DETERMINACIÓN DE FACTORES INFLUYENTES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE GRANULACIÓN EN LA EMPRESA "MINERA PROVIDENCIA S.A."

LUIS ALEJANDRO TÉLLEZ GARCÍA

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
NEIVA
2018

DETERMINACIÓN DE FACTORES INFLUYENTES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE GRANULACIÓN EN LA EMPRESA "MINERA PROVIDENCIA S.A."

LUIS ALEJANDRO TÉLLEZ GARCÍA

Informe Final de Práctica Social Empresarial y Solidaria como requisito para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL

Asesor
Ing. RICARDO CORTES SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
NEIVA
2018

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Neiva, 18 de Enero de 2018

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a mi padre Fernando Téllez quien ha sido un consejero, un guía en este camino que tome, a mi madre Melba patricia García quien ha sido un apoyo incondicional en mi carrera, a el Ingeniero Anderson medina quien fue una de las personas que influyo a que mi practica en la empresa se realizara de la mejor manera, a mi gran amigo Ermilsul Trujillo que me colaboro constantemente en el aprendizaje del mundo laboral, al ingeniero Ricardo cortés quien fue mi asesor, entre muchas otras personas que hicieron posible un aprendizaje ameno y de gran virtud.

Luis Alejandro Téllez García

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 12

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

2. JUSTIFICACIÓN 15

3. OBJETIVOS 16

3.1 OBJETIVO GENERAL 16

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

4. MARCO TEÓRICO 17

5. RESEÑA HISTÓRICA 19

6. DESCRIPCIÓN DE RECURSOS A UTILIZAR 20

7. METODOLOGÍA 21

8. RESULTADOS 22

8.1 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE GRANULACIÓN ACTUAL 22

8.2 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA LÍNEA DE GRANULACIÓN PROCESO DE GRANULACIÓN 23

8.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE GRANULACIÓN MEDIANTE UN REGISTRO DE ENSAYOS DE PRODUCCIÓN 25

8.4 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y MEJORAS PROPUESTAS 28

8.5 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS 29

8.6 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS EN EL PROCESO DE GRANULACIÓN MEDIANTE EL PROGRAMA PROMODEL 29

8.7 DEFINIR LOS NUEVOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS GRANULADOS CON BASE EN LAS SIMULACIONES REALIZADAS 31

8.8 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS EN EL PROCESO DE GRANULACIÓN. 32

9. CONCLUSIONES 33

RECOMENDACIONES 34

BIBLIOGRAFÍA 35

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Producción de SULCAMAG día 20/11/17 26

Tabla 2. Producción de SULCAMAG día 23/11/17 26

Tabla 3. Producción de SULCAMAG día 26/11/17 27

Tabla 4. Producción de SULCAMAG día 27/11/17 27

Tabla 5. Reporte de cotización de las mejoras 29

Tabla 6. Costo de implementación de las mejoras 31

Tabla 7. Costo de producción de tonelada de Sulcamag antes de mejoras 31

Tabla 8. Costo de producción de tonelada de Sulcamag después de mejoras 32

Tabla 9. Relación beneficio/costo de la implementación de las mejoras 32

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Porcentaje de utilización de las maquinas 22

Figura 2. Porcentaje de capacidad ocupada de las maquinas.....23

Figura 3. Diagrama de procesos de la línea de granulación.....24

GLOSARIO

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS: un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos Figuras del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso[1].

FERTILIZANTES GRANULADOS: es un fertilizante que brinda una nutrición adecuada proporciona la absorción de los nutrientes más necesarios (macronutrientes: nitrógeno –(N), fósforo (P) y potasio (K), en las proporciones adecuadas en función de las diferentes estaciones del año[2].

GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP): el GLP o Gas Licuado de Petróleo, mejor conocido como gas en cilindro o gas propano, es un combustible que proviene de la mezcla de dos hidrocarburos principales: el propano (C3H3) y el butano (C4H10) y otros en menor proporción[3].

GRANULOMETRÍA: la granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas[4].

HIGROSCÓPICO: tiene la propiedad de absorber o exhalar la humedad[5].

QUEMADOR DE BIOMASA: los quemadores son la parte de las calderas donde se produce la mezcla del combustible con el aire, así como el encendido de la combustión. Cuando se utiliza biomasa como combustible en vez de utilizar gasoil, gas o carbón se debe emplear un quemador específico de biomasa[6].

RELACIÓN BENEFICIO/COSTO: la relación beneficio / costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad. La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes

[1] AITECO Consultores. {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/
[2] Valagro {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.valagro.com/es/turf/productos/fertilizantes-granulados/
[3] UNIGAS {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}.Disponible en: http://www.unigas.com.co/nosotros/que-es-glp
[4] EcuRed {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.ecured.cu/Granulometr%C3%ADa
[5] Diccionario de la Lengua Española {consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://es.thefreedictionary.com/higrosc%C3%B3pico
[6] Twenergy {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://twenergy.com/a/quemadores-de-biomasa-1628

netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto[7].

SOLUCIÓN: la solución es compuesta por la combinación y tratamiento de un soluto (en menor cantidad, por lo general solido o líquido, pero con mayor concentración) y un solvente (líquido con propiedades propicias para que ese soluto se disuelva correctamente).

SOLUTO: el soluto universal es el agua, por su neutralidad en el proceso y su fácil adaptación a la transformación de nuevas moléculas de otros elementos[8].

SOLVENTE: un solvente es la sustancia que forma parte en mayor cantidad de una solución[9].

TRANSPORTE NEUMÁTICO: transporte neumático es el movimiento de sólidos de un lugar a otro por medio un gas compresible normalmente aire a presión. Este movimiento se genera por el diferencial de presión, que siempre será de mayor presión a menor presión[10].

[7] Gestiopolis {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/

[8] Conceptodefininion.de {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: http://conceptodefinicion.de/solvente/

[9] Conceptodefininion.de {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: http://conceptodefinicion.de/solvente/

[10] OGA {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: http://www.oga.com.co/teoria-y-calculo/definicion-y-tipos-de-transporte-neumatico/

RESUMEN

La empresa Minera Providencia S.A. es una organización privada que tiene más 30 años de operar en la ciudad de Neiva y su razón es la producción de fertilizantes químicos en especial el denominado Sulcamag. Dentro de la producción de este fertilizante esta la línea granulación que viene presentando algunos problemas de rendimiento y altos costos del producto fin por la cual se adelantó la práctica para optar el título de Ingeniero Industrial.

El objetivo del trabajo fue Identificar los factores que influyen en el proceso de granulación de Minera Providencia S.A., para proponer mejoras en el rendimiento y disminución de costos de producción, con lo que se desarrollaron 8 pasos que llevaron a encontrar los factores críticos que influían en la granulación del producto, con base en lo cual se recomendaron mejoras en infraestructura y del proceso que al ser implementadas podrán obtener una reducción de $15.108 por tonelada producida con una factible relación beneficio costo.

INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan para producir más alimentos y cultivos comerciales, además de mejorar la calidad de estos. Las empresas de fertilizantes buscan mejorar las propiedades químicas de los suelos para el cultivo de alimentos por lo cual la utilización de fertilizantes en el sector agropecuario registra notables transformaciones en la última década. De acuerdo con un estudio realizado los incrementos considerables en el consumo de nutrientes y en el desarrollo de la cadena de abastecimiento de productos. Las principales tendencias del mercado de fertilizantes son: incremento en consumo de mezclas físicas y del granel como forma de despacho de productos sólidos y líquidos; mayor diversidad de servicios ofrecidos por las empresas proveedoras; aparición de nuevas fuentes de nutrientes y presentaciones de productos; desarrollo de nuevas máquinas agrícolas adecuadas para la aplicación de fertilizantes líquidos y sólidos[11].

Las propiedades físicas de los fertilizantes son de considerable importancia, tanto desde el punto de vista de su efectividad agronómica, como en lo relativo a sus satisfactorias condiciones de aplicación, transporte y almacenamiento. Una buena cantidad de problemas que se presentan con los fertilizantes, tales como la compactación, segregación y excesiva higroscopicidad son el resultado de inadecuadas propiedades físicas. Generalmente, las técnicas de manufactura utilizan diferentes tratamientos para generar condiciones físicas favorables[12].

La granulometría y densidad aparente del fertilizante que se va a distribuir son las características más importantes en el buen funcionamiento de las fertilizadoras de proyección, las características mencionadas influyen principalmente sobre el ancho del trabajo, en la uniformidad de distribución del fertilizante en el campo y en el tamaño del material que sale desde la tolva de almacenamiento, también es de importancia resaltar la granulometría ya que se refiere al tamaño de las partículas o gránulos del fertilizante y su proporción en el volumen total del mismo. Algunos fertilizantes se producen por molienda y prensado de la materia prima, lo que da origen a partículas compactas de forma irregular y diferente finura como la cal o la roca fosfórica.

La empresa MINERA PROVIDENCIA S.A., desde hace más de 30 años se dedica a la producción de fertilizantes de sulfatos de doble calcio y magnesio nombrado “SULCAMAG” el cual se encuentra posicionado y es distribuido por los canales más importantes en las regiones agropecuarias del país.

[11] TORRES DUGAN, Martin. Cuáles son las propiedades y atributos que determinan su valor agronómico. Rosario, 2007. 12 pg. {consultado julio 25 de 2017}: disponible en: http://www.tecnoagro.com.ar/notas/fertilidad/calidad-de-fertilizantes.pdf

[12] GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Manual técnico de las propiedades de los fertilizantes. Venezuela. 2008. 40 Pg. {consultado julio 24 de 2017}: disponible en: https://es.scribd.com/doc/67807714/Manual-Tecnico-de-Fertilizantes

La empresa actualmente está en capacidad de ofrecer un amplio portafolios de productos hechos a la medida necesaria del campo con una granulometría mejorada, porque la mayor parte de los productores de la región cultivan a gran escala, teniendo que abonar con máquinas en donde los fertilizantes de MINERA PROVIDENCIA S.A. prestan su servicio, representando un incremento en el volumen de ingresos y la capacidad competitiva de la empresa[13].

Ante esta situación se presenta la propuesta de práctica profesional la cual tiene como objetivo general, Determinar los factores que influyen en el proceso de granulación de la empresa “MINERA PROVIDENCIA S.A.” con el fin de mejorar la capacidad de producción, disminuir costos, evitar desperdicios y mejorar el control de este proceso.

[13] Minera Providencia S.A. {En línea}. {Consultado el 12 de mayo de 2017}. Disponible en: http://www.minpro.co/index.html

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de fertilizantes a partir del sulfato de calcio, magnesio y el fósforo asimilable en la empresa “MINERA PROVIDENCIA S.A.” ha necesitado de la realización de un idóneo funcionamiento de los procesos involucrados en la manufactura de los productos y de grandes inversiones para la implementación de nuevos métodos de producción y de tecnología.

En la actualidad el mercado Nacional de fertilizantes ha contado con importantes competidores porque el sector agropecuario e industrial demanda grandes cantidades de estos productos, especialmente de fertilizantes granulados, en donde la empresa ofrece esta presentación al mercado. Esta situación ha llevado a MINERA PROVIDENCIA S.A. a realizar un auto examen y tomar conciencia de la necesidad de innovar e implementar nuevos procesos productivos, además de una mejora continua de ellos[14].

Recientemente MINERA PROVIDENCIA S.A. ha hecho grandes inversiones en maquinarias y equipos como granuladora, mezcladora, tornillos sin fin, motores, tolvas, elevadores de cangilones y diferentes herramientas, con el fin de mejorar su productividad, su rentabilidad y sobre todo darle valor agregado a los productos, sin embargo el rápido ensanche de sus procesos y crecimiento productivo de la Empresa, ha generado problemas de eficiencia debido a altos rechazos por granulometría, frecuentes tiempos muertos, alta dependencia de la mano de obra y alto consumo de combustible, lo que hace que su costo de producción sea elevado.

En consecuencia, la presente propuesta para la realización de la práctica profesional se enfoca principalmente en mejorar la capacidad de producción, evitar rechazos por granulometría, disminuir desperdicios y tiempos muertos para así reducir los costos en producción de MINERA PROVIDENCIA S.A., con el fin de aumentar la utilidad de la Empresa, que le permita hacer frente a la ardua competencia del sector.

[14] Minera Providencia S.A. {En línea}. {Consultado el 12 de mayo de 2017}. Disponible en: http://www.minpro.co/index.html

2. JUSTIFICACIÓN

MINERA PROVIDENCIA S.A., es una empresa que lleva transcendencia y se ha identificado por su crecimiento constante y rápido con una visión proyectada a la ampliación del mercado y al mejoramiento de su estructura y tecnología, con el fin de que los procesos funcionen eficientemente y puedan responder de una mejor manera a las exigencias del cambiante mercado. Teniendo en cuenta que en el momento la empresa tiene un campo de mercado Nacional con diferentes tipos de fertilizante hechos a la medida de las necesidades del campo como el SULCAMAG, el MINFOS, DOLOMITA MESI-100, FOSFORITA MESI-100 Y YESO MINPRO, en sacos de 50 kg[15].

Por tal razón esta propuesta busca mejorar el proceso de granulación por medio del programa ProModel, permitiendo contribuir a disminuir los costos de producción, además de disminuir los cuellos de botella que influyen en el rendimiento del proceso.

[15] Minera Providencia S.A. {En línea}. {Consultado el 12 de mayo de 2017}. Disponible en: http://www.minpro.co/index.html

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los factores que influyen en el proceso de granulación de MINERA PROVIDENCIA S.A., para proponer mejoras en el rendimiento y disminución de costos de producción.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar y evaluar la línea de producción en el proceso de granulación actual.
- Elaborar un diagrama de procesos en la línea de granulación.
- Identificar los parámetros de funcionamiento del proceso de granulación mediante un registro de ensayos de producción.
- Evaluar los parámetros de funcionamiento y proponer mejoras.
- Estimar los costos de la implementación de las mejoras en el proceso de granulación.
- Implementar mediante simulación en el programa ProModel, las mejoras al funcionamiento del proceso de granulación.
- Definir los nuevos costos de producción de los diferentes productos granulados con base en las simulaciones realizadas.
- Determinar la relación beneficio/costo de la implementación de las mejoras en el proceso de granulación.

4. MARCO TEÓRICO

El mejoramiento e innovación de la producción en la empresa MINERA PROVIDENCIA S.A. surge como una prioridad necesaria para obtener una mayor incursión en el entorno competitivo de la industria de fertilizantes.

Unos de los productos con más alta demanda en el mercado de fertilizantes son los granulados, donde según [16] "La granulación es un proceso de aglomeración de partículas primarias de polvo para formar estructuras mayores denominadas gránulos. Generalmente este granulo se utiliza como producto intermedio en la fabricación de comprimidos y cápsulas, aunque también puede ser empleado como producto final". […] "La preparación de un granulado puede realizarse por vía seca o vía húmeda según se adicione o no un solvente a la mezcla de polvos.

La elección del método de granulación dependerá por un lado de la aplicación que se quiera dar al granulado y por otro de las propiedades fisicoquímicas del principio activo y de los excipientes de la formulación, en particular de su sensibilidad a la humedad y al calor." […] "Los equipos más empleados en la granulación por fusión son el mezclador granulador de alta velocidad y el lecho fluido. Ambos equipos pueden realizar la granulación en un solo paso, lo que permite simplificar considerablemente y tiempo y los costos asociados a los procesos de granulación tradicionales".

En el mercado en que se mueven este tipo de empresas, existen diferentes factores que alteran los procesos integrales para entregar productos que satisfagan las necesidades de los clientes, dentro de estos están los internos sobre los cuales podemos ejercer control y realizar un manejo adecuado, de tal manera que la empresa pueda generar rendimiento y desarrollo en su funcionamiento cumpliendo con la visión, objetivos de crecimiento y expansión.

Además de los componentes de la formulación, también se ha demostrado que el proceso de elaboración del granulado es importante a la hora de controlar la liberación del principio activo ya que cambios en el mismo pueden dar lugar a las formulaciones con distintos perfiles de liberación y distinta biodisponibilidad.

De acuerdo con "En cuanto a la velocidad de la pala impulsadora, es sabido que altas velocidades de trabajo producen un crecimiento más rápido del granulado haciendo así el proceso más corto. Sin embargo, se corre el riesgo de crecimiento incontrolado recomiendan velocidades bajas de trabajo para conseguir gránulos mayores ya que a velocidad elevada se puede provocar la rotura de los gránulos." […] "En resumen podemos decir que es de grande importancia conocer y controlar

[16] OCHOA D.L, Igartua, Hernández M, O.M, GASCÓN, Rosa M.R, PEDRAZ, J.L. (2006). Granulación por fusión en mezcladores granuladores de alta velocidad, Vitae. En: Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, (Volumen 13 y número 1); Pg8. {consultado julio 30 de 2017}: disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n1/v13n1a06.pdf

todos los factores y variables que afectan el desarrollo del proceso de granulación […] para poder conseguir gránulos homogéneos, reproducibles y con buenas propiedades ya que (como se citó de Bergman et al. 1998) demostraron, estas características son imprescindibles para asegurar una buena calidad del producto final.[17]"

[17] OCHOA D.L, Igartua, Hernández M, O.M, GASCÓN, Rosa M.R, PEDRAZ, J.L. (2006). Granulación por fusión en mezcladores granuladores de alta velocidad, Vitae. En: Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, (Volumen 13 y número 1); Pg8. {consultado julio 30 de 2017}: disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n1/v13n1a06.pdf

5. RESEÑA HISTÓRICA

Hace más de 30 años un visionario de la región del Huila, el señor Milcíades Cabrera Polanía, concesionó unas minas de Dolomita y Carbonato de Calcio en la vereda la Lupa del municipio de Palermo en el departamento del Huila, creando una empresa la cual llamo Minera Providencia S. A[18].

En sus inicios la empresa comenzó a distribuir cales dolomíticas para todo el país, pero luego de unos años, Milcíades basado en su experiencia en la agricultura y tras adquirir la única planta de ácido sulfúrico en el Huila, comenzó a producir su producto estrella, un sulfato doble de calcio y magnesio el cual llamo "SULCAMAG", producto que hoy se encuentra posicionado y es distribuido por los canales más importantes en todas las regiones agropecuarias del país.

Con la nueva gerencia nace una nueva visión de negocio llamada MINPRO, marca sombrilla de todos los productos de la empresa Minera Providencia S.A, es en este momento en que la compañía hace una inversión gigantesca en tecnología y mejoramiento de sus procesos para poder ubicarse al nivel de las mejores del mundo en el segmento de fertilizantes. Gracias a estas mejoras, la compañía Minera Providencia S.A., actualmente está en la capacidad de ofrecer un amplio portafolio de productos hechos a la medida de las necesidades de nuestro campo, con una granulometría mejorada.

[18] Minera Providencia S.A. {En línea}. {Consultado el 12 de mayo de 2017}. Disponible en: http://www.minpro.co/index.html

6. DESCRIPCIÓN DE RECURSOS A UTILIZAR

a. ProModel: ProModel es un software de simulación de eventos discretos desarrollado por ProModel, Inc., elaborado para hacer modelos de simulación y optimizarlos. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, servicios, call centers, manejo de materiales, etc.[19]

[19] ProModel. {En línea}. {Consultado el 15 de agosto de 2017}. Disponible en: http://promodel.com.mx/promodel/

7. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para alcanzar los objetivos propuestos en el desarrollo de la práctica se llevó a cabo en ocho fases definidas así:

a. **Diagnosticar y evaluar la línea de producción en el proceso de granulación actual:** Para la diagnosticar y evaluar la línea de producción en el proceso de granulación es necesario realizar una simulación del proceso de granulación actual mediante el programa ProModel para inicialmente evaluar el funcionamiento de los equipos.

b. **Elaborar un diagrama de procesos en la línea de granulación:** Mediante un diagrama de procesos se va a analizar el recorrido y los procesos que se llevan a cabo en la granulación del producto.

c. **Identificar los parámetros de funcionamiento del proceso de granulación mediante un registro de ensayos de producción:** Para identificar si los parámetros de funcionamiento varían se van a realizar los diferentes registros del funcionamiento en el proceso de granulación.

d. **Evaluar los parámetros de funcionamiento y proponer mejoras:** Una vez identificados los parámetros que influyen en el proceso de granulación se debe proponer mejoras.

e. **Estimar los costos de la implementación de las mejoras en el proceso de granulación:** Se realizará un estudio para calcular los costos de las mejoras propuestas.

f. **Implementar mediante simulación en el programa ProModel las mejoras al funcionamiento del proceso de granulación;** Modificar el programa Promodel para implementar las mejoras propuestas y analizar si estas son eficientes o si no se debe incurrir en los gastos de estas mejoras.

g. **Definir los nuevos costos de producción de los diferentes productos granulados con base en las simulaciones realizadas:** Calcular el nuevo costo de producción teniendo en cuenta las mejoras realizadas en el proceso de granulación.

h. **Determinar la relación beneficio/costo de la implementación de las mejoras en el proceso de granulación:** Realizar mediante la relación de los ingresos y los egresos presentes netos si es factible o no factible implementar estas mejoras.

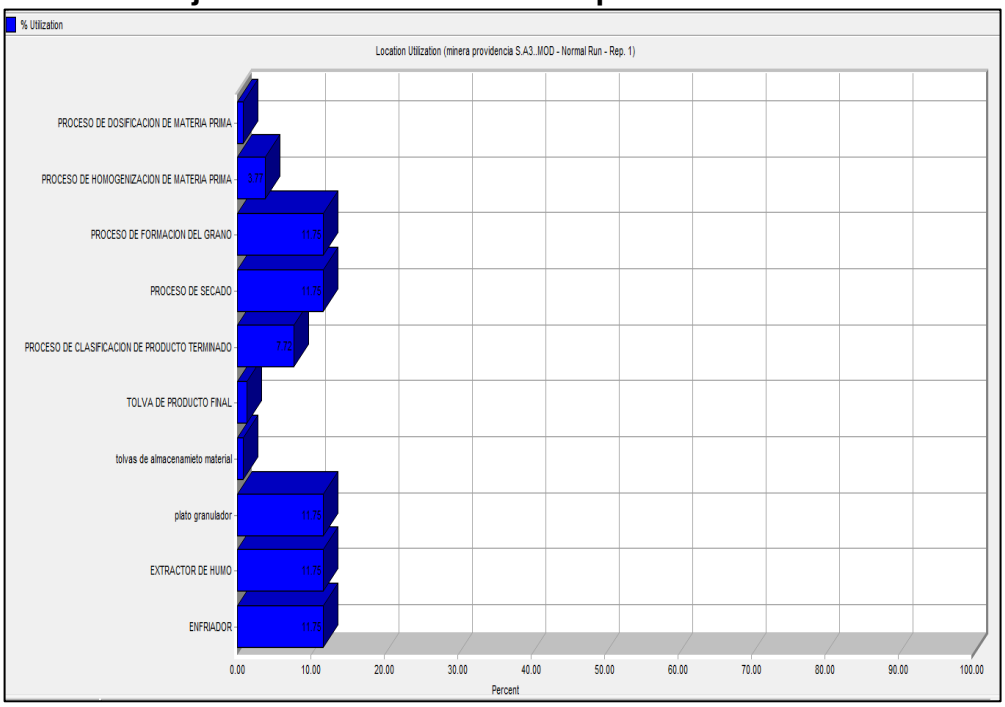
8. RESULTADOS

8.1 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE GRANULACIÓN ACTUAL

Este diagnóstico fue realizado mediante el Programa ProModel en un tiempo estimado de 6 días (lunes, 6:00 a.m. - Domingo, 6 a.m.), con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

a. El porcentaje de utilización de las maquinas no es mayor al 12% del tiempo total de la simulación (Grafico 1), lo cual indica que los equipos no se están utilizando eficientemente durante todo el proceso de granulación.

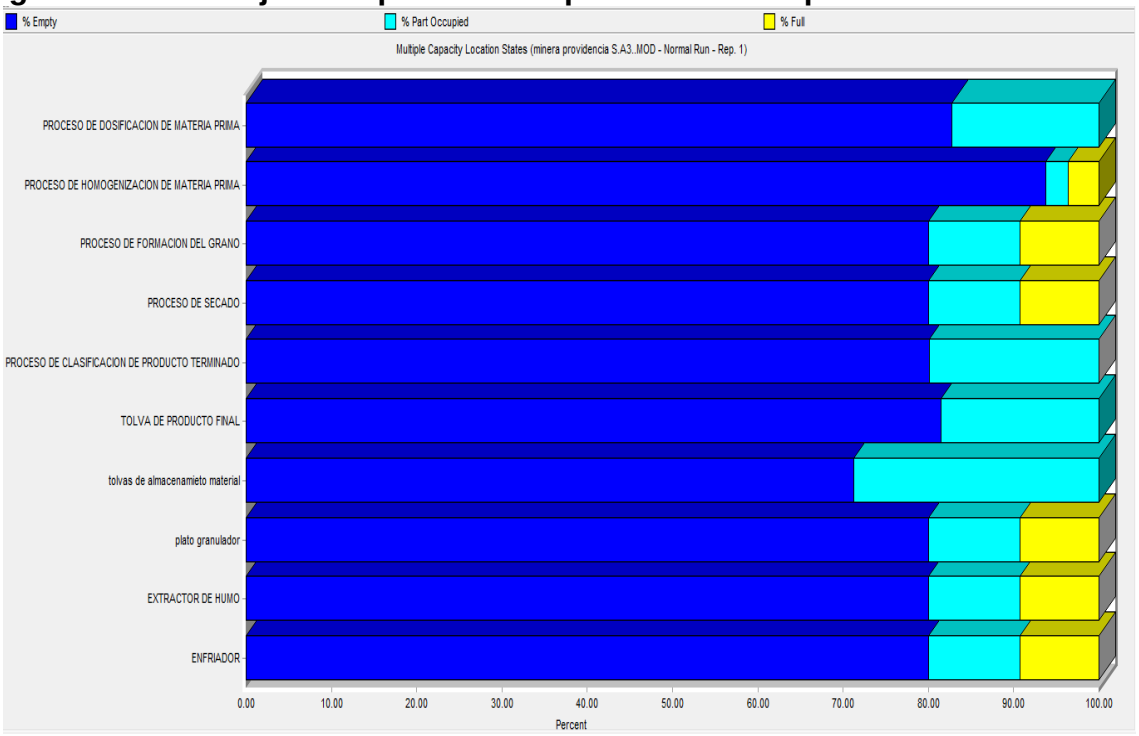
Figura 1. Porcentaje de utilización de las maquinas



Fuente: ProModel, 2017

El porcentaje de capacidad ocupada de las maquinas con respecto al tiempo indica primero que la mayor parte del tiempo no se encuentra ocupada determinado por la barra azul (Figura 2), segundo que durante el funcionamiento de las maquinas se encuentran unas que están sobre cargadas con material determinado por la barra amarilla lo cual indica que hay muchos tiempos muertos en el proceso de granulación.

Figura 2. Porcentaje de capacidad ocupada de las maquinas



Fuente: ProModel, 2017

8.2 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA LÍNEA DE GRANULACIÓN PROCESO DE GRANULACIÓN

- El proceso de granulación empieza en un reactor en donde se mezcla la materia prima con Ácido sulfúrico y forma una Cocha que contiene alrededor de 21,7% H2SO4 y 78.3% de materia prima.

- Cuando la Cocha está terminada es depositada en un mezclador de paletas junto con el material en reproceso que es agregado mediante una banda transportadora.

- Después de pasar por el mezclador de paletas el producto cae en un plato granulador donde se termina de formar el producto.

- Este producto es depositado en un secador rotatorio el cual lo seca y lo hace ingresar en un extractor de polvo para separar el material particulado del producto seco.

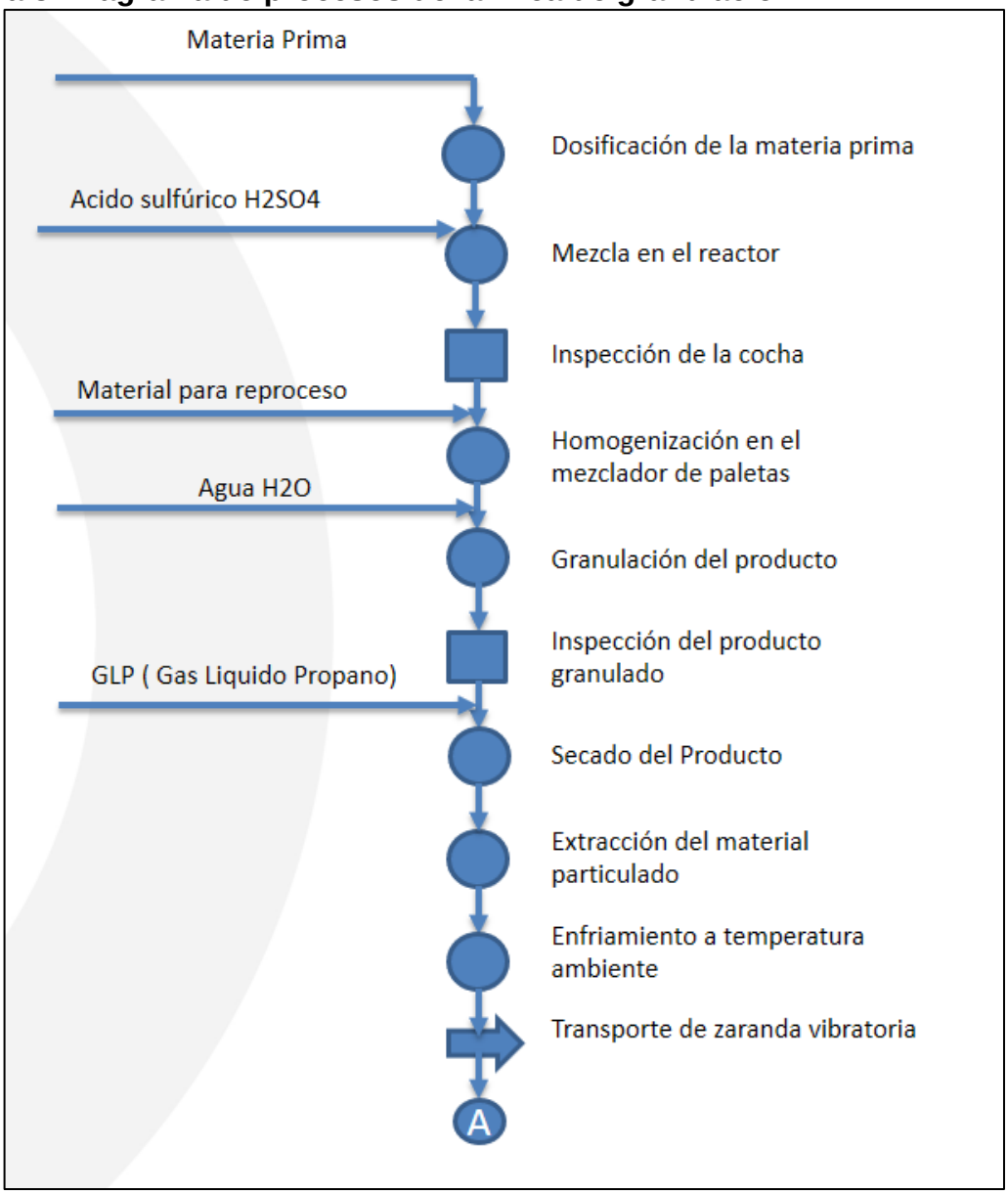
- Este producto seco pasa por un enfriador rotatorio el cual deposita el material en un elevador de cangilones para ser transportado a una zaranda vibratoria.

- Una vez en la zaranda vibratoria el producto aceptable es separado del resto de producto y es depositado en una tolva de almacenamiento.

- El producto que no es aceptable es llevado por medio de bandas transportadoras como material de reproceso al mezclador de paletas.

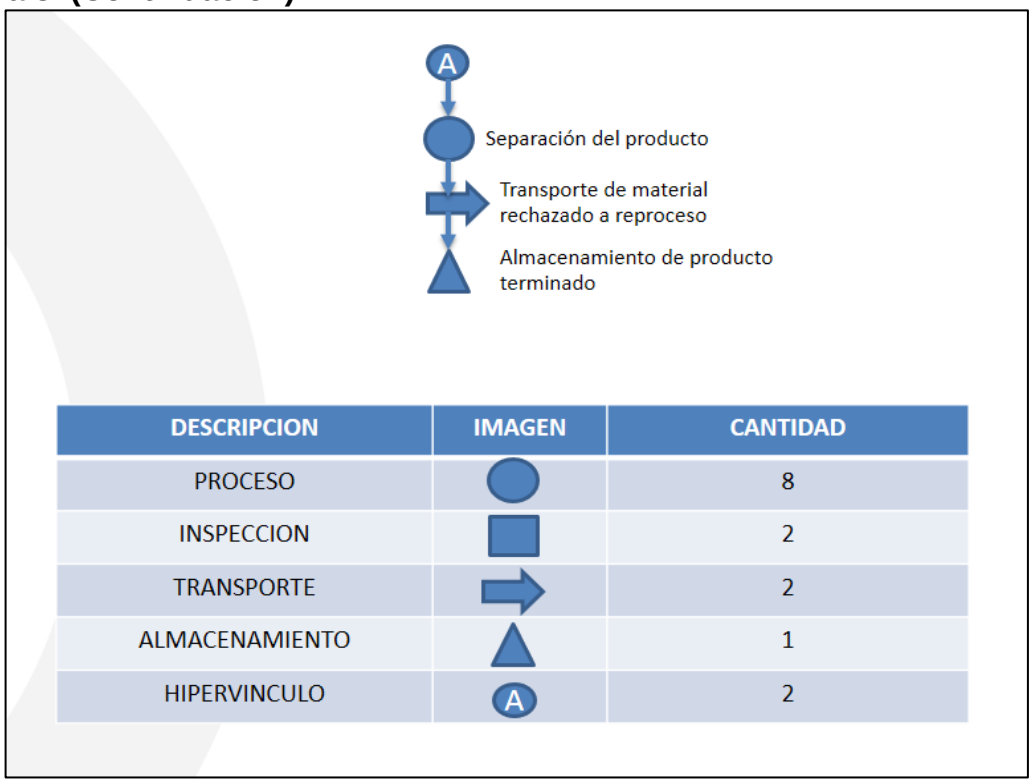
- El material aceptable que está almacenado en una tolva de producto terminado.

Figura 3. Diagrama de procesos de la línea de granulación



Fuente: Autor

Figura 3. (Continuación)



DESCRIPCION	IMAGEN	CANTIDAD
PROCESO		8
INSPECCION		2
TRANSPORTE		2
ALMACENAMIENTO		1
HIPERVINCULO	A	2

Fuente: Autor

8.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE GRANULACIÓN MEDIANTE UN REGISTRO DE ENSAYOS DE PRODUCCIÓN

Para estos ensayos de producción se tuvieron en cuenta los registros llevados a cabo en la empresa Minera Providencia S.A., el cual es dirigido por el Ingeniero Anderson Medina, jefe de producción de la planta.

- Se observa en la Tabla 1, que el lunes 20 de noviembre del 2017, no hubo producción de Sulcamag, aunque si hubo despachos de 28.900 kg del mismo producto.

- Se observa en la Tabla 2, que el jueves 23 de noviembre del 2017, hubo una producción de 41.650 kg de Sulcamag y un despacho de 27.900 kg.

- Se puede observar en la Tabla 3, que el domingo 26 de noviembre del 2017, hubo una producción de 95.250 kg de Sulcamag y que hubo un despacho de 83.000 kg del mismo producto.

- Se puede observar en la Tabla 4, que el lunes 27 de noviembre del 2017, hubo una producción de 91.000 kg de SULCAMAG y un despacho de 60.400 kg del mismo producto.

Tabla 1. Producción de SULCAMAG día 20/11/17

	MINERA PROVIDENCIA S.A.		ORDEN DE PROD.:	3454
	REPORTE DE PRODUCCIÓN		FECHA:	lun, 20-nov-17
	PRODUCTOS TERMINADOS PT		LOTE:	6055
	PRODUCTOS GRANULADOS		PRODUCTOS MOLIDOS	
	DIA	ACUMULADO MES	DIA	ACUMULADO MES
	SULCAMAG X 50 KG		DOLOMITA M-100 X 50 KG	
INV. INICIAL	58,400	227,400	56,000	56,000
PRODUCCIÓN	0	209,750	0	0
SALIDAS	22,900	401,650	0	0
INV. FINAL	35,500	35,500	56,000	56,000
	SULCAMAG X BB		DOLOMITA M-100 X BB	
INV. INICIAL	0	0	120,000	188,000
PRODUCCIÓN	0	0	0	0
SALIDAS	0	0	0	68,000
INV. FINAL	0	0	120,000	120,000

DESACHOS	CIUDAD	PRODUCTO	DOCUMENTO	CANTIDAD
COOCENTRAL	SUAZA	SULCAMAG X 50 KG	1,622	8,000
CADEFIHUILA	LA PLATA	SULCAMAG X 50 KG	1,625	8,000
CADEFIHUILA	LA PLATA	SULFA MAG X 50 KG	1,626	6,000
CADEFIHUILA	LA PLATA	SULCAMAG X 50 KG	1,627	400
COAGROHUILA	ACEVEDO	SULCAMAG X 50 KG	T163	6,500
OBSERVACIONES:			TOTAL	28, 900

Fuente: Medina, 2017

Tabla 2. Producción de SULCAMAG día 23/11/17

	MINERA PROVIDENCIA S.A.		ORDEN DE PROD.:	3455
	REPORTE DE PRODUCCIÓN		FECHA:	jue, 23-nov-17
	PRODUCTOS TERMINADOS PT		LOTE:	6058
	PRODUCTOS GRANULADOS		PRODUCTOS MOLIDOS	
	DIA	ACUMULADO MES	DIA	ACUMULADO MES
	SULCAMAG X 50 KG		DOLOMITA M-100 X 50 KG	
INV. INICIAL	35,500	227,400	56,000	56,000
PRODUCCIÓN	41,650	251,400	0	0
SALIDAS	26,400	428,050	0	0
INV. FINAL	50,750	50,750	56,000	56,000
	SULCAMAG X BB		DOLOMITA M-100 X BB	
INV. INICIAL	0	0	120,000	188,000
PRODUCCIÓN	0	0	0	0
SALIDAS	0	0	0	68,000
INV. FINAL	0	0	120,000	120,000

DESACHOS	CIUDAD	PRODUCTO	DOCUMENTO	CANTIDAD
ORF.	NEIVA	M. SULCAMIN X 50 KG	1,629	1,500
CADEFIHUILA	ALGECIRAS	SULCAMAG X 50 KG	1,632	6,000
CADEFIHUILA	LA PLATA	SULCAMAG X 50 KG	1,633	5,250
CADEFIHUILA	LA PLATA	SULFA MAG X 50 KG	1,634	3,150
COAGROHUILA	NEIVA	SULCAMAG X 50 KG	T164	12,000
OBSERVACIONES:			TOTAL	27, 900

Fuente: Medina, 2017

Tabla 3. Producción de SULCAMAG día 26/11/17

	MINERA PROVIDENCIA S.A.		ORDEN DE PROD.:	3456
	REPORTE DE PRODUCCIÓN		FECHA:	dom, 26-nov-17
	PRODUCTOS TERMINADOS PT		LOTE:	6061
	PRODUCTOS GRANULADOS		PRODUCTOS MOLIDOS	
	DIA	ACUMULADO MES	DIA	ACUMULADO MES
	SULCAMAG X 50 KG		DOLOMITA M-100 X 50 KG	
INV. INICIAL	50,750	227,400	56,000	56,000
PRODUCCIÓN	95,250	346,650	0	0
SALIDAS	83,000	511,050	0	0
INV. FINAL	63,000	63,000	56,000	56,000
	SULCAMAG X BB		DOLOMITA M-100 X BB	
INV. INICIAL	0	0	120,000	188,000
PRODUCCIÓN	0	0	0	0
SALIDAS	0	0	0	68,000
INV. FINAL	0	0	120,000	120,000

DESACHOS	CIUDAD	PRODUCTO	DOCUMENTO	CANTIDAD
COOCENTRAL	GARZON	SULCAMAG X 50 KG	1,637	12,000
O.R.F.	NEIVA	SULFA MAG X 50 KG	1,638	14,000
CAFISUR	CHAPARRAL	SULCAMAG X 50 KG	1,639	17,000
CADEFIHUILA	LA PLATA	SULCAMAG X 50 KG	1,640	14,000
CADEFIHUILA	NEIVA	SULCAMAG X 50 KG	1,641	12,000
ALBEIRO ROJAS	ROVIRA	SULCAMAG X 50 KG	1,642	10,000
COAGROHUILA	TIMANA	SULCAMAG X 50 KG	T165	4,000

OBSERVACIONES:	TOTAL	83, 000

Fuente: Medina, 2017

Tabla 4. Producción de SULCAMAG día 27/11/17

	MINERA PROVIDENCIA S.A.		ORDEN DE PROD.:	3457
	REPORTE DE PRODUCCIÓN		FECHA:	lun, 27-nov-17
	PRODUCTOS TERMINADOS PT		LOTE:	6062
	PRODUCTOS GRANULADOS		PRODUCTOS MOLIDOS	
	DIA	ACUMULADO MES	DIA	ACUMULADO MES
	SULCAMAG X 50 KG		DOLOMITA M-100 X 50 KG	
INV. INICIAL	63,000	227,400	56,000	56,000
PRODUCCIÓN	91,000	437,650	0	0
SALIDAS	56,250	567,300	0	0
INV. FINAL	97,750	97,750	56,000	56,000
	SULCAMAG X BB		DOLOMITA M-100 X BB	
INV. INICIAL	0	0	120,000	188,000
PRODUCCIÓN	0	0	0	0
SALIDAS	0	0	0	68,000
INV. FINAL	0	0	120,000	120,000

DESACHOS	CIUDAD	PRODUCTO	DOCUMENTO	CANTIDAD
ORF.	CAMPOALEGRE	SULFA MAG X 50 KG	1,643	1,000
ORF.	CAMPOALEGRE	SULCAMAG X 50 KG	1,643	5,000
CAFISUR	POLECITO	SULCAMAG X 50 KG	1,644	5,250
CADEFIHUILA	SALADOBLANCO	SULCAMAG X 50 KG	1,647	11,000
LUCELIDA GUZMAN HOYO	PITALITO	SULCAMAG X 50 KG	1,648	3,150
AGROINSUMOS MABEL AV	GRANADA	SULCAMAG X 50 KG	1,649	35,000

OBSERVACIONES:	TOTAL	60, 400

Fuente: Medina, 2017

Analizando los anteriores registros se determinó que los factores que más influyen en la granulación de Sulcamag, son:

- El factor clima es uno de los principales problemas de atacamiento debido a que el grano de Sulcamag es higroscópico y absorbe la humedad del ambiente. Cuando aumenta la humedad de la materia prima se desgastan los revestimientos y medios moledores de los diferentes equipos.

- El uso único de un compresor neumático dificulta el transporte de materia prima para los procesos de trituración, molienda y granulación, lo cual baja la productividad de la planta.

- Al trabajar con GLP (Gas Licuado del Petróleo) el costo de la producción es elevado y además que su uso para el quemador es riesgoso para el personal que trabaja en la planta.

- Los frecuentes atascamientos son un problema grave y uno de los más frecuentes es el taponamiento de las mangas del extractor de polvo que pueden estarse produciendo hasta 2 veces por semana.

8.4 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y MEJORAS PROPUESTAS

Las siguientes mejoras fueron realizadas junto con el equipo de trabajo de la planta de Minera Providencia S.A:

- Para evitar paradas por los agentes climáticos es necesario instaurar un techo que cubra toda el área de trituración, molienda, granulación y clasificación.

- Para mejorar el porcentaje de utilización de las maquinas es determinante instalar un Compresor de transporte neumático alterno para el proceso de granulación y así separar las líneas de trituración, molienda y granulación.

- Para que el quemador no dependa de una sola fuente de alimentación es necesario instalar una fuente alterna como es un Quemador de Biomasa alimentado por cascarilla de arroz lo cual bajaría los costos de producción y reduciría el riesgo actual en el quemador.

8.5 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

En el reporte de la Tabla 5, se tiene en cuenta el costo total de todo el equipo con su debida instalación, esta debe ser transcrita por el jefe de planta para su debido análisis.

Tabla 5. Reporte de cotización de las mejoras

MINPRO MINERA PROVIDENCIA	**MINERA PROVIDENCIA S.A.**	FECHA:	**mié, 12-jul-17**
	REPORTE DE COTIZACION	Ingeniero Anderson Medina	
N.1	Compresor de Transporte Neumatico	$70.000.000	
N.2	Instalacion	$30.000.000	
N.3	Instalacion de Techo de 20 metros	$300.000.000	
N.4	Quemador de cascarilla de arroz	$600.000.000	
N.5	Instalacion	$100.000.000	
	TOTAL	$1.100.000.000	

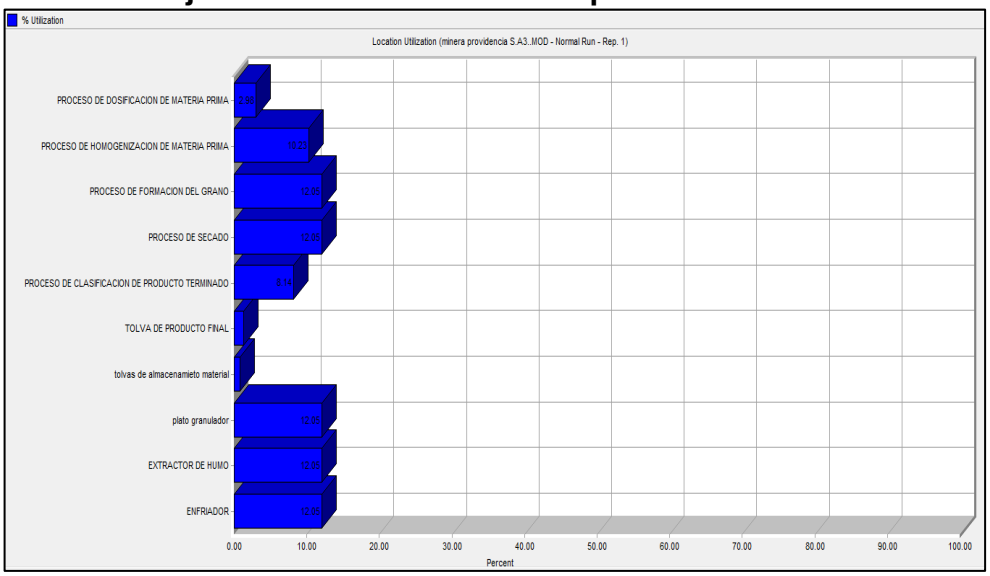
Fuente: Medina, 2017

8.6 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS EN EL PROCESO DE GRANULACIÓN MEDIANTE EL PROGRAMA PROMODEL

Debido a que el programa ProModel no es influido por el factor clima, los factores de riesgo las mejoras anteriores no influyeron en el programa, lo cual conlleva a que no haya grandes diferencias estadísticas entre una simulación y otra (Figura 4).

Se puede concluir que, al haber realizado las mejoras, el valor estadístico ha aumentado en casi 1% en el Figura 4 con respecto al Figura 1, además es de concluir que los factores clima y riesgos no influyeron en ninguna de las dos estadísticas.

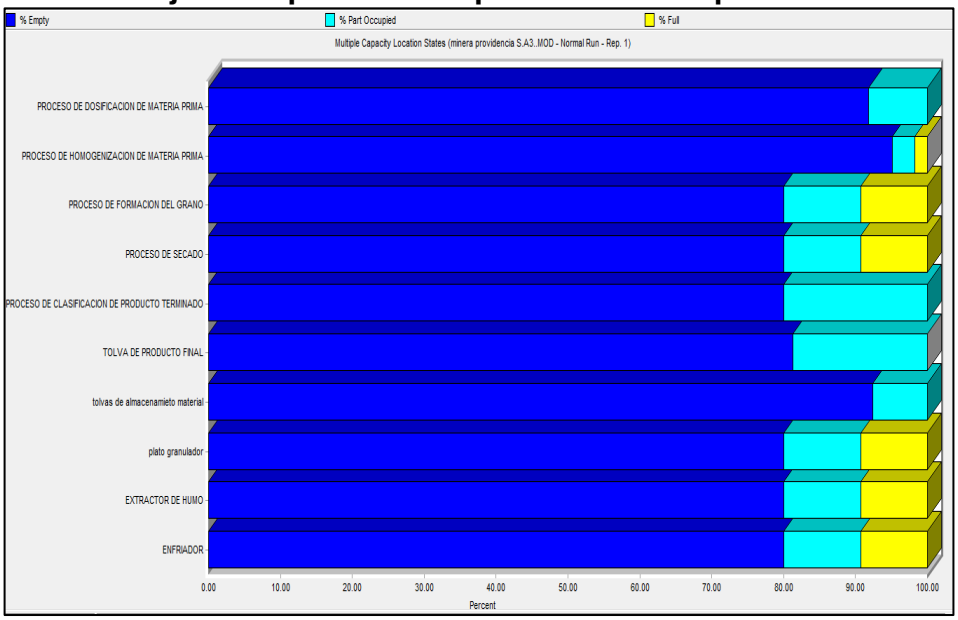
Figura 1. Porcentaje de utilización de las maquinas



Fuente: ProModel, 2017

Se puede concluir de la información del Figura 5, que una vez hechas las mejoras el porcentaje de ocupación del proceso de dosificación de materia prima y las tolvas de almacenamiento de material ha disminuido, debido a que se han eliminado las paradas por atascamientos, es clave reiterar que en estas estadísticas no influyeron las mejoras del factor clima y factor riesgo.

Figura 2. Porcentaje de capacidad ocupada de las maquinas



Fuente: ProModel, 2017

8.7 DEFINIR LOS NUEVOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS GRANULADOS CON BASE EN LAS SIMULACIONES REALIZADAS

En la Tabla 6, se puede evidenciar que el valor de depreciación de la maquinaria fue dado por la resta del valor total menos el valor de salvamento, lo cual fue dividido por el número de meses correspondiente, pero como se debía saber el valor por toneladas, se le dividió nuevamente por el valor promedio de producción de la planta y esto dio el valor por tonelada que va a tener cada implementación, dando como un resultado final un costo total de $3.292 por tonelada.

Tabla 6. Costo de implementación de las mejoras

Costo de implementacion de las mejoras por Tonelada		
Instalacion De Compresor Neumatico	$	333
instalacion de techo de 20 mts	$	625
instalacion del quemador de cascarilla de arroz	$	2,333
Costo Total de Mejoras	$	3,292

Fuente: Autor

Se puede evidenciar que el costo de producción de una tonelada de Sulcamag antes era de $188.000 (Tabla 7).

Tabla 7. Costo de producción de tonelada de Sulcamag antes de mejoras

Costos de produccion por Tonelada de Sulcamag		
Materia prima	$	60,000
empaque	$	20,000
Mano De Obra	$	30,000
Energia (kwH)	$	8,000
GLP	$	40,000
Otros costos indirectos	$	30,000
COSTO TOTAL	$	188,000

Fuente: Autor

Se puede concluir de la Tabla 8, que el costo de producción total de una tonelada de Sulcamag, disminuye a $172.892, lo cual indica que las mejoras se justificaron porque su costo de producción se redujo en $15.108.

Tabla 8. Costo de producción de tonelada de Sulcamag después de mejoras

Costos de produccion por Tonelada de Sulcamag		
Materia prima	$	60,000
empaque	$	20,000
Mano De Obra	$	30,000
Energia (kwH)	$	9,600
cascarilla de arroz	$	20,000
Otros costos indirectos	$	30,000
Costo total de Mejoras	$	3,292
COSTO TOTAL	$	172,892

Fuente: Autor

8.8 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS EN EL PROCESO DE GRANULACIÓN.

Con la información de la Tabla 9, se puede concluir que las implementaciones de las mejoras son factibles ya que su relación beneficio/costo es 4.59, valor superior a 1 que indica que por cada $1 invertido se obtienen $4.59 de utilidad bruta.

Tabla 9. Relación beneficio/costo de la implementación de las mejoras

Proyecto de implementacion de Mejoras		
Costo de produccion Anterior	$	188,000
Costo de produccion Despues de mejoras	$	172,892
Ahorro x Tonelada	$	15,108
Costo x Tonelada	$	3,292
Relacion Beneficio/costo		4.59

Fuente: Autor

9. CONCLUSIONES

- El análisis realizado con el uso del programa ProModel determinó que los equipos del proceso de producción actual no están siendo utilizados y ocupados al 100%.

- Mediante los registros obtenidos se lograron identificar y evaluar que hay cuatro factores importantes que influyen en el proceso de granulación de la planta; el primero es el clima que provoca atacamiento en los equipos y un desgaste de los mismos, el segundo el único transporte neumático para el movimiento de material de todos los procesos, el tercero el elevado costo de usar GLP y su alto riesgo, el cuarto los atascamientos frecuentes debido a las mangas del extractor de polvo que disminuyen la eficiencia del proceso de granulación.

- Una vez realizadas las mejoras se pudo concluir que, aunque los costos la inversión inicial son elevado, se va a tener un significante ahorro en el proceso de granulación. Los costos de producción por tonelada disminuyeron en $15.108 y que por cada $1 que se invirtió se podrán obtener $4.59 de ganancia.

RECOMENDACIONES

- Instalar un techo que cubra toda el área de trituración, molienda, granulación y clasificación para evitar paradas por los agentes climáticos y evitar el desgaste de las máquinas.

- Instalar un Compresor de transporte neumático alterno para el proceso de granulación y para separarlo de las líneas de trituración y molienda, además de aumentar el porcentaje de ocupación de las maquinas del proceso de granulación.

- Instalar una fuente alterna como es un Quemador de Biomasa, alimentado por cascarilla de arroz, para disminuir los costos en producción por $15.108 además de reducir el riesgo de los operarios del proceso de granulación.

BIBLIOGRAFÍA

AITECO Consultores. {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/

Conceptodefininion.de {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: http://conceptodefinicionde/solvente/

Conceptodefininion.de {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: http://conceptodefinicion.de/ solvente/

Diccionario de la Lengua Española {consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://es.thefreedictionary.com/higrosc%C3%B3pico

EcuRed {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.ecured.cu/Granulometr%C3%ADa

Gestiopolis {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/

GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Manual técnico de las propiedades de los fertilizantes. Venezuela. 2008. 40 Pg. {consultado julio 24 de 2017}: disponible en: https://es.scribd.com/doc/67807714/Manual-Tecnico-de-Fertilizantes

Minera Providencia S.A. {En línea}. {Consultado el 12 de mayo de 2017}. Disponible en: http://www.minpro.co/index.html

OCHOA D.L, Igartua, Hernández M, O.M, GASCÓN, Rosa M.R, PEDRAZ, J.L. (2006). Granulación por fusión en mezcladores granuladores de alta velocidad, Vitae. En: Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, (Volumen 13 y número 1); Pg8. {consultado julio 30 de 2017}: disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n1/v13n1a06.pdf

OGA {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: http://www.oga.com.co/teoria-y-calculo/definicion-y-tipos-de-transporte-neumatico/
ProModel. {En línea}. {Consultado el 15 de agosto de 2017}. Disponible en: http://promodel.com.mx/promodel/

TORRES DUGAN, Martin. Cuáles son las propiedades y atributos que determinan su valor agronómico. Rosario, 2007. 12 pg. {consultado julio 25 de 2017}: disponible en: http://www.tecnoagro.com.ar/notas/fertilidad/calidad-de-fertilizantes.pdf

Twenergy {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://twenergy.com/a/quemadores-de-biomasa-1628
UNIGAS {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}.Disponible en: http://www.unigas.com.co/nosotros/que-es-glp

Valagro {En línea}. {Consultado el 20 de noviembre de 2017}. Disponible en: https://www.valagro.com/es/turf/productos /fertilizantes-granulados/