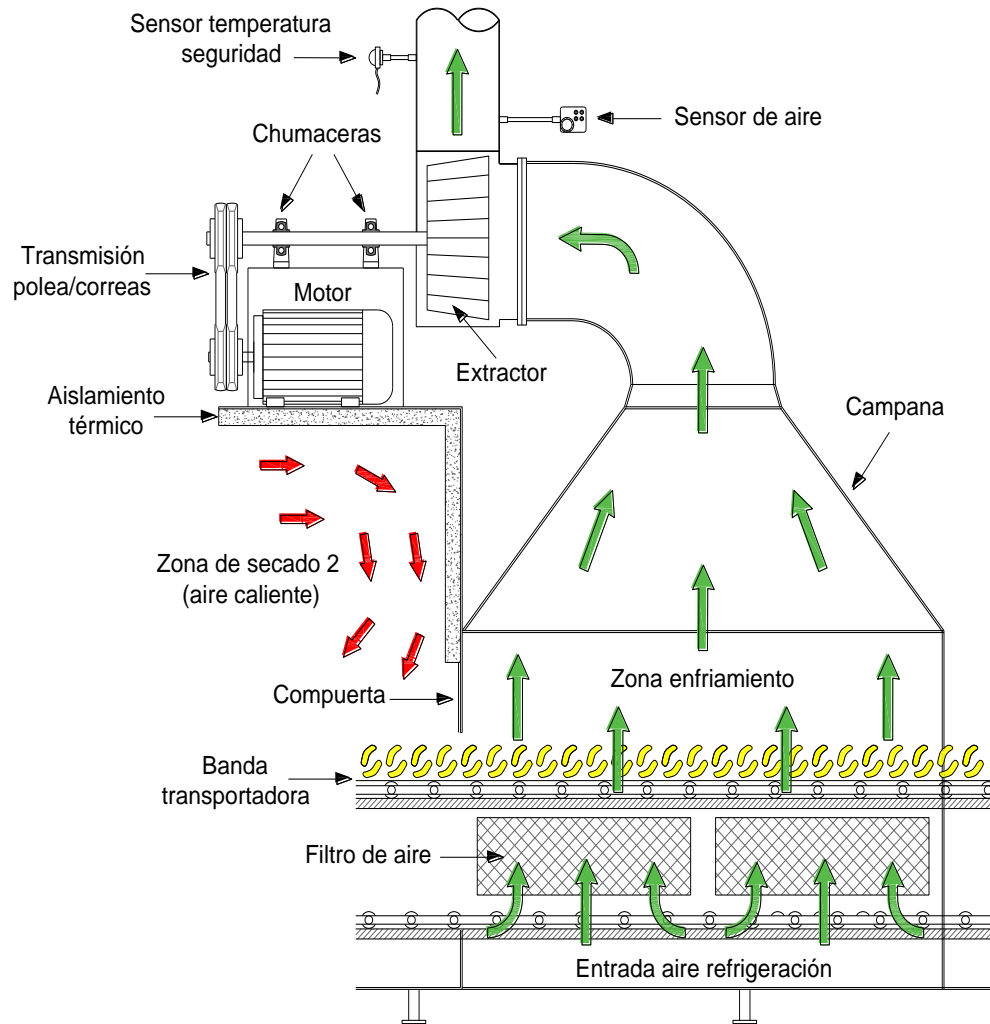


Tabla 14. Taxonomía sección de secado.

Sección	Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
				Descripción	Cantidad
Secado SAP:101544015	Horno SAP: 10187628 Marca: Aeroglade	Sistema de combustión SAP: 10154216	Quemador SAP: 10156521 Marca: Eclipse Modelo: RM0050-3000	Modutrol SAP: 8001423657	1
				Fotocelda: 1451 SAP: 8001423658	1
				Valvula reguladora SAP: 8001423659	1
				Bujia ignición SAP: 8001423660	1
			Ventilador SAP: 10156522 Marca: Eclipse Modelo: RM0050-3000	Filtro succión SAP: 8001443975	1
				Impeler SAP: 8001423661	1
			Motor quemador SAP: 10156523 Marca: Baldor	Rodamiento 6204 ZZ C3 SAP:8001348216	2
			Tren de gas SAP: 10156524	Valvula Shut off alta SAP: 8001423662 Marca: Honeywell Modelo: V4055A 1098	1
				Valvula Shut off alta SAP: 8001423663 Marca: Honeywell Modelo: V4055D 1019	1
				Regulador de gas piloto SAP: 8001423664	1
		Presostato gas SAP: 8001423665 Marca: Honeywell Modelo: C6097B		1	
		Presostato gas piloto SAP: 8001423666 Marca Honeywell Modelo: C6097A		1	
		Ventilador reposición aire (Make up) SAP: 10154357	Filtro succión SAP: 8001443976	1	
			Presostato aire 01 SAP: 8001423667 Marca: Dungs	1	
			Correa 3VX280 SAP: 8001379135	2	
			Soporte YAR 206-2F SAP: 8001348219	2	
Motor ventilador (Make up) SAP: 10154359 Marca: ABB Potencia: 1.1kW Velocidad (RPM): 3390	Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128		2		

Sección	Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
				Descripción	Cantidad
Secado SAP:101544015	Horno SAP: 10187628 Marca: Aeroglide	Sistema de extracción de aire saturado SAP: 10154307	Extractor aire saturado (sistema de transmisión) SAP: 10154308	Filtro succión SAP: 8001443976	1
				Presostato aire 02 SAP: 8001423667 Marca: Dungs	1
				Correa 3VX280 SAP: 8001379135	1
				Soporte YAR 206-2F SAP: 8001348219	2
				Rod: 6205 ZZ C3 SAP: 800174128	1
				Rod: 6206 ZZ C3 SAP: 800174000	1
		Sistema de recirculación aire caliente 01 SAP: 10154310	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión) SAP: 10154311	Presostato aire 03 SAP: 8001423667 Marca: Dungs	1
				Correa 3VX320 SAP: 8001379136	2
				Soporte YAR 208-2F SAP: 8001348220	2
				Rod: 6208 ZZ C3 SAP: 800174012	2
		Sistema de recirculación aire caliente 02 SAP: 101543113	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión) SAP: 10154311	Presostato aire 03 SAP: 8001423667 Marca: Dungs	1
				Correa 3VX320 SAP: 8001379136	2
				Soporte YAR 208-2F SAP: 8001348220	2
				Rod: 6208 ZZ C3 SAP: 800174012	2
		Sistema de refrigeración SAP: 101543115	Ventilador refrigeración (sistema de transmisión) SAP: 101543116	Filtro succión SAP: 8001443972	2
				Presostato aire 04 SAP: 8001423662 Marca: Dungs	1
				Correa A39 SAP: 8001379138	2
				Soporte YAR 208-2F SAP: 8001348220	2
				Motor sistema refrigeración SAP: 10154317 Marca: ABB Potencia: 7.5kW Velocidad (RPM): 1765	2

Sección	Equipo	Sub Equipo	Ítem Mantenible	Componentes	
				Descripción	Cantidad
Secado SAP:101544015	Horno SAP: 10187628 Marca: Aeroglide	Banda transportadora de producto SAP: 10154318	Motor Banda transporte SAP: 10154319 Marca: SEW Eurodrive Potencia: 7.5kW Velocidad (RPM): 1765	Rod: 6205 2Z C3 SAP: 800174128	2
			Reductor Banda transporte SAP: 10154319 Marca: SEW Eurodrive Potencia: 0.75W Velocidad (RPM): 24	Rod: 62XX SAP:	2
				Rod: 62XX SAP: 1000XXX	2
				Retenedor: XXXX SAP: 100XX	1
			Banda transportadora (sistema de transmisión) SAP: 10154320	Cadena SAP: 800174946 No. Parte: 14578-1	36 mt
				Piñon SAP: 800174947 No. Parte: 14243	4
				Soporte YAR 212-2F SAP: 8001348220	2
				Soporte YAR 212-2F SAP: 8001348221	2
				Resortes de tensión SAP: 800174948 No. Parte: 22437-1	2
				Banda SAP: 800174946 No. Parte: 14582-1	18 mt
				Guia lateral SAP: 800174946 No. Parte: 14584	
			Motor cepillo limpieza de banda SAP: 10154321 Marca: SEW Eurodrive Potencia: 0.38W Velocidad (RPM): 1750	Rod: 6204 2Z C3 SAP: 800174127	144
			Reductor cepillo limpieza de banda SAP: 10154319 Marca: SEW Eurodrive Potencia: 0.38W Velocidad (RPM): 58	Rod: 62XX SAP:	2
				Rod: 62XX SAP: 1000XXX	2
				Retenedor: XXXX SAP: 100XX	1
Cepillo limpieza de banda	Soporte TU 45 TF SAP: 8001348223	2			
	Cerdas de cepillo SAP: 800174946 No. Parte: 16485-1	4			

Continúa AMEF (análisis de modos y efecto de fallas), y criticidad de equipos sección de transporte, ver anexo I.y J

6. PLANES DE MANTENIMIENTO (MATRICES DE MANTENIMIENTO PLANEADO).

Concluido con el desarrollo de la taxonomía recomendada para su creación en el sistema SAP, el análisis de modos y efectos de falla y el análisis de criticidad de equipos mantenibles, se procede a continuar con el desarrollo de los planes de mantenimiento, se programó una serie de 3 reuniones para definir las actividades que mitigarían la ocurrencia de las averías presentada en la línea de extruidos, en estas reuniones participaron: el gerente de mantenimiento, el coordinador de mantenimiento, el técnico líder de la línea, el planeador y el facilitador del RCM. Los planes de mantenimiento son plasmados en matrices para facilitar la carga masiva al SAP los cuales siguen la siguiente metodología:

1. Basado en el diagrama de decisiones para identificar las actividades costo efectivas y cuales correrían a la falla (RTF), nos apoyamos en la criticidad de los equipos en conjunto con el NPR (número de prioridad de riesgo) para definir la criticidad de la actividad, el cual servirá para realizar posteriormente un diagrama de Gantt en las jornadas definidas para mantenimiento, de esta manera priorizamos la jornada de ejecución.
2. Por cada causa de falla identificada se le asocia una o más actividades de mantenimiento.
3. Dentro de las actividades costo efectivas identificamos cuales se pueden realizar con los equipos en operación para aplicar tareas predictivas basadas en un monitoreo por condición o requieren los equipos detenidos.
4. Se definen cuáles actividades pueden ser ejecutadas por los operarios basados en un mantenimiento autónomo y cuales son ejecutadas por personal técnico, también se asigna la cantidad de personas requeridas para su ejecución.
5. Se definen las actividades que requieren una frecuencia de cambio del componente por motivo que no se cuenta con alguna métrica para monitorear alguna variable que nos indique el momento de falla del componente.

6. La frecuencia de la actividad es definida por el MTBF (tiempo medio entre falla), para esto utilizamos la información registrada en el sistema, si la actividad es basada en un monitoreo por condición se realiza una medición de la variable con una periodicidad de $1/6$ parte el MTBF para llevar una tendencia del comportamiento de la variable a medir, esto es definido por la estrategia del área de mantenimiento de la compañía, si la actividad se encuentra asociada a un recambio de un componente, se revisa la frecuencia de falla para definir el momento del cambio.
7. El tiempo de la ejecución se encuentra asociado a la estadística de la duración de esta actividad o de actividades similares, si la actividad propuesta nunca se había realizado, se comprende la dificultad de realizarlo basado en el contexto operacional y se estima un tiempo el cual se actualizará a medida que se ejecute y optimice la duración.

Una vez realizada la matriz de mantenimiento se comparte esta información al planeador para realizar la carga masiva al sistema SAP e iniciar la programación de las actividades planeadas.

A continuación se presenta las matrices de mantenimiento planeado, (ver anexo K hasta O).

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el RCM de la línea de extruidos de maíz podemos concluir:

- La estrategia de mantenimiento que se dispone se basa solamente en el recambio de componentes con una frecuencia determinada para el mantenimiento preventivo sin medir alguna variable que indique el momento de falla. Es así que surge la propuesta de realizar un RCM para optimizar esta estrategia e implementar actividades costo – efectivas que resulten en mejorar la disponibilidad de los equipos y optimizar el presupuesto de mantenimiento, por ese motivo se incorporan actividades autónomas y de monitoreo por condición como soporte del plan de mantenimiento actual, igualmente se identificaron actividades de recambio los cuales por la dificultad de medir alguna variable finalmente se implementaron.
- Durante el desarrollo del RCM se identificaron oportunidades en el plan de mantenimiento vigente, iniciando por la taxonomía que actualmente se dispone la cual no cumple ninguna norma y que durante las sesiones realizadas se han creado códigos de sub-equipos e ítem mantenibles, adicionalmente se identificaron componentes los cuales no estaban creados en el SAP.
- El plan de mantenimiento vigente consta de 75 actividades de mantenimiento por año donde todas son ejecutadas por personal técnico, con el desarrollo del RCM se proponen 272 actividades de mantenimiento por año, de las cuales, 64 tareas son de mantenimiento autónomo, 161 basados en un monitoreo por condición y 47 actividades son por frecuencia de recambio.
- Las 75 actividades actuales se programan 12 horas por mes para su ejecución más 4.5 horas promedio que se realizan en horas extras para un total de 46.5 horas, todas estas demandan tener los equipos detenidos y su cumplimiento es de 78% de plan de mantenimiento, de las 272 actividades propuestas, 165 demandan los equipos detenidos con un promedio mensual de 19.6 horas.

- El plan de mantenimiento actual no dispone de un análisis de criticidad de actividades, lo cual es una causa que algunos componentes presenten un deterioro natural que culminan en una avería por falta de mantenimiento a este componente. Parte del propósito de realizar el RCM es identificar las actividades críticas que darán mayor confiabilidad de los equipos, derivado del estudio realizado, 79 actividades se identificaron con un valor de criticidad alto, este es el inicio para desarrollar diagramas de Gantt en las jornadas de detención por mantenimiento planeado y priorizar la ejecución de estas actividades.
- Finalmente podemos concluir que el RCM realizado en la línea de extruidos es una herramienta la cual nos ayuda a optimizar el plan de mantenimiento actual ya que nos lleva a un nivel de detalle más profundo de las actividades que se disponen y de incluir nuevas actividades. Durante este trabajo identificamos ítem mantenibles que no estaban contemplados en el plan existente y en el momento de evaluar su criticidad es alta, asociado a esta criticidad de equipos también se identificaron componentes críticos que se desconocían, como parte de esta implementación se ajustó la estrategia de mantenimiento donde se definieron actividades que con un entrenamiento básico los operarios pueden ejecutar y contribuir al cumplimiento del plan de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ISO 14224; Petroleum, petrochemical and gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Second edition. 2006. 172p

MORA GUTIÉRREZ. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Algaomega Colombiana S.A. 528p

MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Segunda edición. UK. Aladon Ltd. 2004. 433p

SAE JA1011 SURFACE VEHICLE / AEROSPACE STANDARD. Evaluation Criteria for Reliability - Centered Maintenance (RCM) processes. 1999. 12p

SAE JA1012 SURFACE VEHICLE / AEROSPACE RECOMMENDED PRACTICE. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. 2002. 57p

SIFONTE, Jesús & REYES PICKNELL, James. Reliability centered maintenance – Reengineered. Miami. CRC Press. 2017. 349p

SMITH, Ricky & MOBLEY Keith. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers. Primera edición. UK. Butterworth-Heinemann. 2007. 336p

ANEXOS

Anexo A. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección homogenizado.

EQUIPO	EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Homogenizador	Mezclador	Mezclar 480kg de grit de maíz para que las partículas estén homogéneas y el diámetro promedio sea de 0.4mm al ingresar al extrusor	No homogenizar el grit de maíz y permitir que partículas no uniformes entren al extrusor	Espiral Mezclador	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					ELP	Fuga externa - medio de procesamiento	Fuga de grit de maíz
					OTH	Otro	Desgaste en el eje
				Motor Mezclador	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
					FTS	No arranca al momento de encender	Perdida de movimiento en el momento de dar señal de arranque
					Reductor Mezclador	BRD	Colapso
	VIB	Vibración	Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva				
	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)				
	ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior				
	Alimentador Homogenizador	Transportar el grit de maíz desde la zona de bultos hasta el tanque del mezclador a un caudal de 480kg/hr	No transportar el grit de maíz al mezclador a un caudal de 480kg/hr	Motor Alimentador Mezclador	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					OTH	Otro	Atascamiento del hélice alimentador
					NOI	Ruido	Sonido audible mayor del funcionamiento normal
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
FTS					No arranca al momento de encender	Perdida de movimiento en el momento de dar señal de arranque	
Reductor Alimentador Mezclador				BRD	Colapso	Daño en componentes internos	
				VIB	Vibración	Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	
				NOI	Ruido	Sonido audible mayor del funcionamiento normal	
				OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	
ELU	Fuga externa – medio de servicio	fuga de aceite lubricante hacia el exterior					

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Mezclador	Espiral Mezclador	Colapso	No hay mezcla de producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Falta de lubricación	7	5	3	105
		Fuga externa - medio de procesamiento	No hay mezcla de producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 1,5hr	Desgaste empaquetadura laterales	6	4	4	96
		Otro	Baja capacidad de línea, movimiento anormal del eje, intervención programada mtto en las siguientes 72hr	Sobrecarga de producto	5	4	4	80
	Motor Mezclador	Colapso	No hay mezcla de producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Valores de vibración por encima del nivel de alerta	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Deterioro aislamiento, consumo de corriente por encima del valor nominal, Intervención programada de mtto	Bajo aislamiento de las bobinas	5	3	4	60
		No arranca al momento de encender	Baja capacidad de línea, intervención inmediata de mtto	Daño de la ventaviola	5	3	3	45
	Reductor Mezclador	Colapso	No hay mezcla de producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Alimentación abierta	5	4	5	100
				Motor en corto por humedad	5	4	3	60
		Vibración	No hay detención del homogenizador, intervención programada de mtto	Pérdida de lubricante	7	3	4	84
				Rotura de componentes internos	7	3	4	84
		Sobrecalentamiento	No hay detención del homogenizador, intervención programada de mtto	Sobrecarga de producto	4	4	4	64
				Desgaste de elementos rodantes	3	4	3	36
Fuga externa – medio de servicio		Baja capacidad de línea, posible afectación en el producto	Degradación del lubricante	5	3	3	45	
	Sobrecarga de producto		5	4	4	80		
Alimentador Homogenizador	Motor Alimentador Mezclador	Colapso	Paro de línea, no hay mezcla de producto, intervención inmediata de mantenimiento	Valores de vibración por encima del nivel de alerta	7	5	3	105
		Otro	Mezclador sin producto, rotura de la hélice, paro de línea, intervención inmediata	Acumulación de producto en el ducto de descarga	7	5	3	105
		Ruido	No hay detención del alimentador del homogenizador, intervención programada de mantenimiento	Desgaste de elementos rodantes	4	3	3	36
		Sobrecalentamiento	Deterioro aislamiento, consumo de corriente por encima del valor nominal, Intervención programada de mantenimiento	Bajo aislamiento de las bobinas	4	4	4	64
				Acumulación de producto en el ducto de descarga	4	4	3	48
	No arranca al momento de encender	Paro de línea, no hay mezcla de producto, intervención inmediata de mantenimiento	Daño bobinado	7	3	4	84	
			Alimentación abierta	7	4	5	140	
			Motor en corto por humedad	7	4	3	84	
	Reductor Alimentador Mezclador	Colapso	Paro de línea, no hay mezcla de producto, intervención inmediata de mantenimiento	Nivel bajo de lubricación	7	3	4	84
				Rotura de engranajes	7	3	4	84
		Vibración	No hay detención del homogenizador, intervención programada de mantenimiento	Sobrecarga de producto	4	4	4	64
				Desgaste de elementos rodantes	4	4	3	48
		Ruido	No hay detención del homogenizador, intervención programada de mantenimiento	Desgaste de elementos rodantes	4	3	3	36
		Sobrecalentamiento	No hay detención del homogenizador, intervención programada de mantenimiento	Degradación del lubricante	4	3	3	36
	Acumulación de producto en el ducto de descarga			4	4	3	48	
Fuga externa – medio de servicio	Baja capacidad de línea, posible afectación en el producto	Desgaste de retenedores	6	4	3	72		

Anexo B. Análisis de criticidad de equipos sección homogenizado.

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTR	Seguridad	Consecuencia	Criticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO
				Fp	Fc	Ftmpr	Fmass			
Mezclador	Mezclador	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
		ELP	Fuga externa - medio de procesamiento	5	1	2	4	16	ALTA	
		OTH	Otro	5	2	1	1	8	MEDIA	
	Motor Mezclador	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	2	1	7	BAJA	
		FTS	No arranca al momento de encender	3	1	1	4	8	MEDIA	
	Reductor Mezclador	BRD	Colapso	5	2	1	1	8	MEDIA	MEDIA
		VIB	Vibración	1	2	1	1	4	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	2	1	7	BAJA	
		ELU	Fuga externa – medio de servicio	1	1	2	4	8	MEDIA	
Alimentador Homogenizador	Motor Alimentador Mezclador	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
		OTH	Otro	5	2	2	1	15	ALTA	
		NOI	Ruido	1	1	1	1	3	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	1	1	4	BAJA	
		FTS	No arranca al momento de encender	5	1	2	1	13	ALTA	
	Reductor Alimentador Mezclador	BRD	Colapso	5	2	2	1	15	ALTA	ALTA
		VIB	Vibración	1	2	1	1	4	BAJA	
		NOI	Ruido	1	2	1	1	4	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	1	1	4	BAJA	
		ELU	Fuga externa – medio de servicio	1	2	1	1	4	BAJA	

Anexo C. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección extruido (1/4)

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Extrusor	Sistema de almacenamiento	Transportar grit de maíz desde el homogenizador al silo con un caudal de 480kg/hr sin desperdicio por derrames de producto	No transportar grit de maíz desde el homogenizador al silo con un caudal de 480kg/hr y derrames de producto	Motor alimentador silo	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
							Atascamiento del espiral alimentador
							Motor en cortocircuito
				OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	
				ELP	Fuga externa - medio de procesamiento	Fuga de grit de maíz	
				Reductor alimentador silo	BRD	Colapso	Daño en componentes internos
		Desacople de la espiral del eje del reductor					
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva					
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)					
		ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior			
	Almacenar grit de maíz con una capacidad de almacenamiento de 300kg	No almacenar grit de maíz con una capacidad de almacenamiento de 280kg	Silo - Estructura	ELP	Fuga externa - medio de procesamiento	Fuga de grit de maíz	
							Transportar el grit de maíz desde el silo al dosificador de trabajo a un caudal de 480kg/hr
	Motor en cortocircuito						
	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)				
	Reductor agitador silo	BRD	Colapso	Daño en componentes internos			
				Atascamiento de las aspas alimentador			
Desacople de las aspas del eje del reductor							
Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva							
OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)					
ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior					

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Sistema de almacenamiento	Motor alimentador silo	Colapso	Detención súbita del motor, no hay alimentación al silo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al silo, paro de línea, intervención inmediata 1,5hr	Acumulación de producto en el ducto de alimentación	6	4	3	72
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al silo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Humedad en el devanado	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	4	3	3	36
				Daño de la ventaviola	4	2	3	24
				Sobrecarga de producto	4	4	4	64
	Fuga externa - medio de procesamiento	Derrame de producto, no hay detención del extrusor, intervención programada de mto	Desgaste del ducto de alimentación al silo	4	4	3	48	
	Reductor alimentador silo	Colapso	Rotura de componentes, paro de línea, no hay alimentación al silo, intervención inmediata de mto 2hr	Pérdida de lubricante	7	3	3	63
			No hay alimentación al silo, paro de línea, intervención inmediata mto, 1,5hr	Rotura de componentes internos	7	4	4	112
		Vibración	No hay detención del extrusor, intervención programada de mto en las siguientes 48hr	Soltura del tornillo del acople de la espiral	6	3	4	72
		Sobrecalentamiento	No hay detención del extrusor, intervención programada de mto en las siguientes 24hr	Desajuste de la base del reductor	4	4	4	64
		Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite del reductor, riesgo de contaminación al producto, paro inmediato de mto 1,5hr	Falta de lubricación	4	4	3	48
	Silo - Estructura	Fuga externa - medio de procesamiento	Derrame de producto, paro de línea, intervención inmediata de mto, 1hr	Desgaste de retenedores	8	3	4	96
	Motor agitador silo	Colapso	Detención súbita del motor, no hay alimentación al dosificador de trabajo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Desgaste de los sellos de contención de grit de maíz.	6	4	3	72
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al dosificador de trabajo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mto en las siguientes 48hr	Humedad en el devanado	7	4	4	112
				Deterioro del aislamiento	4	3	4	48
	Reductor agitador silo	Colapso	Rotura de componentes, paro de línea, no hay alimentación al extrusor, intervención inmediata de mto 2hr	Daño de la ventaviola	4	4	3	48
				Pérdida de lubricante	7	4	3	84
				Desgaste de componentes internos	7	4	4	112
		Vibración	No hay detención del extrusor, intervención programada de mto en las siguientes 72hr	Acumulación de producto en el ducto de descarga al dosificador de trabajo	7	3	5	105
				Soltura de tornillos de sujeción del acople	7	3	5	105
				Desajuste de la base del reductor	4	4	4	64
		Sobrecalentamiento	No hay detención del extrusor, intervención programada de mto en las siguientes 72hr	Desgaste de elementos rodantes	4	3	4	48
				Falta de lubricación	4	4	3	48
	Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite del reductor, no hay riesgo de contaminación al producto, paro programado de mto	Desgaste de retenedores	4	4	4	64	

Anexo C. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección extruido (2/4)

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Extrusor	Dosificador de trabajo	Transportar el grit de maíz hacia el dosificador vertical a un caudal variable entre un rango de 180kg/hr hasta 480kg/hr	No transportar el grit de maíz hacia el dosificador vertical entre un rango de 180kg/hr hasta 480kg/hr según la programación de producción	Motor dosificador trabajo	BRD	Colapso	Falla de rodamientos Atascamiento de los tornillos alimentadores Motor en cortocircuito
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Reductor dosificador de trabajo	BRD	Colapso	Daño en componentes internos Desacople de los tornillos alimentadores del eje
					VIB	Vibración	Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
					LOO	Baja energía de salida	Bajo caudal de alimentación al dosificador vertical
					ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior
	Dosificador vertical	Alimentar con grit de maíz al tornillo extrusor a un caudal variable entre un rango de 180kg/hr hasta 480kg/hr	No alimentar con grit de maíz al tornillo extrusor a un caudal variable entre un rango de 180kg/hr hasta 480kg/hr	Transportador vertical	BRD	Colapso	Falla de rodamientos Atascamiento del tornillo vertical Desacople del tornillo vertical del eje del motor
					LOO	Baja energía de salida	Bajo caudal de alimentación al tornillo extrusor
				Motor dosificador vertical	BRD	Colapso	Falla de rodamientos Motor en cortocircuito
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Dosificador de trabajo	Motor dosificador trabajo	Colapso	Detención súbita del motor, no hay transporte al dosificador vertical, paro de línea, intervención inmediata 1.5hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del motor, no hay transporte al dosificador vertical, paro de línea, intervención inmediata 1.5hr	Acumulación de producto en el ducto de alimentación	7	3	4	84
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al dosificador de trabajo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Humedad en el devanado	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	4	3	3	36
				Daño de la ventaviola	4	2	3	24
				Sobrecarga de producto	4	4	4	64
	Reductor dosificador de trabajo	Colapso	Rotura de componentes, paro de línea, no hay alimentación al alimentador vertical, intervención inmediata de mtto 2hr	Pérdida de lubricante	7	3	3	63
				Desgaste de componentes internos	7	4	4	112
			Paro de línea, no hay alimentación al alimentador vertical, intervención inmediata de mtto 1hr	Soltura de tornillos de sujeción del acople	6	3	5	90
				Desajuste de la base del reductor	4	4	4	64
		Vibración	No hay detención del extrusor, intervención programada de mtto en las siguientes 72hr	Desgaste de elementos rodantes	4	3	4	48
		Sobrecalentamiento	No hay detención del extrusor, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Falta de lubricación	4	4	3	48
		Baja energía de salida	Baja capacidad de línea, alimentación por debajo del caudal programado, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de los tornillos alimentadores	5	4	4	80
		Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite del reductor, riesgo de contaminación al producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 1,5	Desgaste de empaquetadura	8	3	4	96
Dosificador vertical	Transportador vertical	Colapso	Detención del motor, no hay dosificación al tornillo extrusor, paro de línea, intervención inmediata de mtto, 1hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención del motor, no hay dosificación al tornillo extrusor, paro de línea, intervención inmediata de mtto, 1hr	Acumulación de grit en el ducto vertical	7	4	4	112
			Detención del motor, no hay dosificación al tornillo extrusor, paro de línea, intervención inmediata de mtto, 1hr	Soltura de tornillos de sujeción del acople	6	3	5	90
		Baja energía de salida	Baja capacidad de línea, alimentación por debajo del caudal programado, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de los tornillo vertical	5	4	4	80
	Motor dosificador vertical	Colapso	Detención súbita del motor, no hay alimentación al extrusor, paro de línea, intervención inmediata 1.5hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al dosificador de trabajo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Humedad en el devanado	7	3	4	84
			Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	4	3	3	36
		Daño de la ventaviola		4	2	3	24	
		Sobrecarga de producto		4	4	4	64	

Anexo C. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección extruido (3/4)

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA			
Extrusor	Dosificador de arranque	Alimentar con lecitina de soya el tornillo extrusor dentro de un rango de 120kg/hr y 240kg/hr	No alimentar con lecitina de soya el tornillo extrusor dentro de un rango de 120kg/hr y 240kg/hr	Motor dosificador de arranque	BRD	Colapso	Falla de rodamientos Atascamiento de los tornillos alimentadores Motor en cortocircuito			
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)			
				Reductor dosificador de arranque	BRD	Colapso	Daño en componentes internos Desacople de los tornillos alimentadores del eje			
								VIB	Vibración	Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)			
					LOO	Baja energía de salida	Bajo caudal de alimentación al dosificador vertical			
					ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior			
					Unidad hidráulica	Lubricar los rodamientos del bloque extrusor	No lubricar los rodamientos del bloque extrusor	Motor unidad hidráulica	BRD	Colapso
				OHE					Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Bomba unida hidráulica				BRD	Colapso	Falla de rodamientos Falla de componentes internos
	Atascamiento de los lóbulos									

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Dosificador de arranque	Motor dosificador de arranque	Colapso	Detención súbita del motor, no hay transporte al dosificador vertical, paro de línea, intervención inmediata 1.5hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del motor, no hay transporte al dosificador vertical, paro de línea, intervención inmediata 1.5hr	Acumulación de producto en el ducto de alimentación	7	3	4	84
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al dosificador de trabajo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Humedad en el devanado	7	4	4	112
	Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	4	3	3	36	
			Daño de la ventaviola	4	2	3	24	
			Sobrecarga de producto	4	4	4	64	
	Reductor dosificador de arranque	Colapso	Rotura de componentes, paro de línea, no hay alimentación al alimentador vertical, intervención inmediata de mtto 2hr	Pérdida de lubricante	7	3	3	63
			Paro de línea, no hay alimentación al alimentador vertical, intervención inmediata de mtto 1hr	Desgaste de componentes internos	7	4	4	112
		Vibración	No hay detención del extrusor, intervención programada de mtto en las siguientes 72hr	Soltura de tornillos de sujeción del acople	6	3	5	90
				Desajuste de la base del reductor	4	4	4	64
		Sobrecalentamiento	No hay detención del extrusor, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de elementos rodantes	4	3	4	48
				Falta de lubricación	4	4	3	48
	Baja energía de salida	Baja capacidad de línea, alimentación por debajo del caudal programado, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de los tornillos alimentadores	5	4	4	80	
	Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite del reductor, riesgo de contaminación al producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 1,5	Desgaste de empaquetadura	8	3	4	96	
Unidad hidráulica	Motor unidad hidráulica	Colapso	Detención súbita de la unidad hidráulica, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Deterioro de rodamientos	6	3	4	72
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	6	3	4	72
	Bomba unida hidráulica	Colapso	Detención súbita de la unidad hidráulica, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Deterioro de rodamientos	7	3	3	63
			Detención súbita de la unidad hidráulica, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Desgaste de componentes internos	7	3	3	63
			Detención súbita de la unidad hidráulica, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Suciedad o componentes externos en el interior de la bomba	7	3	3	63

Anexo C. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección extruido (4/4)

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Extrusor	Sistema compresión	Transportar el grit de maíz a través del molde con una velocidad de régimen de 750rpm +/- 15rpm para un caudal máxico de 480kg/hr	No transportar el grit de maíz a través del molde con una velocidad de régimen de 750rpm +/- 15rpm para un caudal máxico de 480kg/hr	Bloque extrusor	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
							Falla en la transmisión polea correas
							Desacople de la polea
				OHE	Sobrecalentamiento	Calentamiento superior a 110°C en el bloque	
				LOO	Baja energía de salida	Baja alimentación de producto extruido	
				ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	
	Motor bloque extrusor	BRD	Colapso	Falla de rodamientos			
		OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)			
	Motor ventilador	BRD	Colapso	Falla de rodamientos			
		OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)			
	Sistema dosificación de agua	Dosificar agua a un caudal de 0,2 lt/min	No dosificar agua a un caudal de 0,2 lt/min	Motobomba dosificadora de agua	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
							Falla de componentes internos
Atascamiento del diafragma							

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Sistema compresión	Bloque extrusor	Colapso	Detención súbita del bloque, paro de línea, intervención inmediata mtto 3hr	Falta de lubricación	7	4	4	112
				Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del bloque, paro de línea, intervención inmediata mtto 3hr	Rotura de las correas	7	4	3	84
				Perdida de alineación entre poleas	7	2	4	56
		Detención súbita del bloque, paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Soltura de tornillos de sujeción de la polea	7	3	4	84	
		Sobrecalentamiento	Atascamiento del tornillo extrusor , paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Falla en el sistema de refrigeración, no hay suministro de agua	7	3	4	84
		Baja energía de salida	Baja capacidad de línea, producto fuera de especificaciones, intervención programada de mtto	Desgaste dimensional del tornillo extrusor	4	4	5	80
	Desgaste dimensional de la camisa			4	4	5	80	
	Desgaste dimensional de los moldes de extrusión.			4	4	5	80	
	Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite lubricante, no genera riesgo de contaminación, no hay paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro de retenedores y empaquetadura	6	3	5	90	
	Motor bloque extrusor	Colapso	Detención súbita del motor, paro de línea, intervención inmediata de mtto 3hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del bloque, paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Soltura de tornillos de sujeción de la polea	7	3	4	84
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	4	3	5	60
	Motor ventilador	Colapso	Detención súbita del motor, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Falla en el sistema de refrigeración por aire	5	3	4	60
Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto			Deterioro de rodamientos	7	3	4	84	
Sistema dosificación de agua	Motobomba dosificadora de agua	Colapso	No hay detención de suministro de agua, se tiene equipo en stand by, paro de línea 0,2hr	Deterioro de rodamientos	4	3	3	36
			No hay detención de suministro de agua, se tiene equipo en stand by, paro de línea 0,2hr	Desgaste de componentes internos	4	3	3	36
			No hay detención de suministro de agua, se tiene equipo en stand by, paro de línea 0,2hr	Suciedad o componentes externos en el interior de la bomba	4	3	3	36

Anexo D. Análisis de criticidad de equipos sección extruido.

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTTR	Seguridad	Consecuencia	Criticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO
				Fp	Fc	Ftmpr	Fmass			
Sistema de almacenamiento	Motor alimentador silo	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
				5	1	2	1	13	ALTA	
				5	1	2	1	13	ALTA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	1	1	4	BAJA	
		ELP	Fuga externa - medio de procesamiento	1	1	1	1	3	BAJA	
	Reductor alimentador silo	BRD	Colapso	5	2	2	4	18	ALTA	ALTA
				5	1	1	1	7	BAJA	
		VIB	Vibración	1	1	2	1	5	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1	3	BAJA	
	Silo - Estructura	ELP	Fuga externa - medio de procesamiento	5	1	1	7	13	ALTA	ALTA
				5	2	2	4	18	ALTA	
	Motor agitador silo	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
				1	2	1	1	4	BAJA	
	Reductor agitador silo	OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1	3	BAJA	ALTA
				5	2	2	1	15	ALTA	
		BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	
5		1	2	1	13	ALTA				
VIB		Vibración	1	1	2	1	5	BAJA		
Reductor agitador silo	OHE	Sobrecalentamiento	1	2	2	1	7	BAJA	ALTA	
			1	2	2	1	7	BAJA		
	ELU	Fuga externa - medio de servicio	1	1	2	1	5	BAJA		
Dosificador de trabajo	Motor dosificador trabajo	BRD	Colapso	5	2	2	1	15	ALTA	ALTA
				5	1	1	1	7	BAJA	
				1	1	1	1	3	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	1	2	1	5	BAJA	
	Reductor dosificador de trabajo	BRD	Colapso	5	2	2	1	15	ALTA	ALTA
				1	1	1	1	3	BAJA	
		VIB	Vibración	1	2	1	1	4	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	2	1	7	BAJA	
		LOO	Baja energía de salida	3	1	2	1	9	MEDIA	
		ELU	Fuga externa - medio de servicio	5	1	2	1	13	ALTA	
Dosificador vertical	Transportador vertical	BRD	Colapso	5	1	1	1	7	BAJA	MEDIA
				5	2	1	1	8	MEDIA	
		5	1	1	1	7	BAJA			
		LOO	Baja energía de salida	3	1	2	1	9	MEDIA	
	Motor dosificador vertical	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
				1	1	1	1	3	BAJA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1	3	BAJA	

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTTR	Seguridad	Consecuencia	Críticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO	
				Fp	Fc	Ftmpr	Fmass				
Dosificador de arranque	Motor dosificador de arranque	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA	
				5	1	2	1	13	ALTA		
				5	1	2	1	13	ALTA		
	Reductor dosificador de arranque	OHE	Sobrecalentamiento	Colapso	1	1	1	1	3	BAJA	ALTA
					5	2	2	1	15	ALTA	
					1	1	1	1	3	BAJA	
					1	2	1	1	4	BAJA	
Reductor dosificador de arranque	OHE	Sobrecalentamiento	Colapso	1	2	2	1	7	BAJA	ALTA	
				3	1	2	1	9	MEDIA		
				5	1	2	1	13	ALTA		
Sistema compresión	Bloque extrusor	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA	
				5	1	2	1	13	ALTA		
				5	1	2	1	13	ALTA		
				5	1	2	1	13	ALTA		
				5	1	2	1	13	ALTA		
	Bloque extrusor	OHE	Sobrecalentamiento	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
					3	2	2	1	11	MEDIA	
					3	1	2	1	9	MEDIA	
	Motor bloque extrusor	BRD	Colapso	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
					5	1	2	1	13	ALTA	
					3	2	2	1	11	MEDIA	
Motor ventilador	BRD	Colapso	Colapso	3	1	2	1	9	MEDIA	MEDIA	
				1	1	2	1	5	BAJA		
Unidad hidráulica	Motor unidad hidráulica	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA	
				1	1	2	1	5	BAJA		
	Bomba unida hidráulica	BRD	Colapso	Colapso	5	1	1	1	7	BAJA	ALTA
					5	2	2	1	15	ALTA	
Sistema dosificación de agua	Motobomba dosificadora de agua	BRD	Colapso	1	1	1	1	3	BAJA	BAJA	
				1	1	1	1	3	BAJA		
				1	1	1	1	3	BAJA		

Anexo E. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de corte.

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Corte	Sistema de corte	Realizar un corte al grit de maíz expandido de forma transversal sin dejar rebaba o deformarlo, con una velocidad variable, garantizando una longitud y aspecto según las especificaciones finales del producto	Realizar un corte transversal al grit de maíz con una textura y longitud diferente a las especificaciones finales de producto.	Motor sistema de corte	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
							Motor en cortocircuito
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Mecanismo de corte	BRD	Colapso	Falla de rodamientos de la polea conducida
							Falla en chumaceras
							Rotura de correa
							Atascamiento entre eje externo e interno
					VIB	Vibración	Movimiento radial entre el eje interno y eje externo
					OTH	Pérdida de alineación	No se ajusta el gap de calibración (0.5mm) entre cuchillas y molde
						Pérdida de corte	Grit con cortes y longitudes irregulares

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Sistema de corte	Motor sistema de corte	Colapso	Pérdida de corte de producto, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
				Tensión excesiva en la polea conductora	7	4	4	112
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al dosificador de trabajo, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Humedad en el devanado	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
				Daño de la ventaviola	5	3	3	45
	Mecanismo de corte	Colapso	Pérdida de corte de producto, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
				Tensión excesiva en la polea conductora	7	4	4	112
			Pérdida de corte de producto, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1hr	Deterioro de rodamientos	7	3	4	84
				Falta de lubricación	7	3	3	63
			Pérdida de corte de producto, paro de línea, intervención inmediata de mtto 0,5	Desgaste de la correa	5	4	3	60
				Desalineación entre poleas	5	3	3	45
			Pérdida de corte de producto, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1.5hr	Falta de lubricación	7	4	4	112
	Vibración	Producto fuera de especificaciones, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1.5hr	Desgaste entre el eje interno y externo	7	4	4	112	
	Pérdida de alineación	Producto fuera de especificaciones, paro de línea, intervención inmediata de mtto 0.5hr	Soltura de los tornillos de sujeción.	5	4	4	80	
Pérdida de corte	Producto fuera de especificaciones, paro de línea, intervención inmediata 0.5hr	Cuchillas sin filo	5	4	4	80		

Anexo F. Análisis de criticidad de equipos sección de corte.

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTTR	Seguridad	Consecuencia	Criticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO
				Fp	Fc	Ftmpr	Fmass			
Cortador	Motor sistema de corte	BRD	Colapso	5	1	1	1	7	BAJA	BAJA
		OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1	3	BAJA	
	Mecanismo de corte	BRD	Colapso	5	1	1	1	7	BAJA	ALTA
				5	1	1	1	7	BAJA	
				5	1	1	1	7	BAJA	
				5	2	2	1	15	ALTA	
		VIB	Vibración	5	2	2	4	18	ALTA	
		OTH	Pérdida de alineación	5	1	1	4	10	MEDIA	
			Pérdida de corte	5	1	1	4	10	MEDIA	

Anexo G. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de transporte.

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Sistema de transporte Extrusor / Secador	Transportador neumático	Transportar el grit de maíz expandido desde la tolva de recepción hasta el ciclón con un caudal de aire de 3640 CFM y un caudal másico de 480kr/hr de producto	No transportar el grit de maíz expandido desde la tolva de recepción hasta el ciclón con un caudal de aire de 3640 CFM y un caudal másico de 480kr/hr de producto	Motor	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Ventilador	BRD	Colapso	Atascamiento del impulsor
					LOO	Baja energía de salida	Exceso de material particulado en el impulsor Dámper en posición cerrada
					ELP	Fuga externa – medio de elaboración	Fuga de producto en el acople de la tolva y en el ducto
							Fuga de producto en el ducto de transporte
	Ciclón	Direccionar el grit de maíz alimentando de forma vertical evitando que se maltrate hacia el transportador excéntrico eliminando las partículas finas evitando contaminación al exterior.	Alimentar el transportador excéntrico con producto maltratado y permitiendo que existan filtraciones de material particulado del grit al exterior	Filtro de mangas	ELP	Fuga externa – medio de elaboración	Fuga de finos por la descarga del ciclón.
							Fuga de finos en el acople del filtro de mangas
							Fuga de finos por el filtro de manga
	Transportador excéntrico	Transportar el grit expandido desde la descarga del ciclón a la banda del horno a un rango de caudal másico 180kg/hr - 480kg/hr	Transportar grit de maíz expandido fuera del rango programado de 180kg/hr - 480kg/hr	Motor excéntrico	BRD	Colapso	Falla de rodamientos Desajuste de los contrapesos
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (55°C)
					LOO	Baja energía de salida	Bajo caudal de alimentación al dosificador vertical
				Charola	BRD	Colapso	Rotura de deflectores de vibración Rotura de resortes de aislamiento
					NOI	Ruido	Sonido audible mayor del funcionamiento normal

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Transportador neumático	Motor	Colapso	No hay transporte de producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 2hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
	Daño de la ventaviola			5	3	3	45	
	Ventilador	Colapso	No hay transporte de producto, paro de línea, intervención inmediata mtto 1,5hr	Soltura de ventilador con el eje del motor	7	3	4	84
		Baja energía de salida	Bajo caudal de salida de producto, producto contaminado, paro de línea, intervención inmediata, 1hr	Exceso de material particulado en el impulsor	5	3	3	45
				Bajo caudal de salida de producto, no hay paro de línea, intervención inmediata de mtto 0,5 hr	Tornillo de sujeción de dámper suelto	5	4	4
		Fuga externa – medio de elaboración	Desperdicio de producto, paro de línea, intervención inmediata 0,5 hr	Desgaste del empaque de acople entre la tolva y el ducto	7	3	4	84
				Desperdicio de producto, paro de línea, intervención inmediata 0,5 hr	Desgaste de ducto de transporte	7	3	4
Ciclón		Filtro de mangas	Fuga externa – medio de elaboración	Contaminación al exterior por material particulado, no hay paro de línea, intervención inmediata 0,5 hr	Filtro de mangas saturado con material particulado	3	4	3
	Contaminación al exterior por material particulado, no hay paro de línea, intervención inmediata 0,5 hr			Abrazadera de filtro suelta	3	4	3	36
	Contaminación al exterior por material particulado, no hay paro de línea, intervención inmediata 0,5 hr			Filtro de manga roto	3	4	3	36
Transportador excéntrico	Motor excéntrico	Colapso	Detención súbita del motor, no hay alimentación al horno, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención súbita del motor, no hay alimentación al horno, paro de línea, intervención inmediata 2hr	Tornillos de sujeción de contrapesos sueltos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	5	5	3	75
	Baja energía de salida	Baja capacidad de línea, alimentación por debajo del caudal programado, Intervención inmediata de mtto 1,5hr	Desbalanceo en la configuración de los contrapesos	5	4	4	80	
	Charola	Colapso	Detención del transportador, no hay alimentación al horno, paro de línea, intervención inmediata 1,5hr	Desgaste de los deflectores de vibración.	7	5	3	105
				Desgaste de los resortes de aislamiento	7	4	3	84
		Ruido	Baja capacidad de línea, alimentación por debajo del caudal programado, Intervención inmediata de mtto 0,5hr	Desajuste de los tornillos de los deflectores de vibración	6	4	2	48

Anexo H. Análisis de criticidad de equipos sección de transporte.

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTTR	Seguridad	Consecuencia	Criticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO
				Fp	Fc	Ftmpr	Fmass			
Transportador neumático	Motor	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
		OHE	Sobrecalentamiento	1	1	2	1	5	BAJA	
	Ventilador	BRD	Colapso	5	1	1	1	7	BAJA	ALTA
		LOO	Baja energía de salida	5	1	2	4	16	ALTA	
				1	1	0.5	1	2	BAJA	
		ELP	Fuga externa – medio de elaboración	5	1	0.5	1	4	BAJA	
				5	1	0.5	1	4	BAJA	
Ciclón	Filtro de mangas	ELP	Fuga externa – medio de elaboración	3	1	0.5	1	3	BAJA	BAJA
				3	1	0.5	1	3	BAJA	
				3	1	0.5	1	3	BAJA	
Transportador excéntrico	Motor excéntrico	BRD	Colapso	5	2	2	1	15	ALTA	ALTA
				5	2	1	1	8	MEDIA	
		OHE	Sobrecalentamiento	1	2	2	1	7	BAJA	
		LOO	Baja energía de salida	3	1	1	1	5	BAJA	
	Charola	BRD	Colapso	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA
				5	1	1	1	7	BAJA	
		NOI	Ruido	5	1	1	1	7	BAJA	

Anexo I. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de secado (1/5).

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Horno	Sistema de combustión	Calentar el aire en el interior del horno manteniendo una temperatura entre 180°C - 185°C	Calentar el aire del interior del horno fuera del rango de set point establecido 180°C - 185°C	Quemador	FTF	No funciona al momento de encender	No se detecta llama en la cámara de combustión
					AIR	Lectura anormal del instrumento	Lectura no confiable en termocuplas de control
					LOO	Baja energía de salida	Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)
				Ventilador quemador	ELF	Fuga externa – combustible	Fuga de combustible en accesorios del tren de combustión
					BRD	Colapso	Falla de rodamientos
				Rotura del eje del ventilador			
				Pérdida de movimiento del ventilador			
	LOO	Baja energía de salida	Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)				
	Modutrol	FTR	No regula	No abre o cierra el damper cuando es requerido por producción			
	Tren de gas	AIR	Lectura anormal del instrumento	No hay accionamiento de las válvulas shut off			
	Ventilador reposición aire (Make up)	Reponer aire fresco a un caudal de 690 CFM con una presión de 1.5inWg a 3.863rpm	No reponer aire fresco a un caudal de 690 CFM con una presión de 1.5inWg a 3.863rpm	Ventilador Make Up (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	Falla en rodamientos
							Falla en la transmisión polea correas
					Señal del presostato de aire por debajo de 1.5inWg		
					Pérdida de movimiento del ventilador		
				LOO	Baja energía de salida	Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)	
Motor ventilador (Make up)				BRD	Colapso	Falla de rodamientos	
						OHE	Sobrecalentamiento
	NOI	Ruido	Sonido anormal audible				

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR	
Sistema de combustión	Quemador	No funciona al momento de encender	No hay llama en la cámara de combustión, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1hr	Sensor de llama no da señal de detección de llama	7	5	4	140	
			No hay llama en la cámara de combustión, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1hr	Presostatos de gas no dan señal de confirmación	7	5	4	140	
		Lectura anormal del instrumento	Producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 2hr	Señal de termocupla interrumpida	7	3	4	84	
		Baja energía de salida	Producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 3hr	Obstucción en el difusor del quemador	7	4	4	112	
		Fuga externa – combustible	Riesgo de explosión por fuga de combustible, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Perdida de hermeticidad de combustible en accesorios	9	3	4	108	
	Ventilador quemador	Colapso	Detención del ventilador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 3hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112	
			Detención del ventilador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 3hr	Desgaste del eje de sujeción del ventilador	7	4	4	112	
			Detención del ventilador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 3hr	Tornillos de sujeción sueltos	7	3	4	84	
		Baja energía de salida	Producto fuera de especificaciones, baja eficiencia de combustión, intervención inmediata de inspección 0,5hr	Suciedad del filtro de succión	6	5	3	90	
	Modutrol	No regula	Producto fuera de especificaciones, baja eficiencia de combustión, intervención inmediata de mtto 1,5hr	Deterioro natural del equipo	7	2	4	56	
	Tren de gas	Lectura anormal del instrumento	No hay llama en la cámara de combustión, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 1hr	No hay señal de confirmación	7	2	5	70	
Ventilador reposición aire (Make up)	Ventilador Make Up (sistema de transmisión)	Colapso	Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112	
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Falta de lubricación	7	4	4	112	
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Correas desgastadas	7	4	3	84	
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Suciedad en el tubo de confirmación de aire	7	3	5	105	
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Tornillos de sujeción sueltos	7	3	4	84	
			Baja energía de salida	Producto fuera de especificaciones, baja eficiencia de combustión, intervención inmediata de mtto 1hr	Suciedad del filtro de succión	7	4	3	84
	Motor ventilador (Make up)	Colapso	Se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112	
			Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
					Daño de la ventaviola	5	3	3	45
			Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste en elementos de sujeción y acople	5	3	3	45

Anexo I. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de secado (2/5).

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA			
Horno	Sistema de extracción de aire saturado	Extraer aire caliente saturado de humedad para mantener el producto con una humedad menor a 18% del volumen con una presión de 2inWg a 1150CFM y una temperatura de chimenea menor a 110°C	No extraer aire caliente saturado de humedad para mantener el producto con una humedad menor a 18% del volumen con una presión de 2inWg a 1150CFM y una temperatura de chimenea menor a 110°C	Extractor aire saturado (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	Falla en rodamientos			
							Falla en la transmisión polea correas			
							Señal del presostato de aire por debajo de 2inWg			
										Temperatura de chimenea por encima de set point (110°C)
										Pérdida de movimiento del ventilador
								LOO	Baja energía de salida	Producto con humedad mayor a 18% de volumen
								BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					Motor extractor aire saturado	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)		
						NOI	Ruido	Sonido anormal audible		
	Sistema de recirculación aire caliente 01	Recircular el aire caliente en el interior del horno a una presión de 3inWg, 5400 CFM a 2632 rpm	No recircular el aire caliente en el interior del horno a una presión de 3inWg, 5400 CFM a 2632 rpm	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	Falla en rodamientos			
							Falla en la transmisión polea correas			
							Señal del presostato de aire por debajo de 3inWg			
										Pérdida de movimiento del ventilador
								LOO	Baja energía de salida	Caudal de recirculación de aire por debajo de 5400 CFM
							BRD	Colapso	Falla de rodamientos	
							Motor recirculación aire caliente 01	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parametros de operación (47°C)
					NOI	Ruido	Sonido anormal audible			

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Sistema de extracción de aire saturado	Extractor aire saturado (sistema de transmisión)	Colapso	Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Falta de lubricación	7	4	4	112
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Correas desgastadas	7	4	3	84
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Suciedad en el tubo de confirmación de aire	7	3	5	105
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Conato de incendio en el interior del horno	7	3	3	63
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Tornillos de sujeción sueltos	7	3	4	84
	Baja energía de salida	Producto fuera de especificaciones de humedad, baja eficiencia de combustión, intervención inmediata de mtto 2hr	Suciedad en el ducto de succión.	5	4	4	80	
	Motor extractor aire saturado	Colapso	Se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
				Daño de la ventaviola	5	3	3	45
Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste en elementos de sujeción y acople	5	3	3	45		
Sistema de recirculación aire caliente 01	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	Colapso	Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Falta de lubricación	7	4	4	112
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Correas desgastadas	7	4	3	84
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Suciedad en el tubo de confirmación de aire	7	3	5	105
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Tornillos de sujeción sueltos	7	3	4	84
			Baja energía de salida	Producto por fuera de especificaciones, intervención inmediata de mtto 3hr	Suciedad en los alabes del ventilador	7	4	4
	Motor recirculación aire caliente 01	Colapso	Se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
				Daño de la ventaviola	5	3	3	45
		Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste en elementos de sujeción y acople	5	3	3	45

Anexo I. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de secado (3/5).

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Horno	Sistema de recirculación aire caliente 02	Recircular el aire caliente en el interior del horno a una presión de 3inWg, 5400 CFM a 2632 rpm	No recircular el aire caliente en el interior del horno a una presión de 3inWg, 5400 CFM a 2632 rpm	Ventilador de recirculación 02 (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	Falla en rodamientos
							Falla en la transmisión polea correas
							Señal del presostato de aire por debajo de 3inWg
							Pérdida de movimiento del ventilador
				LOO	Baja energía de salida	Caudal de recirculación de aire por debajo de 5400 CFM	
				BRD	Colapso	Falla de rodamientos	
				Motor recirculación aire caliente 02	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parametros de operación (47°C)
	NOI	Ruido	Sonido anormal audible				
	Sistema de refrigeración	Bajar la temperatura del producto a un rango entre 40°C y 45°C a una presión de 1.5 in Wg, 11.500 CFM a 1977 rpm con una temperatura de chimenea no mayor a 80°C	No enfriar el producto a un rango entre 40°C y 45°C a una presión de 1.5 in Wg, 11.500 CFM a 1977 rpm con una temperatura de chimenea no mayor a 80°C	Ventilador refrigeración (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	Falla en rodamientos
							Falla en la transmisión polea correas
							Temperatura de chimenea por encima de 80°C
							Señal del presostato de aire por debajo de 1.5 inWg
				HIO	Alta energía de salida	Temperatura de producto por encima de 45°C	
				LOO	Baja energía de salida	Caudal de recirculación de aire por debajo de 11.500 CFM	
BRD				Colapso	Falla de rodamientos		
Motor sistema refrigeración	OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parametros de operación (47°C)				
NOI	Ruido	Sonido anormal audible					

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Sistema de recirculación aire caliente 02	Ventilador de recirculación 02 (sistema de transmisión)	Colapso	Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Falta de lubricación	7	4	4	112
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Correas desgastadas	7	4	3	84
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Suciedad en el tubo de confirmación de aire	7	3	5	105
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Tornillos de sujeción sueltos	7	3	4	84
	Baja energía de salida	Producto por fuera de especificaciones, intervención inmediata de mtto 3hr	Suciedad en los alabes del ventilador	7	4	4	112	
	Motor recirculación aire caliente 02	Colapso	Se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
				Daño de la ventaviola	5	3	3	45
	Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste en elementos de sujeción y acople	5	3	3	45	
Sistema de refrigeración	Ventilador refrigeración (sistema de transmisión)	Colapso	Se apaga el quemador, producto con especificaciones fuera del rango (sobrecalentado), intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
			Se apaga el quemador, producto con especificaciones fuera del rango (sobrecalentado), intervención inmediata de mtto 2hr	Falta de lubricación	7	4	4	112
			Se apaga el quemador, producto con especificaciones fuera del rango (sobrecalentado), intervención inmediata de mtto 2hr	Correas desgastadas	7	4	3	84
			Se apaga el quemador, producto con especificaciones fuera del rango (sobrecalentado), intervención inmediata de mtto 2hr	Obstrucción en el ducto de succión	7	3	4	84
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Suciedad en el tubo de confirmación de aire	7	3	5	105
			Detención del ventilador, se apaga la llama del quemador, producto por encima de valores de humedad permitida, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Tornillos de sujeción sueltos	7	3	4	84
	Alta energía de salida	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 8hr	Filtros de ingreso de aire frío obstruido por saturación	5	5	3	75	
	Baja energía de salida	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Suciedad en los alabes del ventilador	5	4	3	60	
	Motor sistema refrigeración	Colapso	Se apaga el quemador, producto con especificaciones fuera del rango (sobrecalentado), intervención inmediata de mtto 4hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60
				Daño de la ventaviola	5	3	3	45
		Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste en elementos de sujeción y acople	5	3	3	45

Anexo I. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de secado (4/5).

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Horno	Banda transportadora de producto	Transportar el grit de maíz extruido a una capacidad de 480 kg/hr con una velocidad de banda de 19mm/s - 22mm/s	No transportar el grit de maíz extruido a una capacidad de 480 kg/hr con una velocidad de banda de 19mm/s - 22mm/s	Motor banda transportadora	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Reductor banda transportadora	BRD	Colapso	Daño en componentes internos
					VIB	Vibración	Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva
					NOI	Ruido	Sonido audible mayor del funcionamiento normal
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
					ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior
				Banda transportadora (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	Atascamiento de la banda por desalineación
							Falla en las chumaceras
					VIB	Vibración	Falla en los rodillos guía Falla en los piñones y cadena Movimiento anormal de la banda
				Motor cepillo limpieza de banda	BRD	Colapso	Falla de rodamientos
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Reductor cepillo limpieza de banda	BRD	Colapso	Daño en componentes internos
					VIB	Vibración	Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva
					NOI	Ruido	Sonido audible mayor del funcionamiento normal
					OHE	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)
				Cepillo limpieza de banda	ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior
					BRD	Colapso	Falla en las chumaceras
					OTH	Otros	Perdida de limpieza de la banda por cerdas cortas

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR	
Banda transportadora de producto	Motor banda transportadora	Colapso	Detención de la banda, paro de línea, intervención inmediata de mtto 2hr	Deterioro de rodamientos	7	4	4	112	
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Deterioro del aislamiento	5	3	4	60	
				Daño de la ventaviola	5	3	3	45	
	Reductor banda transportadora	Colapso	Detención de la banda, paro de línea, intervención inmediata de mtto 3hr	Nivel bajo de lubricación	7	4	3	84	
		Vibración	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de componentes internos	7	4	4	112	
		Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste de la base del reductor	7	3	3	63	
		Sobrecalentamiento	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de elementos rodantes	7	3	3	63	
		Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite del reductor, paro inmediato de mtto 1,5hr	Falta de lubricación	7	3	4	84	
				Desgaste de retenedores	7	3	3	63	
	Banda transportadora (sistema de transmisión)	Colapso	Detención de la banda, posibles componentes doblados, paro de línea, intervención inmediata de mtto 4hr	Perdida de tensión de la banda	7	3	5	105	
				Falta lubricación en la cadena	5	5	4	100	
				Falta de lubricación	7	3	4	84	
		Vibración	Pérdida de movimiento de los rodillos, desgaste prematuro de la banda, no hay paro de línea, actividad programada de mtto en las próximas 24hr.	Deterioro de las chumaceras	7	4	4	112	
				Deterioro de los rodillos de la cadena	5	3	5	75	
				Movimiento no sincronizado de la banda, no hay paro de línea, actividad programada de mtto en las siguientes 24hr	Desgaste de los piñones de tracción y cadena	7	3	4	84
				No hay movimiento en los rodillos de la cadena de la banda, no hay paro de línea, actividad programada de mtto en las siguientes 24hr	Desgaste de la platina guía superior	5	3	4	60
	Motor cepillo limpieza de banda	Colapso	Detención del cepillo, banda con acumulación de pedacería, incrementa el aseo del secador, no hay detención del horno, intervención programada de mtto	Desgaste de la platina guía inferior	5	3	4	60	
		Sobrecalentamiento	Consumo de corriente por encima del valor nominal, intervención programada de mtto	Deterioro de rodamientos	4	4	4	64	
				Deterioro del aislamiento	4	3	4	48	
	Reductor cepillo limpieza de banda	Colapso	Detención del cepillo, banda con acumulación de pedacería, incrementa el aseo del secador, no hay detención del horno, intervención programada de mtto	Daño de la ventaviola	4	3	3	36	
		Vibración	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Nivel bajo de lubricación	4	4	4	64	
		Ruido	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desgaste de componentes internos	4	4	4	64	
		Sobrecalentamiento	No genera paro de línea, intervención programada de mtto en las siguientes 48hr	Desajuste de la base del reductor	4	3	3	36	
		Fuga externa – medio de servicio	Derrame de aceite del reductor, paro inmediato de mtto 1,5hr	Desgaste de elementos rodantes	4	4	4	64	
				Falta de lubricación	4	3	4	48	
	Cepillo limpieza de banda	Colapso	Detención del cepillo, banda con acumulación de pedacería, incrementa el aseo del secador, no hay detención del horno, intervención programada de mtto	Desgaste de retenedores	4	3	4	48	
		Otros	Banda con acumulación de pedacería, incrementa el aseo del secador, no hay detención del horno, intervención programada de mtto	Falta de lubricación	4	3	3	36	
Deterioro de las chumaceras				4	3	3	36		
				Desgaste de las cerdas de limpieza	4	3	3	36	

Anexo I. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) sección de secado (5/5).

EQUIPO	SUB EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	DESCRIPCIÓN MODO FALLA
Horno	Estructura horno	Contener el calor interno generado por el quemador el cual debe estar una temperatura entre 180°C - 185°C y exteriormente estar en 35°C +/-3°C	Permitir fugas de calor al exterior del horno superando temperaturas mayores a 38°C por sus partes laterales o superior.	Aislamiento termico del horno	ELU	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de calor por las tapas laterales o por la cubierta superior

SUB EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	EFFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE LA FALLA	SEV.	OCU.	DET.	NPR
Estructura horno	Aislamiento termico del horno	Fuga externa – medio de servicio	Exceso de calor alrededor del horno, riesgo de accidente por quemaduras, intervención programada de mtto en las siguientes 72hr	Desgaste de aislamiento térmico en las paredes internas del horno o desgaste de los empaques de las puertas laterales	7	3	3	63

Anexo J. Análisis de criticidad de equipos sección de secado.

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTRR	Seguridad	Consecuencia	Criticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO		
				Fp	Fc	Ftmpr	Fmass					
Sistema de combustión	Quemador	FTF	No funciona al momento de encender	5	1	2	1	13	ALTA	ALTA		
		AIR	Lectura anormal del instrumento	5	1	2	4	16	ALTA			
		LOO	Baja energía de salida	5	1	2	4	16	ALTA			
		ELF	Fuga externa – combustible	5	1	2	4	16	ALTA			
	Ventilador quemador	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
Tren de gas	LOO	Baja energía de salida	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA			
	AIR	Lectura anormal del instrumento	5	1	2	4	16	ALTA				
Ventilador reposición aire (Make up)	Ventilador Make Up (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				5	1	1	4	10	MEDIA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	1	4	10	MEDIA			
	Motor ventilador (Make up)	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				OHE	Sobrecalentamiento	3	2	1	1		6	BAJA
				NOI	Ruido	3	1	1	1		5	BAJA
Sistema de extracción de aire saturado	Extractor aire saturado (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				5	1	1	4	10	MEDIA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	1	4	10	MEDIA			
	Motor extractor aire saturado	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				OHE	Sobrecalentamiento	3	2	1	1		6	BAJA
Sistema de recirculación aire caliente 01	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				5	1	1	4	10	MEDIA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	1	4	10	MEDIA			
	Motor recirculación aire caliente 01	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				OHE	Sobrecalentamiento	3	2	1	1		6	BAJA
				NOI	Ruido	3	1	1	1		5	BAJA

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	Cód. Modo Falla	MODOS DE FALLA (ISO 14224)	Producción	Costos	MTR	Seguridad	Consecuencia	Críticidad Falla	CRITICIDAD GLOBAL DEL EQUIPO		
				Fp	Fc	Ftmp	Fmass					
Sistema de recirculación aire caliente 02	Ventilador de recirculación 02 (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				5	1	1	4	10	MEDIA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	1	4	10	MEDIA			
	Motor recirculación aire caliente 02	BRD	Colapso	3	1	1	4	8	MEDIA			
				OHE	Sobrecalentamiento	5	1	2	4		16	ALTA
Sistema de refrigeración	Ventilador refrigeración (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	3	2	1	1	6	BAJA	ALTA		
				NOI	Ruido	3	1	1	1		5	BAJA
				5	1	2	4	16	ALTA			
				5	1	2	4	16	ALTA			
	Motor sistema refrigeración	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA			
				OHE	Sobrecalentamiento	3	2	1	1		6	BAJA
Banda transportadora de product	Motor banda transportadora	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1		3	BAJA
	Reductor banda transportadora	BRD	Colapso	5	2	2	4	18	ALTA	ALTA		
				VIB	Vibración	1	1	1	1		3	BAJA
				NOI	Ruido	1	1	1	1		3	BAJA
				OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1		3	BAJA
	Banda transportadora (sistema de transmisión)	BRD	Colapso	5	1	2	4	16	ALTA	ALTA		
				5	2	2	4	18	ALTA			
		VIB	Vibración	5	1	2	4	16	ALTA			
				3	1	2	1	9	MEDIA			
		Motor cepillo limpieza de banda	BRD	Colapso	3	1	2	1	5		BAJA	
					OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1		1	3
	Reductor cepillo limpieza de banda	BRD	Colapso	3	1	1	1	5	BAJA	BAJA		
				VIB	Vibración	1	1	1	1		3	BAJA
				NOI	Ruido	1	1	1	1		3	BAJA
				OHE	Sobrecalentamiento	1	1	1	1		3	BAJA
	Cepillo limpieza de banda	BRD	Colapso	3	1	1	1	5	BAJA	BAJA		
				OTH	Otros	1	2	1	1		4	BAJA

Anexo K. Matriz de mantenimiento planeado sección de homogenizado.

EQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN
Homogenizador	Mezclador	Falla de rodamientos	Lubricación de rodamientos.	Autónomo	Operario
		Fuga de grit de maíz	Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico
		Desgaste en el eje	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario
	Motor Mezclador	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
			Perdida de movimiento en el momento de dar señal de arranque	RTF (se corre a falla)	Correctivo
		Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	
	Reductor Mezclador	Daño en componentes internos	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo
Fuga de aceite lubricante hacia el exterior		Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	
		Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	
Alimentador Homogenizador	Motor Alimentador Mezclador	Falla de rodamientos	Ruta análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Atascamiento del hélice alimentador	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario
		Sonido audible mayor del funcionamiento normal	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Perdida de movimiento en el momento de dar señal de arranque	RTF (se corre a falla)	Correctivo
		Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	
	Reductor Alimentador Mezclador	Daño en componentes internos	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo
		Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario
Cambio de retenedores			Preventivo	Técnico	

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)						Tiempo (hr)
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000	
Mezclador	Lubricación de rodamientos.	Autónomo	Operario	Alta	1	ON			X				0.25
	Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF				X			1.5
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Media	1	ON	X						0.15
Motor Mezclador	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X					0.15
	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico	Alta	1	NA							0
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X	X					0.15
Reductor Mezclador	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X				0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Media	1	ON	X						0.15
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X		1.5
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Media	1	ON	X						0.15
	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X				0.3
	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF						X	1.5
Motor Alimentador Mezclador	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X			0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Alta	1	ON	X						0.15
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X			0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Baja	1	ON	X						0.15
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico	Alta	1	NA							0
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Media	1	OFF		X					0.15
Reductor Alimentador Mezclador	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X				0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X			0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Media	1	ON	X						0.15
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X			0.25
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X		1.5
	Revisión parámetros de carga - Inspección nivel	Autónomo	Operario	Baja	1	ON	X						0.15
	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X	1.5

Anexo L. Matriz de mantenimiento planeado sección extruido (1/3).

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTO	EJECUCIÓN
Sistema de almacenamiento	Motor alimentador silo	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Atascamiento del espiral alimentador	Revisión parámetros de carga - Inspección del espiral	Autónomo	Operario
		Motor en cortocircuito	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
			Revisión parámetros de carga - Inspección del espiral	Autónomo	Operario
	Fuga de grit de maíz	Cambio de ducto	Preventivo	Técnico	
	Reductor alimentador silo	Daño en componentes internos	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Desacople del espiral del eje del reductor	Ajuste sistema acople espiral	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico
	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	
	Silo - Estructura	Fuga de grit de maíz	Cambio de sellos entre el reductor y la tolva	Preventivo	Técnico
	Motor agitador silo	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Motor en cortocircuito	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
	Reductor agitador silo	Daño en componentes internos	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Atascamiento de las aspas alimentador	Revisión parámetros de carga - Inspección de las aspas	Autónomo	Operario
		Desacople de las aspas del eje del reductor	Ajuste sistema acople de las aspas	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico
	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)						Tiempo (hr)	
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000		1.5A 1200
Motor alimentador silo	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección del espiral	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF		X						0.15
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF	X							0.15
	Revisión parámetros de carga - Inspección del espiral	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
	Cambio de ducto	Preventivo	Técnico	Baja	2	OFF						X		1
Reductor alimentador silo	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ajuste sistema acople espiral	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.5
	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X		1.5
	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF							X	1.5
Silo - Estructura	Cambio de sellos entre el reductor y la tolva	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF						X		1.5
Motor agitador silo	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF		X						0.15
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						0.15
Reductor agitador silo	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección de las aspas	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF	X							0.15
	Ajuste sistema acople de las aspas	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF				X				0.5
	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.5
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X		1.5
Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF							X	1.5	

Anexo L. Matriz de mantenimiento planeado sección extruido (2/3).

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTO	EJECUCIÓN
Dosificador de trabajo	Motor dosificador trabajo	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Atascamiento de los tornillos alimentadores	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos alimentación	Autónomo	Operario
		Motor en cortocircuito	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
	Reductor dosificador de trabajo	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos alimentación	Autónomo	Operario	
		Daño en componentes internos	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario
		Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
		Desacople de los tornillos alimentadores del eje	Ajuste acople tornillos alimentación	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico
		Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico		
Bajo caudal de alimentación al dosificador vertical	Cambio de tornillos alimentadores	Preventivo	Técnico		
Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico		
Dosificador vertical	Transportador vertical	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Atascamiento del tornillo vertical	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos alimentación	Autónomo	Operario
		Desacople del tornillo vertical del eje del motor	Ajuste acople tornillo vertical	Preventivo	Técnico
		Bajo caudal de alimentación al tornillo extrusor	Cambio de tornillo vertical	Preventivo	Técnico
	Motor dosificador vertical	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Motor en cortocircuito	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos alimentación	Autónomo	Operario	
Dosificador de arranque	Motor dosificador de arranque	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Atascamiento de los tornillos alimentadores	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos alimentación	Autónomo	Operario
		Motor en cortocircuito	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
		Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos alimentación	Autónomo	Operario	
	Reductor dosificador de arranque	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	
		Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
		Desacople de los tornillos alimentadores del eje	Ajuste acople tornillos alimentación	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico
		Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico
		Bajo caudal de alimentación al dosificador vertical	Cambio de tornillos alimentadores	Preventivo	Técnico
Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico		

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)						Tiempo (hr)	
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000		1.5A 1200
Motor dosificador trabajo	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF		X						0.15
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						0.15
	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
Reductor dosificador de trabajo	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ajuste acople tornillos alimentación	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF				X				0.5
	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X		1.5
	Cambio de tornillos alimentadores	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF							X	1.5
Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF							X	1.5	
Transportador vertical	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF	X							0.15
	Ajuste acople tornillo vertical	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF				X				0.5
	Cambio de tornillo vertical	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				1
Motor dosificador vertical	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Media	1	OFF		X						0.15
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						0.15
	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
Motor dosificador de arranque	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos.	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF		X						0.15
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						0.15
	Revisión parámetros de carga - Inspección tornillos	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
Reductor dosificador de arranque	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ajuste acople tornillos alimentación	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF				X				0.5
	Ajuste base de reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X		1.5
	Cambio de tornillos alimentadores	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF							X	1.5
	Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF							X	1.5

Anexo L. Matriz de mantenimiento planeado sección extruido (3/3).

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTO	EJECUCIÓN
Sistema compresión	Bloque extrusor	Falla de rodamientos	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Falla en la transmisión polea correas	Inspección visual sistema de transmisión	Preventivo	Técnico
			Inspección visual sistema de transmisión	Preventivo	Técnico
		Desacople de la polea	Ajuste sistema sujeción de la polea	Preventivo	Técnico
		Calentamiento superior a 110°C en el bloque	Inspección sistema suministro de agua	Autónomo	Operario
		Baja alimentación de producto extruido	Inspección dimensional del tornillo extrusor	Preventivo	Técnico
			Cambio de tornillo extrusor	Preventivo	Técnico
			Inspección dimensional del tornillo extrusor	Preventivo	Técnico
			Cambio de tornillo extrusor	Preventivo	Técnico
	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio moldes de extrusión	Preventivo	Técnico	
		Inspección visual, fugas de aceite lubricante	Autónomo	Operario	
	Motor bloque extrusor	Desacople de la polea	Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico
			Ajuste sistema sujeción de la polea	Preventivo	Técnico
	Motor ventilador	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual ducto de ventilación	Predictivo	Técnico
Cambio de filtro de succión			Autónomo	Operario	
Motor unidad hidráulica	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
		Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	
Bomba unida hidráulica	Falla de componentes internos	Inspección componentes internos de la bomba	Preventivo	Técnico	
		Atascamiento de los lóbulos	Inspección ductos de succión de aceite	Preventivo	Técnico
Sistema dosificación de agua	Motobomba dosificadora de agua	Falla de rodamientos	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico
		Falla de componentes internos	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico
		Atascamiento del diafragma	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)							Tiempo (hr)
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000	1.5A 1200	
Bloque extrusor	Revisión de fugas de aceite, inspección nivel de aceite	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF			X					0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Inspección visual sistema de transmisión	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.5
	Inspección visual sistema de transmisión	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X			0.5
	Ajuste sistema sujeción de la polea	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.5
	Inspección sistema suministro de agua	Autónomo	Operario	Media	1	ON	X							0.15
	Inspección dimensional del tornillo extrusor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				1
	Cambio de tornillo extrusor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			1.5
	Inspección dimensional del tornillo extrusor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				1
	Cambio de tornillo extrusor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			1.5
	Cambio moldes de extrusión	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			1.5
	Inspección visual, fugas de aceite lubricante	Autónomo	Operario	Alta	1	ON	X							0.15
Cambio de empaquetadura	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF							X	3	
Motor bloque extrusor	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ajuste sistema sujeción de la polea	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.5
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Inspección visual ducto de ventilación	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
Motor ventilador	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Cambio de filtro de succión	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.5
Motor unidad hidráulica	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
Bomba unida hidráulica	Inspección componentes internos de la bomba	Preventivo	Técnico	Media	1	ON					X			1.5
	Inspección ductos de succión de aceite	Preventivo	Técnico	Media	1	ON					X			1.5
Motobomba dosificadora de agua	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico	Baja	1	ON								0.5
	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico	Baja	1	ON								0.5
	RTF (se corre a falla)	Correctivo	Técnico	Baja	1	ON								0.5

Anexo M. Matriz de mantenimiento planeado sección de corte.

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN
Cortador	Motor sistema de corte	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Inspección sistema de transmisión	Predictivo	Técnico
		Motor en cortocircuito	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
	Mecanismo de corte	Falla de rodamientos de la polea conducida	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico
			Inspección sistema de transmisión	Predictivo	Técnico
		Falla en chumaceras	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Ruta lubricación sistema de corte	Autónomo	Operario
		Rotura de correa	Cambio de correa	Preventivo	Técnico
			Inspección sistema de transmisión	Predictivo	Técnico
		Atascamiento entre eje externo e interno	Ruta lubricación sistema de corte	Autónomo	Operario
		Movimiento radial entre el eje interno y eje externo	Inspección dimensional de los ejes	Preventivo	Técnico
	No se ajusta el gap de calibración (0.5mm) entre cuchillas y molde	Calibración de chuchillas	Autónomo	Operario	
	Grit con cortes y longitudes irregulares	Cambio de chuchillas	Autónomo	Operario	

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN	Críticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)						Tiempo (hr)	
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000		1.5A 1200
Motor sistema de corte	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Inspección sistema de transmisión	Predictivo	Técnico	Alta	1	OFF				X				0.5
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF		X						0.15
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						0.15
Mecanismo de corte	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF					X			1.5
	Inspección sistema de transmisión	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.5
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Ruta lubricación sistema de corte	Autónomo	Operario	Media	1	ON			X					0.25
	Cambio de correa	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.75
	Inspección sistema de transmisión	Predictivo	Técnico	Baja	1	OFF				X				0.5
	Ruta lubricación sistema de corte	Autónomo	Operario	Alta	1	ON	X							0.25
	Inspección dimensional de los ejes	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF			X					0.5
	Calibración de chuchillas	Autónomo	Operario	Media	1	OFF		X						0.25
Cambio de chuchillas	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.5	

Anexo N. Matriz de mantenimiento planeado sección de transporte.

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN
Transportador neumático	Motor	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección visual del motor	Autónomo	Operario
	Ventilador	Atascamiento del impulsor	Ajuste sujeción de ventilador	Preventivo	Técnico
		Exceso de material particulado en el impulsor	Limpieza profunda del ventilador	Autónomo	Operario
		Dámpner en posición cerrada	Ajuste sujeción del damper	Preventivo	Técnico
Fuga de producto en el acople de la tolva y en el ducto		Cambio de empaques de acople	Autónomo	Operario	
	Fuga de producto en el ducto de transporte	Inspección visual del ducto de transporte	Autónomo	Operario	
Ciclón	Filtro de mangas	Fuga de finos por la descarga del ciclón.	Limpieza de filtro de mangas	Autónomo	Operario
		Fuga de finos en el acople del filtro de mangas	Ajuste de abrazadera	Autónomo	Operario
		Fuga de finos por el filtro de manga	Cambio de filtro de mangas	Autónomo	Operario
Transportador excéntrico	Motor excéntrico	Falla de rodamientos	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico
		Desajuste de los contrapesos	Calibración de contrapesos	Preventivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (55°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
	Bajo caudal de alimentación al dosificador vertical	Calibración de contrapesos	Preventivo	Técnico	
	Charola	Rotura de deflectores de vibración	Inspección visual de deflectores de vibración	Preventivo	Técnico
			Cambio de deflectores de vibración	Preventivo	Técnico
Rotura de resortes de aislamiento		Cambio de resortes de aislamiento	Preventivo	Técnico	
Sonido audible mayor del funcionamiento normal	Ajuste de tornillo de sujeción deflectores	Preventivo	Técnico		

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)						Tiempo (hr)	
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000		1.5A 1200
Motor	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Inspección visual del motor	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						0.15
Ventilador	Ajuste sujeción de ventilador	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
	Limpieza profunda del ventilador	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF			X			X		2
	Ajuste sujeción del damper	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.5
	Cambio de empaques de acople	Autónomo	Operario	Media	1	OFF							X	1.5
	Inspección visual del ducto de transporte	Autónomo	Operario	Media	1	OFF			X					0.25
Filtro de mangas	Limpieza de filtro de mangas	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						1.25
	Ajuste de abrazadera	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						2.25
	Cambio de filtro de mangas	Autónomo	Operario	Baja	1	OFF		X						3.25
Motor excéntrico	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF						X		2
	Calibración de contrapesos	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF				X				1
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Calibración de contrapesos	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				1
Charola	Inspección visual de deflectores de vibración	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF			X					1
	Cambio de deflectores de vibración	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X		0.75
	Cambio de resortes de aislamiento	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF						X		1
	Ajuste de tornillo de sujeción deflectores	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF						X		1

Anexo O. Matriz de mantenimiento planeado sección de secado (1/3).

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTTO	EJECUCIÓN	
Sistema de combustión	Quemador	No se detecta llama en la cámara de combustión	Limpieza de la fotocelda de sensor de llama	Preventivo	Técnico	
			Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de gas	Preventivo	Técnico	
		Lectura no confiable en termocuplas de control	RTF (Run to failure)	Correctivo	Técnico	
		Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)	Limpieza del difusor del quemador	Preventivo	Técnico	
	Ventilador quemador	Fuga de combustible en accesorios del tren de combustión	Fuga de rodamientos	Inspección de fugas en el tren de gas	Predictivo	Técnico
			Rotura del eje del ventilador	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Pérdida de movimiento del ventilador	Inspección física del eje	Preventivo	Técnico
			Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)	Ajuste tornillo sujeción de ventilador	Preventivo	Técnico
	Tren de gas	No hay accionamiento de las válvulas shut off	Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)	Cambio de filtro del quemador	Autónomo	Operario
			No hay accionamiento de las válvulas shut off	Prueba de hermeticidad de la válvula	Preventivo	Técnico
Ventilador reposición aire (Make up)	Ventilador Make Up (sistema de transmisión)	Falla en rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
		Falla en la transmisión polea correas	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	
			Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	
		Cambio de correas	Preventivo	Técnico		
		Señal del presostato de aire por debajo de 1.5inWg	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	
	Motor ventilador (Make up)	Falla de rodamientos	Pérdida de movimiento del ventilador	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico
			Temperatura del horno por debajo del mínimo valor (180°C)	Cambio de filtro del Make up	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	
Inspección del motor	Preventivo	Técnico				
Sonido anormal audible	Ajuste de tornillos de tensión y sujeción del motor	Preventivo	Técnico			
Sistema de extracción de aire saturado	Extractor aire saturado (sistema de transmisión)	Falla en rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	
		Falla en la transmisión polea correas	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	
			Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	
		Cambio de correas	Preventivo	Técnico		
		Señal del presostato de aire por debajo de 2inWg	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	
		Temperatura de chimenea por encima de set point (110°C)	Inspección de producto residual en el interior del horno (procedimiento de aseo)	Autónomo	Operario	
	Motor extractor aire saturado	Falla de rodamientos	Pérdida de movimiento del ventilador	Ajuste de tornillos sujeción extractor	Preventivo	Técnico
			Producto con humedad mayor a 18% de volumen	Limpieza del ducto de succión	Autónomo	Operario
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	
Sonido anormal audible	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico			
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico			
Ajuste de tornillos de tensión y sujeción del motor	Preventivo	Técnico				

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)							Tiempo (hr)
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000	1.5A 1200	
Quemador	Limpieza de la fotocelda de sensor de llama	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.5
	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de gas	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.5
	RTF (Run to failure)	Correctivo	Técnico	Media	0	ON								0
	Limpieza del difusor del quemador	Preventivo	Técnico	Alta	2	OFF			X					1
	Inspección de fugas en el tren de gas	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.5
Ventilador quemador	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Inspección física del eje	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF			X					0.5
	Ajuste tornillo sujeción de ventilador	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
	Cambio de filtro del quemador	Autónomo	Operario	Alta	1	OFF	X							0.5
Tren de gas	Prueba de hermeticidad de la válvula	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
Ventilador Make Up (sistema de transmisión)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.15
	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.15
	Cambio de correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.5
	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
	Cambio de filtro del Make up	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
Motor ventilador (Make up)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON			X					0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON			X					0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF			X					0.25
	Ajuste de tornillos de tensión y sujeción del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X			0.5
Extractor aire saturado (sistema de transmisión)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	Alta	1	ON		X						0.15
	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.15
	Cambio de correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.5
	Inspección de producto residual en el interior del horno (procedimiento de aseo)	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.3
	Ajuste de tornillos sujeción extractor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
Limpieza del ducto de succión	Autónomo	Operario	Media	2	OFF		X						1	
Motor extractor aire saturado	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON			X					0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON			X					0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF			X					0.25
	Ajuste de tornillos de tensión y sujeción del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X			0.5

Anexo O. Matriz de mantenimiento planeado sección de secado (2/3).

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN
Sistema de recirculación aire caliente 01	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	Falla en rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico
		Falla en la transmisión polea correas	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico
			Cambio de correas	Preventivo	Técnico
		Señal del presostato de aire por debajo de 3inWg	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico
	Motor recirculación aire caliente 01	Pérdida de movimiento del ventilador	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico
		Caudal de recirculación de aire por debajo de 5400 CFM	Limpieza en el interior del ventilador	Autónomo	Operario
		Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
Inspección del motor	Preventivo	Técnico			
Sonido anormal audible	Ajuste de tornillos de sujeción y acople del ventilador	Preventivo	Técnico		
Sistema de recirculación aire caliente 02	Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	Falla en rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico
		Falla en la transmisión polea correas	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico
			Cambio de correas	Preventivo	Técnico
		Señal del presostato de aire por debajo de 3inWg	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico
	Motor recirculación aire caliente 01	Pérdida de movimiento del ventilador	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico
		Caudal de recirculación de aire por debajo de 5400 CFM	Limpieza en el interior del ventilador	Autónomo	Operario
		Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
Inspección del motor	Preventivo	Técnico			
Sonido anormal audible	Ajuste de tornillos de sujeción y acople del ventilador	Preventivo	Técnico		
Sistema de refrigeración	Ventilador refrigeración (sistema de transmisión)	Falla en rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico
		Falla en la transmisión polea correas	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico
			Cambio de correas	Preventivo	Técnico
		Temperatura de chimenea por encima de 80°C	Limpieza de ducto de succión	Autónomo	Operario
		Señal del presostato de aire por debajo de 1.5 inWg	Limpieza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico
		Pérdida de movimiento del ventilador	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico
	Temperatura de producto por encima de 45°C	Cambio de filtro de ingreso de aire fresco	Autónomo	Operario	
	Motor sistema refrigeración	Caudal de recirculación de aire por debajo de 11.500 CFM	Limpieza en el interior del ventilador	Autónomo	Operario
		Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
Medición temperatura del motor			Predictivo	Técnico	
Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico		
Inspección del motor	Preventivo	Técnico			
Sonido anormal audible	Ajuste de tornillos de sujeción y acople del ventilador	Preventivo	Técnico		

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)							Tiempo (hr)
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000	1.5A 1200	
Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.15
	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.15
	Cambio de correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Limpeza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.3
	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
	Limpeza en el interior del ventilador	Autónomo	Operario	Media	1	OFF		X						0.75
Motor recirculación aire caliente 01	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON			X					0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON			X					0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF			X					0.25
	Ajuste de tornillos de sujeción y acople del ventilador	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X			0.5
Ventilador de recirculación 01 (sistema de transmisión)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.15
	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.15
	Cambio de correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.5
	Limpeza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.3
	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
	Limpeza en el interior del ventilador	Autónomo	Operario	Media	1	OFF		X						0.75
Motor recirculación aire caliente 01	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON			X					0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON			X					0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF			X					0.25
	Ajuste de tornillos de sujeción y acople del ventilador	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF					X			0.5
Ventilador refrigeración (sistema de transmisión)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Ruta de lubricación del ventilador	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.15
	Inspección física de las correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF								0.15
	Cambio de correas	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF								0.5
	Limpeza de ducto de succión	Autónomo	Operario	Media	2	OFF		X						1.5
	Limpeza de los ductos de señal de confirmación de presión de aire	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.3
	Ajuste de tornillos sujeción ventilador	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF				X				0.75
	Cambio de filtro de ingreso de aire fresco	Autónomo	Operario	Media	1	OFF	X							0.15
Motor sistema refrigeración	Limpeza en el interior del ventilador	Autónomo	Operario	Media	1	OFF		X						0.75
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF				X				0.25
Ajuste de tornillos de sujeción y acople ventilador	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF								0.5	

Anexo O. Matriz de mantenimiento planeado sección de secado (3/3).

SUBEQUIPO	ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN MODO FALLA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN
Banda transportadora de producto	Motor banda transportadora	Falla de rodamientos	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección del motor	Preventivo	Técnico
	Reductor banda transportadora	Daño en componentes internos	Ruta de lubricación del reductor	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Inspección física del reductor	Preventivo	Técnico
		Sonido audible mayor del funcionamiento normal	Análisis de aceite	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico
		Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico
	Banda transportadora (sistema de transmisión)	Atascamiento de la banda por desalineación	Inspección sistema de tensión de banda	Preventivo	Técnico
			Ruta lubricación de la cadena	Preventivo	Técnico
		Falla en las chumaceras	Ruta lubricación de los rodamientos	Preventivo	Técnico
		Falla en los rodillos guía	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico
			Inspección visual de la cadena	Preventivo	Técnico
		Falla en los piñones y cadena	Cambio de rodillos	Preventivo	Técnico
			Inspección visual de los piñones y cadena	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal de la banda	Limpieza profunda de la cadena	Autónomo	Operario
	Motor cepillo limpieza de banda	Falla de rodamientos	Inspección visual de la platina guía superior	Preventivo	Técnico
			Inspección visual de la platina guía inferior	Preventivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
			Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico
			Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico
			Inspección del motor	Preventivo	Técnico
	Reductor cepillo limpieza de banda	Daño en componentes internos	Ruta de lubricación del reductor	Preventivo	Técnico
		Movimiento anormal del reductor generando vibración excesiva	Inspección física del reductor	Preventivo	Técnico
			Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico
		Sonido audible mayor del funcionamiento normal	Análisis de aceite	Predictivo	Técnico
		Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico
	Fuga de aceite lubricante hacia el exterior	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	
Cepillo limpieza de banda	Falla en las chumaceras	Ruta lubricación del reductor	Preventivo	Técnico	
		Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico	
	Perdida de limpieza de la banda por cerdas cortas	Cambio de cepillo	Preventivo	Técnico	

ITEM MANTENIBLE	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD MANTENIMIENTO PLANEADO	TIPO DE MTTO	EJECUCIÓN	Criticidad Actividad	No. Personas	Estado	Frecuencia (hr)						Tiempo (hr)	
							1D 24	1Q 360	1M 720	2M 1500	6M 4000	1A 8000		1.5A 1200
Motor banda transportadora	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON			X					0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Media	1	ON			X					0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF			X					0.25
Reductor banda transportadora	Ruta de lubricación del reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF		X						0.15
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Alta	1	ON				X				0.25
	Inspección física del reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.3
	Análisis de aceite	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.3
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF							X	1.5
	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	Media	2	OFF							X	2
Banda transportadora (sistema de transmisión)	Inspección sistema de tensión de banda	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF			X					0.5
	Ruta lubricación de la cadena	Preventivo	Técnico	Alta	1	OFF		X						0.75
	Ruta lubricación de los rodamientos	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF		X						0.15
	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico	Alta	2	OFF							X	2
	Inspección visual de la cadena	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.75
	Cambio de rodillos	Preventivo	Técnico	Media	2	OFF						X		4
	Inspección visual de los piñones y cadena	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.75
	Limpieza profunda de la cadena	Autónomo	Operario	Media	4	OFF		X						1.5
	Inspección visual de la platina guía superior	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.75
Inspección visual de la platina guía inferior	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF					X			0.75	
Motor cepillo limpieza de banda	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.25
	Medición temperatura del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON			X					0.25
	Medición consumo eléctrico del motor	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON			X					0.25
	Inspección del motor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF			X					0.25
Reductor cepillo limpieza de banda	Ruta de lubricación del reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF		X						0.15
	Inspección física del reductor	Preventivo	Técnico	Media	1	OFF			X					0.3
	Medición y análisis Vibraciones	Predictivo	Técnico	Baja	1	ON				X				0.25
	Análisis de aceite	Predictivo	Técnico	Media	1	ON				X				0.3
	Cambio de aceite	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF							X	1
	Cambio de retenedores	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF							X	1.5
Cepillo limpieza de banda	Ruta lubricación del reductor	Preventivo	Técnico	Baja	1	OFF		X						0.15
	Cambio de rodamientos	Preventivo	Técnico	Baja	2	OFF							X	1.5
	Cambio de cepillo	Preventivo	Técnico	Baja	2	OFF					X			1.5