

**AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN Y
MOLIENDA DE SUMICOL**

MARCELA AGUILAR VARGAS

LINA PINEDA ZULUAGA

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MEDELLÍN

2011

**AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN Y
MOLIENDA DE SUMICOL**

MARCELA AGUILAR VARGAS

LINA PINEDA ZULUAGA

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MEDELLÍN

2011

Nota de Aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Medellín, de 2011

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar se agradece al asesor del proyecto Gabriel Felipe Aguilera Gálvez, Ingeniero de Investigación & Desarrollo de Sumicol-Corona, cuyo acompañamiento en todo el proyecto logro que se llevaran a cabo todos los objetivos planteados desde un principio. Así mismo, a todo el personal de la planta de trituración y molienda, tanto operativa como administrativa, en especial a Juan Francisco Henao, supervisor de producción, quien aportó datos primordiales para el direccionamiento de este trabajo y a Iván Darío Higueta, jefe de producción por su colaboración oportuna.

Se agradece enormemente a las familias Aguilar Vargas y Pineda Zuluaga por su incondicional apoyo y acompañamiento en todo momento. Junto a esto, se hace un reconocimiento a todas aquellas personas que, de alguna u otra forma, fueron parte del desarrollo de este proyecto, especialmente a Juan Gregorio Arrieta y Jaime Bermúdez por su constante asesoría.

Por último, se agradece de una forma muy especial a la empresa SUMICOL – CORONA, ya que sin el apoyo de ellos, no se hubiera podido llevar a cabo este trabajo, gracias por haber confiado en este proyecto y brindar las herramientas necesarias para la consecución del mismo.

CONTENIDO

CONTENIDO	5
TABLAS	8
RESUMEN	9
GLOSARIO	10
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS.....	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	19
2.1 SUMICOL - CORONA.....	19
2.1.1 Trituración y Molienda.....	21
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	24
4. MARCO TEÓRICO.....	26
4.1 LEAN ENTERPRISE.....	26
4.2. TPM	28
4.2.1 Pilares de TPM	29
4.3 EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO.....	31
4.4 FÁBRICA VISUAL	33
5. DESARROLLO DEL PROYECTO	36
5.1 ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN ACTUAL DEL EGE	36
5.1.1 Calidad	38
5.1.2 Rendimiento.....	41

5.1.3	Disponibilidad.....	43
5.2	PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DEL CÁLCULO DEL EGE.....	46
5.2.1	Calidad:	46
5.2.2	Rendimiento:.....	47
5.2.3	Formato estandarizado para el cálculo del EGE.....	48
5.3	REALIZACIÓN DEL VSM. (Mapeo de la cadena de valor).....	50
5.3.1	Análisis del VSM.....	52
5.4	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ACTUAL DE LA PLANTA.....	54
5.5	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ACTUAL DE LA PLANTA.....	60
5.6	MEJORAS REALIZADAS EN EL PROCESO.....	63
5.6.1	Problema No 1.....	63
	• Solución.....	64
5.6.2	Problema No 2.....	65
	• Solución.....	66
5.6.3	Problema No 3.....	67
	• Solución.....	67
5.7	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD CON MEJORAS REALIZADAS AL PROCESO.	67
5.8	ANÁLISIS DEL EGE CON LAS MEJORAS IMPLEMENTADAS EN LA PLANTA.	75
6.	CONCLUSIONES.....	80
7.	RECOMENDACIONES.....	83
8.	BIBLIOGRAFIA.....	85
	ANEXOS	87
	• ANEXO A: LISTA DE SÍMBOLOS DEL VSM.....	87
	• ANEXO B: CONVENCION DE COLORES DEL VSM	89
	• ANEXO C - VSM	90
	• ANEXO D FORMATO ESTANDARIZADO DEL EGE.....	91

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Operación de un molino en seco por rebose.	18
Ilustración 2 Gráfica EGE diario del 1 al 15 de Noviembre 2010.....	37
Ilustración 3 EGE diario del 16 al 30 de Noviembre 2010.....	37
Ilustración 4 Gráfica indicador de calidad diaria del 1 al 15 de Noviembre 2010.....	39
Ilustración 5 Gráfica de calidad diaria del 16 al 30 de Noviembre 2010.	40
Ilustración 6 Gráfica indicador de rendimiento del 1 al 15 de Noviembre 2010	42
Ilustración 7 Gráfica indicador de rendimiento del 16 al 30 de Noviembre 2010	42
Ilustración 8 Gráfica indicador de disponibilidad del 1 al 15 de Noviembre 2010	45
Ilustración 9 Gráfica indicador de disponibilidad del 16 al 30 de Noviembre 2010...	45
Ilustración 10 Gráfica de referencias pareto del molino 7	51
Ilustración 11 Fabrica visual para cambio de materia prima.	65
Ilustración 12 EGE diario del 1 al 15 de junio del 2011	75
Ilustración 13 EGE diario del 16 al 30 de junio del 2011	76
Ilustración 14 EGE diario del 1 al 15 de julio del 2011	77
Ilustración 15 EGE diario del 16 al 31 de julio del 2011	78
Ilustración 16 EGE diario del 1 al 15 de agosto del 2011.....	78
Ilustración 17 EGE diario del 16 al 31 de agosto del 2011.....	79

TABLAS

Tabla 1 EGE diario del 1 al 15 de Noviembre 2010.....	38
Tabla 2 Lista de paros en el molino 7	44
Tabla 3 Capacidad real por (retenido sobre el tamiz U.S. Standard)- molino 7	48
Tabla 4 Formato estandarizado para el cálculo del EGE.	49
Tabla 5 Lista de referencias pareto	50
Tabla 6 Clasificación de las referencias por tipo de empaque.....	52
Tabla 7 Lote mínimo de producción para cada grupo.	54
Tabla 8 Diagrama de Gantt referencia A.	55
Tabla 9 Diagrama de Gantt referencia B.	55
Tabla 10 Diagrama de Gantt referencia C.	56
Tabla 11 Diagrama de Gantt referencia D.	56
Tabla 12 Diagrama de Gantt referencia F	57
Tabla 13 Diagrama de Gantt referencia G	57
Tabla 14 Diagrama de Gantt referencia I.....	58
Tabla 15 Diagrama de Gantt referencia E	58
Tabla 16 Diagrama de Gantt referencia H.	59
Tabla 17 Demanda mensual por referencia.....	60
Tabla 18 Resumen cálculo de la capacidad actual de la planta.	62
Tabla 19 Diagrama de Gantt referencia A (con mejoras realizadas)	69
Tabla 20 Diagrama de Gantt referencia B (con mejoras realizadas).	69
Tabla 21 Diagrama de Gantt referencia C (con mejoras realizadas).	70
Tabla 22 Diagrama de Gantt referencia D (con mejoras realizadas).	70
Tabla 23 Diagrama de Gantt referencia F (con mejoras realizadas).....	71
Tabla 24 Diagrama de Gantt referencia G (con mejoras realizadas).....	71
Tabla 25 Diagrama de Gantt referencia I (con mejoras realizadas).....	72
Tabla 26 Diagrama de Gantt referencia E (con mejoras realizadas)	72
Tabla 27 Diagrama de Gantt referencia H (con mejoras realizadas)	73
Tabla 28 Resumen cálculo de la capacidad de la planta con mejoras	74
Tabla 29 Capacidad arreglada por (retenido sobre el tamiz U.S. Standard)- molino 7	77

RESUMEN

En la planta de Trituración y Molienda de Sumicol Sabaneta, se detectó un error en la forma de medir el EGE (Eficiencia Global del Equipo), impidiendo así evidenciar la realidad de la planta y que se pudieran tomar buenas decisiones en la administración de la de producción. También ocultaba las oportunidades de mejora, haciendo casi imposible realizar progresos en el proceso.

El proyecto se centra en analizar el proceso actual de molienda del molino 7 en la planta de Trituración y Molienda, con respecto a su cadena de valor y al comportamiento del EGE, para después proponer mejoras al proceso que favorezcan el aumento de este indicador.

Una vez se realizó el análisis de todos los procesos que intervienen en el Molino 7, se toman dos decisiones: Implementar una nueva manera de calcular el EGE y realizar unos cambios e implementar mejoras en algunas actividades del proceso que no le generan valor agregado al producto final.

Con estas modificaciones se logra cambiar la percepción del EGE, reportando datos verídicos y reales, sobre los cuales se pueden tomar decisiones administrativas concretas para la planta. Además, con las mejoras implementadas en el proceso se reducen tiempos y actividades innecesarias que solo están incrementando la cadena de producción. Con la unión de estas soluciones se evidencia un incremento en el indicador debido a las mejoras implementadas.

GLOSARIO

BIG BAG: Es un saco de polímero de alta densidad usado para epaque de productos a granel; los tamaños varían según la capacidad en kilos (560, 900, 936 y 1000) y sus dimensiones son 110 x 110 cm, se utiliza para almacenar y transportar la arena molida.

TRITURACIÓN: Es el término empleado en el área de beneficio y procesamiento de materiales para la primera etapa de reducción de tamaño, aplicada a los tamaños más gruesos.

MEDIO MOLEDOR: Es el elemento encargado de realizar la actividad molturante en un proceso de molienda, el cual principalmente corresponde a bola de alúmina para procesos cerámicos, y la cual sigue una distribución de tamaños de acuerdo a la característica granulométrica de entrada de los materiales, y el de tamaño de partícula final que se desea obtener.

CALIDAD: Corresponde a todas las definiciones acerca de las especificaciones que debe cumplir un producto o proceso. La medición de la calidad busca una producción sin defectos logrando los parámetros específicos de los clientes.

DISPONIBILIDAD: Es el indicador que muestra el porcentaje de tiempo real dedicado a la producción de la máquina.

RENDIMIENTO: Factor que muestra la producción que realmente se obtiene comparada con la que se espera obtener, el cual va asociado a las pérdidas por velocidad en los procesos.

EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (EGE): Es un indicador clave de desempeño, representado en una razón porcentual para medir la efectividad

productiva de una máquina. Mide, en un único indicador, los parámetros fundamentales en la producción: la calidad, disponibilidad y rendimiento.

KANBAN: Es un sistema de información que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas, las cuales son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas, está basada en la demanda y consumo del cliente.

LEAN ENTERPRISE: Es una herramienta basada en las metodologías de producción TOYOTA, la cual tiene como objetivo principal la eliminación del desperdicio generado por la ineficiencia existente en los procesos de producción.

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM): Es una filosofía basada en el sistema de producción TOYOTA, que se enfoca en la eliminación de las seis grandes pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial.

RESIDUO SOBRE (RETENIDO SOBRE EL TAMIZ U.S. STANDARD) (RSM): Variable de control de procesos que mide la cantidad en masa en porcentaje que retiene un tamiz que sigue la denominación de la serie de tamices US Standard.

PRUEBA DTP (Distribución de Tamaño de Partículas): Es el análisis granulométrico realizado al material según la información obtenida de métodos analíticos que pueden ser obtenidos vía absorción de rayos X o difracción de rayos láser.

APROBACION FRX (Fluorescencia de Rayos X): Corresponde a la técnica analítica que permite establecer la composición por óxidos metálicos de una muestra vía fluorescencia de rayos X.

VALUE STREAM MAP (VSM): Es una herramienta que por medio de simples iconos y gráficos muestra la secuencia y el movimiento, de la

información, materiales y las diferentes operaciones que componen la cadena de Valor.

CADENA DE VALOR: Es la secuencia de procesos y actividades que acercan las materias primas al producto final que produce una planta o fábrica. Esta secuencia de procesos y actividades pueden generar valor o no, lo cual se busca visualizar al establecer el mapa de cadena de valor.

ARENA SILÍCEA: Materia prima fundamental para la cerámica, compuesta mayoritariamente por sílice o cuarzo.

TTP: Tiempo Total de Proceso. Tiempo que cuenta tanto el tiempo efectivo como la sumatoria de tiempos muertos que se emplean en un proceso productivo, referido a un ciclo de producción para una unidad de producto.

WIP: Work In Process. Es el inventario de material que está siendo procesado, por lo cual no tiene características adversas al proceso.

FTQ: First Time Quality. Es la calidad obtenida a la primera vez, sin tener que incurrir en reprocesos.

TAMIZ: Este término es usado en la planta de Trituración y Molienda para designar porcentaje de material retenido sobre el tamiz correspondiente; es el indicador de la eficiencia de la molienda.

INTRODUCCIÓN

Las empresas se encuentran en un entorno cada vez más globalizado y competitivo, por lo cual desde hace varios años vienen presentando cambios drásticos en su modelo de negocio, en cuanto a sus procesos, métodos y demás; con el fin de elevar sus estándares de calidad, competitividad y eficiencia, brindándoles un mejor servicio a sus clientes finales por medio de la optimización de las actividades y la eliminación de cuellos de botella, reprocesos, actividades que no agregan valor y tiempos muertos.

La Organización Corona, ha venido desarrollando estrategias de gestión y mejoramiento continuo, implementando metodologías como Seis Sigma, Lean Seis Sigma, Diseño por Seis Sigma, TPM, entre otras, con el objetivo de incrementar la productividad en sus procesos, reducir el tiempo de ciclo e incrementar su competitividad, mediante el aumento de la eficiencia global de los procesos y equipos.

La planta de Trituración y Molienda de Sumicol Sabaneta, presenta inconvenientes para medir y determinar de manera correcta la eficiencia global en el proceso del molino 7, lo que afecta significativamente la producción teniendo un gran impacto en la economía de la planta y en sus planes de mejoras, ya que ningún resultado se ejecuta de una manera notoria, logrando un estancamiento en esta.

Es necesario entonces, empezar a desarrollar proyectos para corregir esta situación creando impactos positivos en la Compañía. Este proyecto pretende mejorar la productividad de la planta, mediante el mejoramiento y la estandarización de procesos y la medición del EGE (Eficiencia global del equipo).

El beneficio de real y mayor impacto que trae dicho proyecto a la empresa será el aspecto económico y un conocimiento del verdadero EGE del proceso permitirá una correcta administración de la planta, mejorando la planeación de la misma, y permitiendo evidenciar y verificar desperdicios de proceso que en la actualidad generan costos. También se podrá eliminar actividades que no agregan valor, disminuyendo el tiempo de ciclo de proceso, lo que inmediatamente aumenta la eficiencia de la planta y disminuye el tiempo de respuesta ante las solicitudes de los clientes. La velocidad de respuesta de la planta afecta directamente la rentabilidad del negocio. El compendio de las mejoras al EGE también permite ahorrar posibles penalizaciones de los reclamos de calidad, de la no disponibilidad de equipos, o de desperdicios por poca eficiencia de los equipos (molinos), así como los costos de mantener un inventario innecesario que en la actualidad puede ser necesario para cubrir la ineficiencia del proceso.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Aumento de la productividad de la planta de Trituración y Molienda de Sumicol

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el diagnóstico del estado de la planta de Trituración y Molienda de Sumicol para identificar los puntos críticos del proceso, a través de una línea de producción piloto (Molino 7).
- Evaluar y analizar la medición de los indicadores que afectan el EGE (Disponibilidad, rendimiento y calidad), para verificar la veracidad de ésta.
- Analizar las pérdidas en el proceso sobre las cuales se debe centrar las alternativas de solución.
- Proponer alternativas de solución a los problemas encontrados en los análisis.
- Seleccionar e Implementar las alternativas de soluciones en el proceso de molienda.
- Evaluar la medición del EGE luego de haber implementado las mejoras en el proceso.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 SUMICOL - CORONA

Nació el 19 de diciembre de 1963 con el nombre Crossley Colombiana S.A, una Compañía que sería el primer asomo de lo que hoy se conoce como Sumicol S.A, cuya nómina era de 15 empleados. Actualmente su domicilio principal se encuentra en Sabaneta (Antioquia). Sumicol es una empresa manufacturera dedicada al beneficio de minerales, a la provisión de insumos industriales, servicios técnicos y productos semielaborados para diversas industrias, principalmente de la cerámica, del vidrio, de la pintura, del papel y de la edificación. Además Sumicol es una de las compañías dedicadas a la manufactura y a la comercialización de productos para el mejoramiento del hogar y la construcción que conforman la Organización CORONA S.A, grupo empresarial que nace hace 128 años en Caldas (Antioquia) con la empresa Locería Colombiana y a la cual pertenecen empresas como: Aisladores CORONA (antes Electro porcelana GAMMA), Sanitarios & Lavamanos (antes COLCERÁMICA), Pisos & Paredes (antes COLCERÁMICA), Almacenes CORONA (Híper Centro Cerámico), Grifería (antes GRIVAL) y Home Center, en asocio con SODIMAC de Chile. Todas estas empresas cuentan con las certificaciones de calidad ISO-9000¹.

La misión de Sumicol consiste en brindar soluciones competitivas a las industrias cerámicas, de la edificación, del vidrio, de la pintura y del papel, mediante el suministro asegurado de insumos con base en minerales no metálicos, servicios técnicos y productos semielaborados, con la calidad requerida por los usuarios finales. Día a día, Sumicol se compromete con el mejoramiento continuo de sus procesos y el aumento de la satisfacción de

¹ Tomado de la página de Sumicol S.A.: www.corona.com.co/Sumicol/web/insumos/index.html

sus clientes, mediante el desarrollo integral del talento humano, el suministro de productos y servicios técnicos confiables que generen competitividad mutua, el cumplimiento de las especificaciones acordadas con cada cliente, los requisitos de su sistema de gestión y la legislación que aplica sus actividades, el uso racional de los recursos naturales, la prevención y el control de la contaminación y riesgos asociados con salud ocupacional y seguridad de la información.

Sumicol maneja dos líneas de producción, la primera es *Materiales para la Construcción*, encargada de la fabricación de productos como Pegacor, Concolor, Estucor, Yesos y Estucos. La segunda, *Insumos Industriales*, encargada de proveer, parcial o totalmente, las materias primas para sectores industriales, que incluyen, caucho, refractario, fibra de vidrio, detergentes, ladrilleras, pigmentos, vidrio y la industria ceramista, a la que pertenecen las demás empresas de la Organización Corona. Sumicol, además, cuenta con un sistema de laboratorios donde se realizan diversos ensayos industriales de materiales. El laboratorio central de Sumicol está certificado con el ICONTEC, por lo que a la empresa le permite asegurar la calidad de sus productos.

Es una Compañía conformada por 600 personas, de las cuales 200 son del área administrativa y 400 del área operativa.

Sectores atendidos:

Los productos de SUMICOL son utilizados en:

- Cerámica: Como materias primas para la preparación de pastas y esmaltes para la producción de pisos, porcelana sanitaria y eléctrica, vajillería y cerámica artística.

- Construcción: Como carga, relleno y/o aditivo en la fabricación de fibrocemento y como materia prima en la fabricación de pegantes, estucos, morteros y sistemas Drywall.
- Vidrio: Como materia prima para la fabricación de envases de vidrio, vidrio plano, cristalería y vidrios especiales.
- Pinturas: Como extendedores (filler) y como carga.

Sumicol maneja 206 referencias de productos para la construcción y 150 referencias para insumos industriales.

2.1.1 Trituración y Molienda

En 1968 se instala la Planta de Procesos, la cual comenzó a operar con un molino y un secadero en los que se procesaba el material triturado que provenía de Cerámica Sabaneta, esta es la que hoy se conoce como la planta de Trituración y Molienda en Sumicol Sabaneta. Esta planta hoy en día cuenta con 5 molinos pequeños de iguales características, los cuales son capaces de moler 900 kilos por hora y funcionan por medio de aire insuflado. En 1996 se instala el molino No 7, el cual es el molino de mayor capacidad con el que se cuenta, este es capaz de producir hasta 8 toneladas por hora y su funcionamiento es diferente al de los pequeños, este funciona por rebose, cuando el molino se encuentra lleno, el material sale por gravedad².

A la planta de Trituración y Molienda Sabaneta, la componen treinta y ocho trabajadores, entre los cuales hay un técnico, un supervisor de la planta, dos programadores de la producción, un cargador de la materia prima y los demás treinta y tres son los operarios de los molinos.

² Tomado de la página de Sumicol S.A
<http://www.corona.com.co/Sumicol/web/insumos/prod02.html>

En esta planta se muele materia prima explotadas de 7 minas diferentes las cuales pertenecen a la Organización; algunas de estas materias primas son: caliza, dolomita, yeso, talco, rotura cerámica, zirconio, frita, caolín, arcilla, y diferentes variedades de sílice; estas servirán como materia prima para la elaboración de cerámica para pisos, revestimientos, porcelanas eléctrica y sanitaria, vajillería, vidrio, papel, pinturas, entre otros.

Sumicol cuenta con dos plantas de trituración y molienda, a parte de la que se encuentra ubicada en sabaneta, estas son:

- Planta Gualanday: La cual procesa Feldespato.
- Planta Rio Claro: La cual procesa Caliza.
- Molino 7

Este molino opera en seco y su proceso de alimentación, molienda y descarga es por medio de rebose, es decir, cuando el molino se encuentra lleno sale el material por un ducto el cual lo conduce a un ventilador y este lo lleva a un selector, que clasifica el tamaño de la partícula del material, si este no cumple con los requerimientos es devuelto nuevamente al proceso de molienda (Véase Ilustración 1).

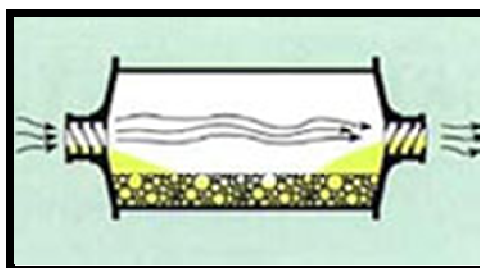


Ilustración 1 Operación de un molino en seco por rebose.

El molino es cargado con 30 toneladas de bola de alúmina, la cual se encarga de reducir el tamaño del material a medida que el molino va girando a una velocidad constante en todas las moliendas, dando una producción aproximada de 8 toneladas por hora.

En esta línea se trabajan tres turnos diarios, en los cuales se encuentran dos operarios por turno, uno se encarga de todo el proceso de molienda y el otro de la zona de empaque.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Este proyecto surge por una necesidad planteada desde la gerencia para implementar por primera vez en la planta como complemento a la implementación de TPM, otras metodologías de mejora continua.

Ya otras plantas de Sumicol han avanzado en aplicación de herramientas como Seis Sigma, Lean Seis Sigma, Diseño Por Seis Sigma (DPSS), entre otras. Por esto se decidió emprender un proyecto que vinculara las herramientas de un Value Stream Map (VSM) usadas en Lean Enterprise y TPM.

Es de esperar que a partir del análisis conjunto planteado se puedan evidenciar algunos de los problemas más críticos que se presentan en la planta, los cuales se convertirán el objeto de estudio de este proyecto.

La principal oportunidad de mejora de la planta de Trituración y Molienda en Sumicol, es el manejo del EGE (Eficiencia Global del Equipo) indicador clave en la metodología de TPM. La medición de variables que son usadas en el cálculo del EGE se han realizado en la planta desde hace más o menos 3 años obteniendo ganancia en la etapa de creación de cultura, permitiendo que los operarios llenen formatos con los datos necesarios para el cálculo de los indicadores. Sin embargo, no se tiene certeza de que los datos recolectados sean verídicos, puesto que el valor del EGE en algunas ocasiones ha resultado ser más del 100%. Además el EGE no se está teniendo en cuenta para la planeación de la producción, siendo un indicador que sólo se mide pero no causa ningún impacto real, impidiendo que se evidencien posibles potenciales de mejora, y que se pueda administrar efectivamente la planta.

Primero que todo, se debe tener en cuenta que el EGE (Eficiencia Global del Equipo) es un indicador el cual evalúa la productividad de la máquina. Por ejemplo, si se tiene un EGE del 70% significa que de cada 100 toneladas buenas que la máquina podría haber producido, se están produciendo solo 70 toneladas. Cuando este indicador esta muy bajo la máquina no está trabajando de la manera más productiva, esto se presenta por la causa de paros y fallas mecánicas. Pero si por el contrario se tiene un EGE de más del 100% es evidencia de que se tiene un cálculo erróneo, con el cual no se puede tomar ninguna decisión, aún cuando en ocasiones el EGE esté por debajo del 100%. En el caso particular de la planta de Trituración y Molienda, se ha encontrado situaciones en que el EGE se reporta superior al 100%, evidencia de que se estaba midiendo de manera equivocada.

Otro inconveniente que se presenta es que las mejoras que se realizan en el proceso son acciones aisladas, las cuales no llegan a impactar los resultados, por eso la finalidad de este proyecto también es realizar un diagnóstico de toda la línea de producción del molino 7, desde que llega la materia prima en los camiones hasta que sale el producto terminado en big bags o bultos, evidenciando así los problemas como un conjunto, creando con la propuesta de mejoras un gran impacto en la línea, la cual es de vital importancia para toda la cadena de suministros de la Organización Corona.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 LEAN ENTERPRISE

Lean Enterprise es una de las herramientas de última generación que están usando las empresas para construir la cultura de Mejoramiento Continuo, siguiendo las metodologías de Toyota. Cuando se implementa Lean Enterprise se generan importantes resultados en términos de eficiencia, productividad y economía, pues un proyecto de esta naturaleza se considera un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de todas aquellas actividades que no agregan valor, pero sí costo y trabajo³.

Lean Manufacturing ha identificado una estrecha relación entre la velocidad de respuesta y la rentabilidad del negocio. En otras palabras, se entiende que detrás de un proceso que toma mucho tiempo puede haber una serie de desperdicios costosos, como esperas o fallas en la planeación de la producción, descomposturas en las máquinas, producción en lotes grandes, transportes, etc., la mayoría invisibles para la gerencia. Los tiempos largos de respuesta normalmente indican la presencia de otro tipo de problemas recurrentes. Por ello, en la manufactura hay que procurar procesos con mínimo tiempo de ciclo, es decir, con menos desperdicios y con un sistema de flujo continuo de producción.

Para desarrollar esta metodología se requiere de la participación de equipos de personas bien organizados y capacitados, además de todas las áreas que intervienen de manera directa o indirecta en el proceso para así poder lograr

³ Tomado de SOCCONINI Luis. Lean Manufacturing. 1ª edición. México D.F: Editorial Norma, 2009

la eliminación sistemática de los desperdicios y un buen funcionamiento de los procesos, y su concordancia con la filosofía planteada.

Lo primero que se debe de realizar es una identificación de todos los desperdicios más importantes que se estén presentando en el proceso que se está analizando, los cuales el cliente no está dispuesto a pagar porque se realicen. Para realizar este análisis, y como primer paso, se construye la Cadena de Valor de los procesos ó VSM (Value Stream Map), la cual consiste en identificar todas las operaciones que transforman materias primas en productos, y que son necesarias para ofrecerle al cliente un producto desde el concepto o diseño, hasta la producción y el envío.

Como segundo paso se identifican los desperdicios a través del mismo Mapa de Cadena de Valor teniendo como primera instancia la situación actual de los procesos, lo que constituye un diagnóstico total del proceso. De esta manera, el VSM es utilizado para conocer a fondo el proceso, comprender el flujo y detectar las actividades que no agregan valor, teniendo como punto a favor el hecho de que es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual de un proceso.

Por otra parte, la calidad de los productos y los procesos se deberá lograr durante las operaciones mismas que lo generan, y no sólo medirla o evaluarla al final del proceso mediante un muestreo. Éste permitirá descubrir una parte de los defectos después de que se hayan generado, pero difícilmente permitirá prevenirlos. Calidad en la fuente significa que los operadores y su equipo contribuyen en sus procesos a lograr una calidad excelente desde la primera vez que se realiza el trabajo.

Adicionalmente, no es suficiente con ser capaz de hacer un trabajo de excelente calidad, si la máquina con que opera está descompuesta. Por ello, en este sistema de manufactura esbelta es indispensable la máxima eficiencia en la máquina para optimizar también su eficacia, lo cual se logra

poniendo el operador al cuidado de su equipo mediante actividades diarias de limpieza, lubricación, revisiones generales y pequeños ajustes. Esto es parte fundamental de Lean Manufacturing, que se basa en la participación activa del personal. Este enfoque se logra facultando a la gente para participar en las mejoras y permitiéndoles decidir sobre lo que para la producción y sus procesos es relevante en la creación de valor.

Finalmente, el control visual es parte importante de Lean Manufacturing, ya que le permite a cualquier persona detectar anomalías y tomar decisiones sobre estas simplemente con ayudas visuales, como avisos, lámparas, guías y procedimientos. El reto consiste en crear fábricas para “sordomudos” en donde no sea necesario gritar, buscar, explicar, etc., y que además se genere valor con el mínimo desperdicio.

4.2. TPM

El TPM, se constituye en una herramienta privilegiada para la creación de una Empresa Lean.

Mantenimiento productivo total (del inglés “Total Productive Maintenance”, TPM) es una filosofía originaria de Japón, donde la meta de esta metodología enfatiza la sistemática eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción, lo que representa una mejora en las tasas de operación del equipo, la minimización del stock y así mismo, el aumento de la productividad del personal a través de las actividades de los Pequeños Grupos Autónomos, involucrando paulatinamente a todos los Departamentos (Ingeniería, Ventas, Administración, Finanzas, Planificación), y a todo el Personal, desde la alta

dirección hasta los operarios de planta, en un mismo proyecto: CERO PÉRDIDAS⁴.

TPM constituye un concepto en materia de administración, basado en cuatro principios fundamentales:

- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema.
- Implementación de un sistema de gestión que facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan.
- Implementación del mantenimiento preventivo como medio para alcanzar uno de los objetivos principales el cual es cero pérdidas.
- Aplicación de los sistemas de gestión en todos los aspectos de producción (Diseño, desarrollo, ventas y dirección).

4.2.1 Pilares de TPM

Los pilares son las estrategias fundamentales para desarrollar la metodología de TPM, estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. A continuación serán nombrados brevemente los 8 pilares.⁵

- **Mantenimiento Autónomo**

Es el pilar central de la metodología, el cual tiene como objetivo principal conservar y mejorar el equipo con la participación del usuario u operador.

⁴ Tomado de ACTION Group. Implementación de TPM: Mantenimiento Productivo Total. [en línea]. Junio 2010 [fecha de consulta: Enero 15 de 2011] Disponible en:
Ⓜhttp://www.actiongroup.com.ar/tpm_lean.htmⓂ

⁵ Tomado de BALDOMERO Jaime, MENDOZA Juana, PINEDA José, VÁZQUEZ Juan Fernando. Pilares básicos del TPM. [en línea]. Universidad Autónoma de Tamaulipas Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe. [fecha de consulta: Enero 15 de 2011] Disponible en:
Ⓜ<http://tpm.awardspace.us/Pilares-del-TPM.html>Ⓜ

Está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan por los trabajadores en cada uno de los equipos que operan, como son la inspección, lubricación, limpieza e intervenciones menores; estudiando posibles mejoras, analizando acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

- Mejoras enfocadas

Este pilar tiene como objeto principal maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas, eliminando sistemáticamente a las grandes pérdidas ocasionadas con el proceso productivo.

- Mantenimiento Planeado

El objetivo de este pilar es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, prevención y predicción. El propósito de este, consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

- Mantenimiento de Calidad

Tiene como propósito mejorar la calidad del producto y del proceso reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo.

- Educación y Entrenamiento

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades y ayudar con esto a lograr un alto nivel de desempeño en las personas. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

- *Seguridad y medio ambiente*

Tiene como objetivo crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente. Aquí lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro.

- *Gestión temprana*

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción, actuando durante la planificación y construcción de los equipos. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento.

- *Mantenimiento en áreas administrativas*

El objetivo de este pilar es eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso que produce información ya que ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc.

4.3 EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO

El EGE (Efectividad Global del Equipo) se define como una herramienta de mejora continua para la industria actual, relacionada con el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Este indicador mide en una sola relación la efectividad de las máquinas y líneas, combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

El EGE muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente, esta diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

Tener a disposición la información aportada por el EGE en un proceso de manufactura es muy importante para la correcta administración del mismo, dado que permite visualizar las posibles mejoras en los procesos, a través de la reducción de los desperdicios y en la variabilidad en los mismos, con el fin de aumentar la productividad y rentabilidad de la empresa.

El EGE, entonces, analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse en un proceso productivo. Esta clasificación proviene de la misma manera del TPM, en que se definen “Seis grandes pérdidas”, las cuales hacen reducir el tiempo efectivo de proceso y la producción óptima a alcanzar.

La disponibilidad del equipo se ve afectada cuando se presentan pérdidas de tiempo, ya sea por averías causadas por disfunciones técnicas u operativas, o por esperas de la máquina debido a un cambio, mantenimiento o ausencia del trabajador que la opera. Para el EGE, el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.

El rendimiento disminuye debido a pérdidas de velocidad, que ocurren por paradas y velocidad reducida. Las primeras son producidas por pequeños problemas tales como bloqueos de sensores o interrupciones en el proceso; la segunda sucede cuando la velocidad en que se trabaja es menor a la diseñada.

Igualmente, la calidad tiene pérdidas relacionadas a los productos inconformes y los reprocesos. El objetivo de calidad debe ser fabricar siempre productos conformes desde la primera vez (FTQ).

La efectividad de un equipo afecta en primer lugar a los operarios de producción, por lo que ellos deben implicarse en entender y calcular el EGE

así como planificar e implementar mejoras en la máquina para ir reduciendo de forma continúa las pérdidas de efectividad.

Las ecuaciones que sirven para determinar los parámetros que definen el EGE se verán en el siguiente capítulo.

4.4 FÁBRICA VISUAL

Gestión visual es un proceso de trabajo en la organización, que emplea el lenguaje gráfico para comunicar de una manera fácil la situación actual de una actividad, o llamar la atención para intervenir o modificar un proceso, ya sea para mejorarlo o mantenerlo dentro de unos parámetros establecidos.

La gestión visual facilita el trabajo cotidiano de los integrantes de la organización, ya que en corto tiempo (a través de un vistazo), se puede comunicar empleando elementos gráficos la situación de las diferentes variables de los procesos y estimular la reflexión y toma de acciones por parte de la persona encargada⁶.

“La mayoría de empresas están mal organizadas, no controlan sus procesos, ni sus resultados, lo que les hace malograr tiempo y recursos”.

Adam Smith

Algunas Causas son:

- ✓ Falta de seguimiento
- ✓ Falta de personas responsables de hacerlo

⁶ <http://www.ceroaverias.com/visual/conceptos.htm>

- ✓ Falta de conocimiento del proceso (personal sólo opera, apaga incendios y no ve todo cuadro)
- ✓ Falta de una sistema integrado de control visual
- ✓ Falta de acciones de respuesta estandarizadas (¿Qué pasa si?)

Con el fin de reducir las deficiencias en las distintas fases de producción (de productos o servicios), o con el fin de hacer seguimiento a proyectos de mejora, se ha desarrollado el concepto de la **fábrica visual**. Éste concepto está ligado a varias metodologías y conceptos que tienen el control o administración visual de fondo. Entre ellos se puede citar:

- ✓ Andon
- ✓ 5S's.
- ✓ Kanban y Pull Systems.
- ✓ Tableros de control, de resultados, de proyectos, etc.

La manera más sencilla de tener una fábrica visual es la de implementar un tablero (de control, proyectos, etc.) que cumpla los siguientes requisitos:

- **Haga visible y controle el resultado o indicador** principal del proyecto (variable y del proceso ó goal) – En este caso son TTP, WIP y Calidad (FTQ).
- **Haga visible y controle el desempeño de las variables** que se han identificado como críticas es su resultado final (Ritmo, Esperas, T Efectivos, etc.).
- **Controle otro ámbito importante** en el resultado del proyecto como por ejemplo el % de cumplimiento de las 5's del área.
- **Despliegue actividades estandarizadas al no cumplimiento** del resultado, de las variables críticas o del método del proceso.

➤ **Que designe responsables.**

➤ **Sea acompañado por una caminata de revisión de resultados** coordinada por el responsable de la mejora continua en la organización, en ella se supervisan los resultados del área y de los proyectos “in situ” o lugar del proyecto.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto, se tomó como línea piloto el molino 7, ya que este es el de mayor capacidad y por ende el más crítico para toda la planta. Se inició el proyecto con el análisis de la medición actual del EGE, para encontrar las fallas en la recolección de información y en los cálculos usados en este.

5.1 ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN ACTUAL DEL EGE

Para analizar el EGE, se contó con la ayuda de los operarios, revisores de calidad, supervisores y jefes de planta, junto a este equipo se examinó cada uno de los indicadores que interviene en el indicador, revisando datos históricos para observar el comportamiento de éste. El cálculo del EGE se realiza diariamente, por esto se le hizo un seguimiento a todos los días de Noviembre de 2010, para poder analizar su comportamiento e identificar las fallas en el sistema. (Véase Ecuación 1)

$$EGE = (Calidad * Disponibilidad * Rendimiento)$$

Ecuación 1 EGE

En los valores del EGE del mes de noviembre (Véase Ilustración 2 e Ilustración 3), se puede notar que existe un error en la forma de calcular el EGE, ya que en algunos días se alcanzan EGES de más del 100 %, lo cual no es correcto. También se ve una gran fluctuación en los datos, lo que indica fallas en el sistema.

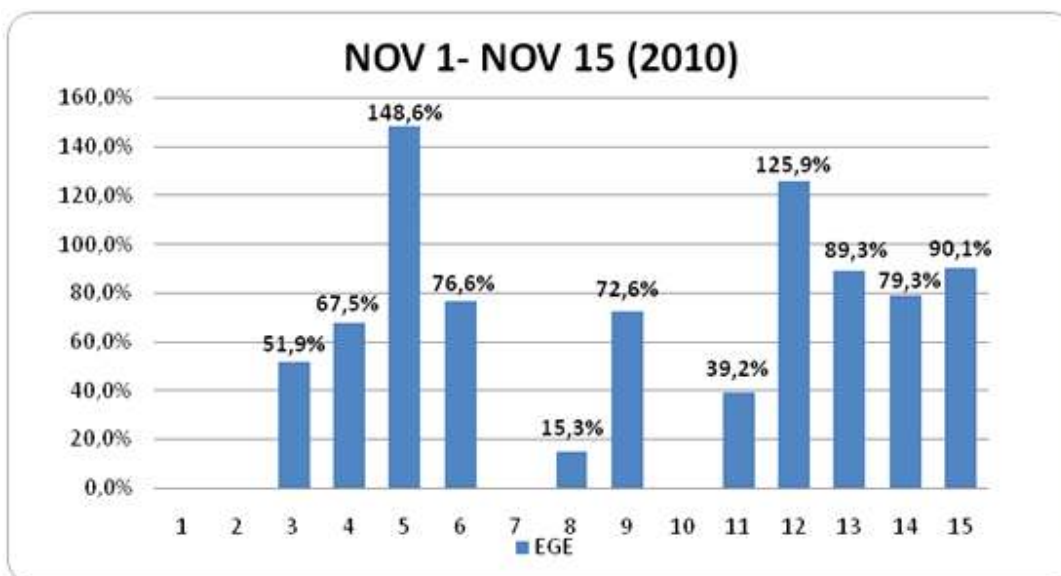


Ilustración 2 Gráfica EGE diario del 1 al 15 de Noviembre 2010

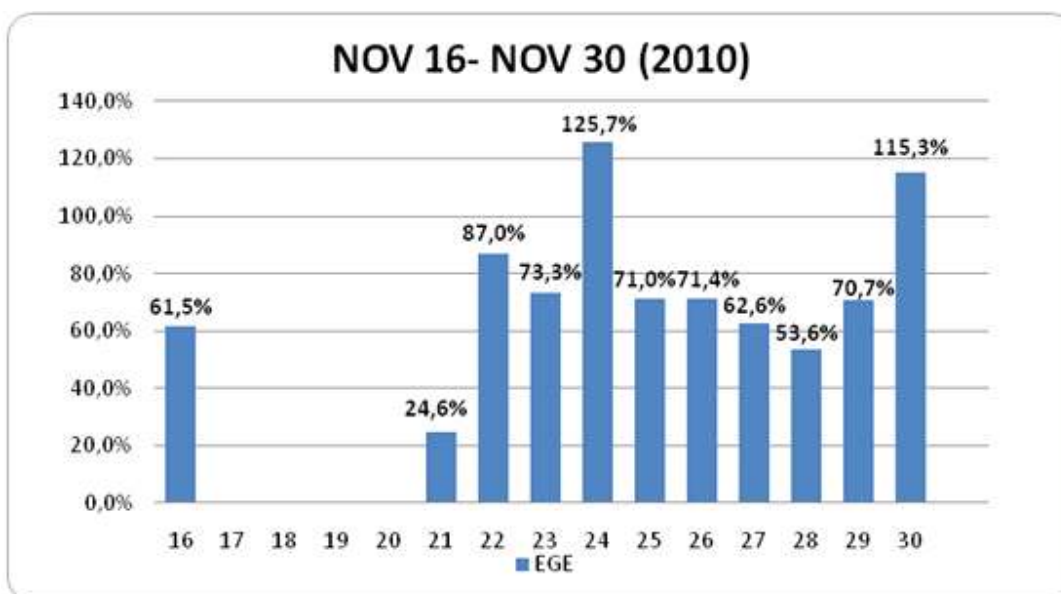


Ilustración 3 EGE diario del 16 al 30 de Noviembre 2010.

En la tabla 1 se muestra el formato que usa actualmente la planta para el cálculo del EGE. En este formato los operarios deben de llenar los espacios que están en blanco y el resto se calcula por Fórmula. (Véase Tabla 1)

TIEMPO PROGRAMADO	19.2	19.2
PRODUCCION. PROGRAMADA	119.04	119.04
PRODUCTIVIDAD ESPERADA(TON/H)	20	20
DIA	1	2
T. Prog	0	0
T. Real		
T. Perdido		
Ton. Prog	0	0
Ton. Reales		
Capacidad M.	6.2	6.2
Ton. Aprobadas		
Calidad	0.00	0.00
Disponibilidad	0.00	0.00
Rendimiento	0	0
EGE	0	0

Tabla 1 EGE diario del 1 al 15 de Noviembre 2010

A continuación se mostrara la forma en que se está midiendo cada una de las variables (Rendimiento, calidad y disponibilidad).

5.1.1 Calidad

Esta variable es la que determina si el producto está conforme dependiendo de las exigencias del cliente. Al producto se le hace dos mediciones durante la molienda para determinar su calidad. La primera es la prueba del residuo sobre el tamiz y la segunda es la prueba DTP la cual sólo se le realiza a la

arena A, el operario debe de llevar el registro de estos datos cada hora. Estas pruebas sólo se realizan para controlar la molienda, sin embargo los datos que se usan para el cálculo del EGE, son tomados de la zona de empaque. Un lote de producción nunca es rechazado si el producto no cumple con las especificaciones del cliente al cual se le está trabajando, esa producción se vende a otro cliente cuyas especificaciones no sean tan exigentes. (Véase Ilustración 4 e Ilustración 5), donde se muestra la calidad diaria del mes de Noviembre, la cual siempre es 100 % buena.

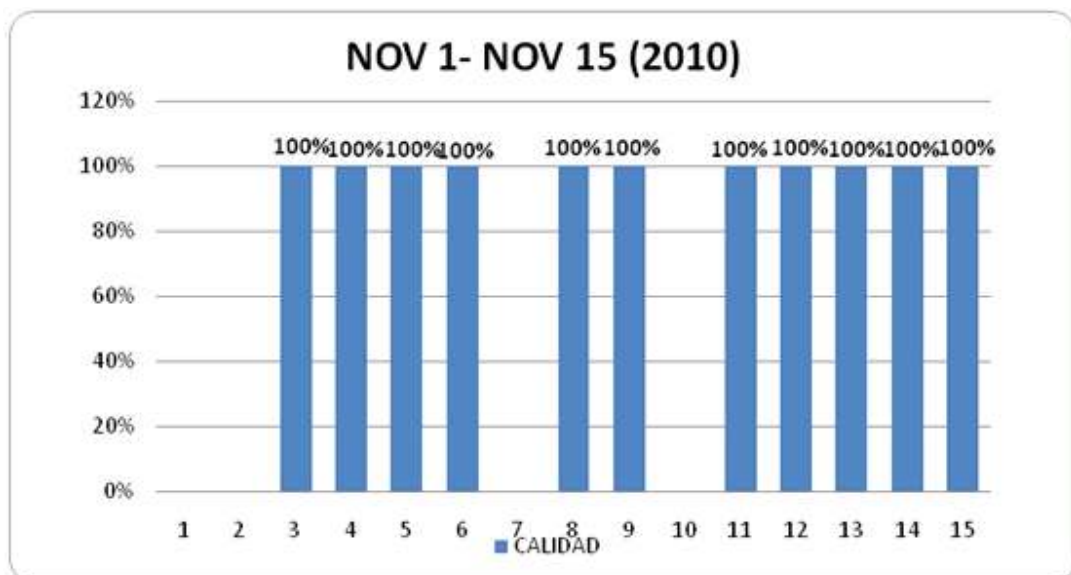


Ilustración 4 Gráfica indicador de calidad diaria del 1 al 15 de Noviembre 2010.

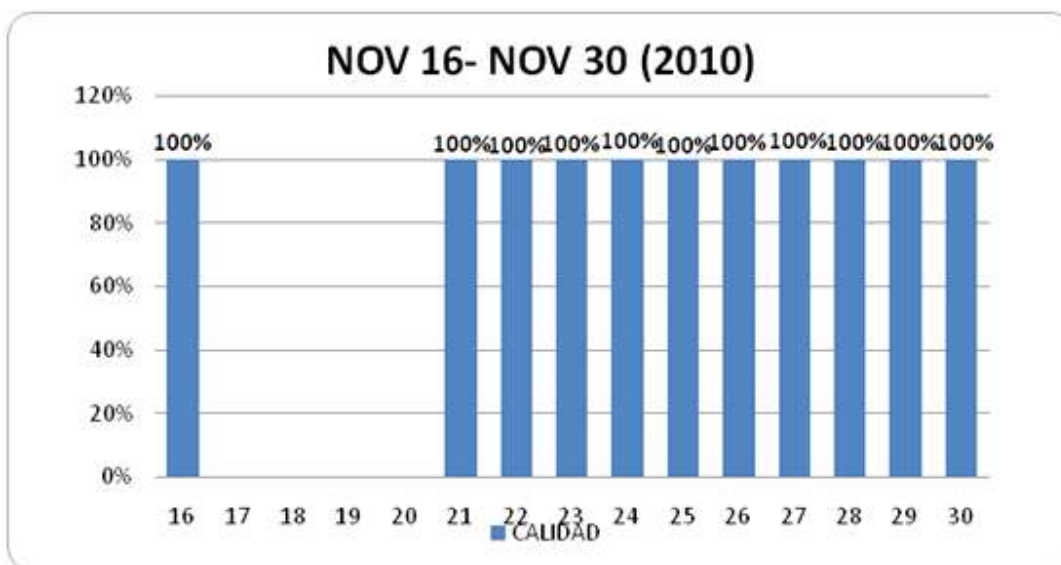


Ilustración 5 Gráfica indicador de calidad diaria del 16 al 30 de Noviembre 2010.

La medición de la calidad sale de la siguiente fórmula, (Véase Ecuación 2)

$$calidad = \frac{Ton.Aprobadas}{Ton.Reales}$$

Ecuación 2 Fórmula de calidad

Tanto el dato de las toneladas aprobadas como el de las toneladas reales, sale de lo que se cuenta empacado en la zona de empaque, esta medición es errónea, ya que antes de empezar a empacar un lote, en el silo de almacenamiento puede haber producción de lotes anteriores, por consiguiente se tendría un dato elevado de las toneladas reales.

5.1.2 Rendimiento

En este indicador intervienen las toneladas reales, las cuales son las que se producen de cada referencia, y son medidas en la zona de empaque, y las toneladas programadas, las cuales se calculan con la capacidad de producción por hora del molino. El molino tiene una capacidad diferente para cada tipo tamiz, pero para el cálculo del EGE se realizó un promedio de las diferentes referencias, con el cual siempre se calcula las toneladas programadas. (Véase Ecuación 3).

$$Rendimiento = \frac{Toneladas.Reales}{Toneladas.programadas}$$

Ecuación 3 Fórmula de Rendimiento

Donde:

$$Toneladas.Programadas = Tiempo.Programado * Capacidad.Maquina$$

$$Tiempo.Programado = Tiempo.real + Tiempo.perdido$$

(Véase Ilustración 6 Ilustración 7) donde se muestra el comportamiento del rendimiento del mes de noviembre (2010), en donde se muestra que los datos son muy fluctuantes y algunos dan más del 100 %.

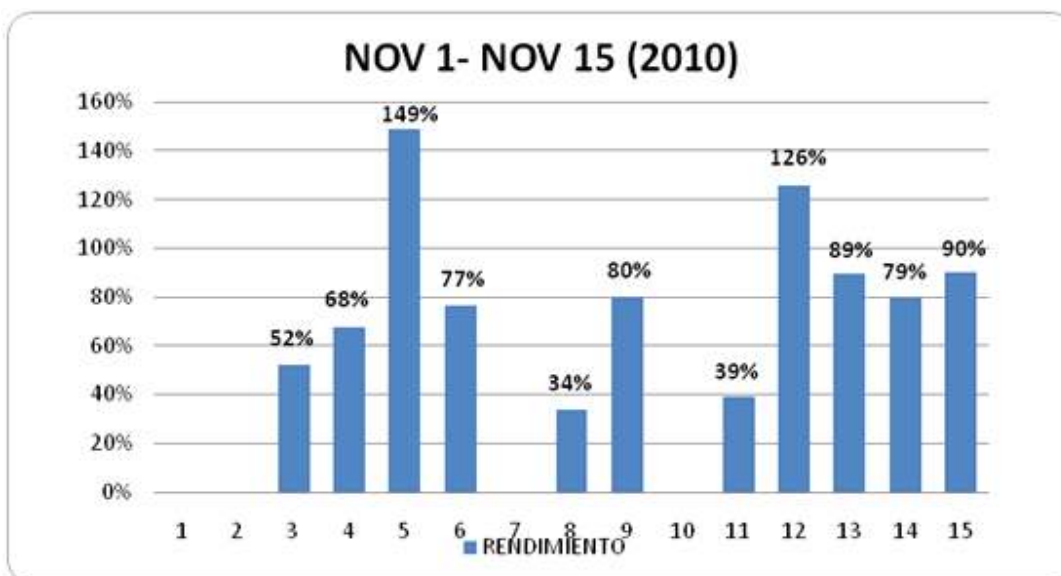


Ilustración 6 Gráfica indicador de rendimiento del 1 al 15 de Noviembre 2010

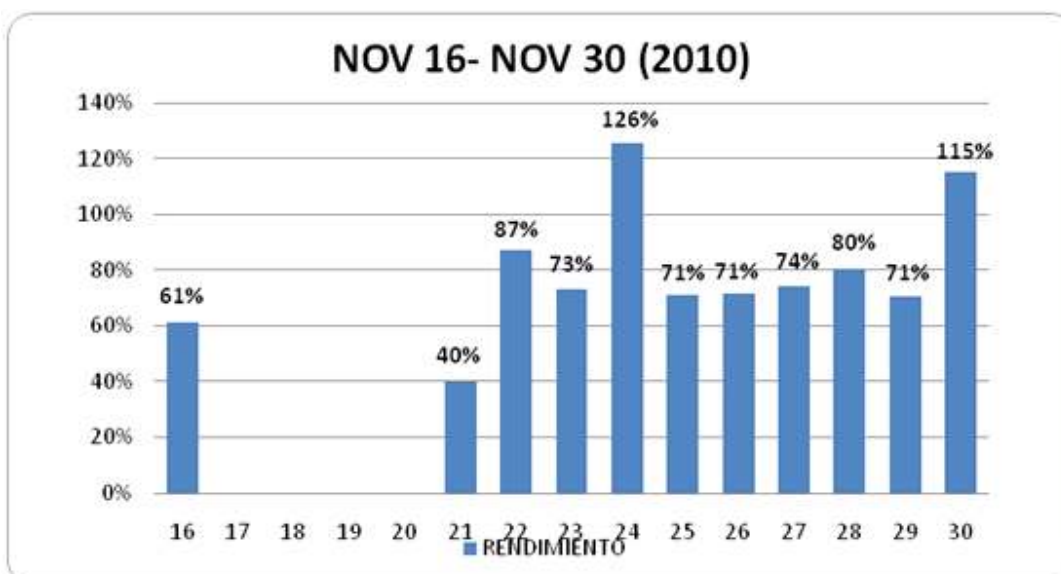


Ilustración 7 Gráfica indicador de rendimiento del 16 al 30 de Noviembre 2010

El cálculo presenta dos errores, el primero es referente a la capacidad de producción del molino, ya que no se puede hacer un promedio de esta, si no que se debe de trabajar con la capacidad real de cada tamiz, y el segundo se encuentra en la medición de las toneladas reales. Como esta medición se realiza sobre las toneladas empacadas, y no sobre lo que saca el molino por hora, en ocasiones se presenta la situación de que antes de empezar un turno el silo final que recibe la producción del molino está lleno, lo cual hace que se registren más toneladas de las programadas. Estos errores traen una gran desventaja para el cálculo del EGE, ya que si se está trabajando con un tamiz que tenga un rendimiento más alto que el del promedio, las toneladas programadas se van a cumplir mucho antes de tiempo programado, haciendo que se saque más producción de la necesaria. Por el contrario si se está trabajando con un tamiz cuyo rendimiento es menor que el del promedio, nunca se va a poder producir las toneladas programadas en el tiempo estipulado, haciendo que la producción se quede incompleta.

5.1.3 Disponibilidad

Para poder alcanzar una alta eficiencia se requiere que el indicador de disponibilidad sea lo más alto posible, lo que quiere decir que se tenga los equipos, el personal y la materia prima a disposición del proceso, cuando no se tiene disponibilidad de alguno de estos tres elementos se incurre en grandes pérdidas de tiempo y económicas. (Véase Ecuación 4)

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo.real}{Tiempo.programado}$$

Ecuación 4 Fórmula de disponibilidad

Donde:

$$Tiempo .programado = Tiempo .real + Tiempo .Perdido$$

El tiempo perdido es obtenido de los paros que no son programados, los cuales ocurren durante el proceso por alguna falla en el sistema. Algunos de los paros que más ocurren en el molino se muestran a continuación (Véase Tabla 2)

TIPOS DE PAROS MAYORES A 10 MINUTOS
Avería mecánica
Avería eléctrica
Obra civil
Cambio de referencia
Montacargas
Cargador
Destacar elevador y/o ductos
Otras maquinas
Paros menores
Velocidad reducida
Reprocesar material
Estabilidad del proceso
Mantenimiento programado

Tabla 2 Lista de paros en el molino 7

Este indicador está siendo medido correctamente en la planta, ya que se lleva un control hora a hora, de los paros que ocurran durante el proceso, además los paros que son programados no se tienen en cuenta para el cálculo del tiempo perdido.

A continuación se muestra el comportamiento de la disponibilidad durante el mes de noviembre (2010). (Véase Ilustración 8 Ilustración 9)

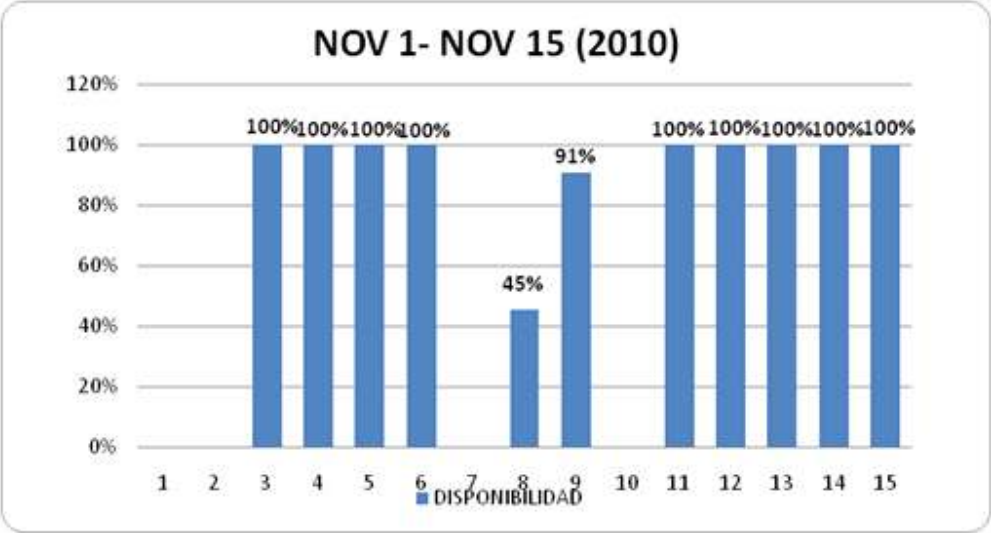


Ilustración 8 Gráfica indicador de disponibilidad del 1 al 15 de Noviembre 2010

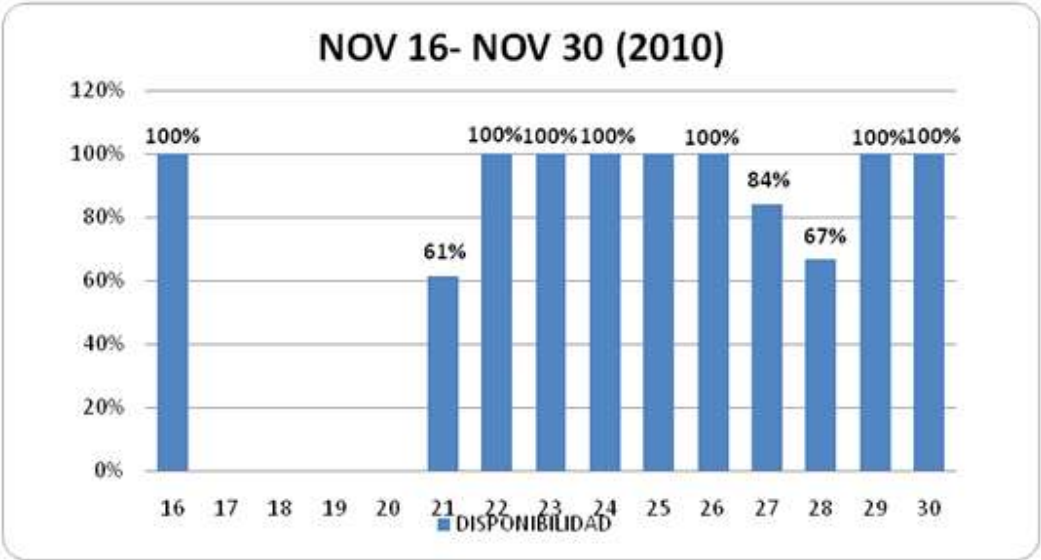


Ilustración 9 Gráfica indicador de disponibilidad del 16 al 30 de Noviembre 2010

5.2 PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DEL CÁLCULO DEL EGE.

Luego del análisis planteado a las mediciones realizadas para el EGE, se llegó a la conclusión que los indicadores que estaban siendo mal medidos eran calidad y rendimiento, por lo cual se presenta una propuesta sólo para cambiar la forma de medir estos dos indicadores.

5.2.1 Calidad:

La Fórmula usada para el cálculo de la calidad no se modificó ya que los directivos de la planta no estuvieron de acuerdo con realizar modificaciones a este ítem, básicamente porque para hacer algún cambio se requiere de un análisis proveniente del área técnica, donde se debe definir la calidad intermedia de los procesos, y para lo cual todavía la planta no está preparada. Sin embargo se logró encontrar una oportunidad de mejora en la forma de tomar los datos. El indicador de calidad se calcula de la siguiente manera. (Véase Ecuación 5).

$$Calidad = \frac{Ton.Aprobadas}{Ton.Reales}$$

Ecuación 5 Fórmula de Calidad

Las toneladas aprobadas están siendo calculadas correctamente, por lo tanto no se modifica la forma de recolección de la información. El error se encontró en la forma de calcular las toneladas reales. Antes el dato se tomaba de la zona de empaque, ahora, para la estandarización del cálculo del EGE, el cálculo se obtendrá del molino directamente.

5.2.2 Rendimiento:

Para el cálculo del rendimiento de la operación de molienda se usará la información del rendimiento del molino cada hora y la producción programada. Para determinar el rendimiento del molino los operarios durante la molienda, deben llevar un registro cada hora del rendimiento del molino. Para poder medir este rendimiento, se debe abrir una compuerta la cual deja caer el producto a una balanza, y se mide cuánto se demora el molino en sacar 100 kg. El rendimiento del molino es calculado así: (Véase Ecuación 6)

$$Rendimiento_del_molino = \frac{3600seg * 100Kg}{t(seg)}$$

Ecuación 6 Fórmula de Rendimiento.

Donde:

t= El tiempo que se demora en bajar del molino 100 Kg de arena.

Este rendimiento es el que determina cuantas toneladas está sacando el molino en una hora, y es el dato que se toma como las toneladas reales. Como este dato se saca cada hora, para determinar las toneladas reales totales, se debe de sumar todos los rendimientos tomados durante el tiempo trabajado.

El rendimiento se calcula de la siguiente manera. (Véase Ecuación 7)

$$Rendimiento = \frac{Ton.Reales}{Ton.programadas}$$

Ecuación 7 Fórmula de Rendimiento

Donde las toneladas reales, son las mismas del indicador de calidad, por lo cual su medición será como se explico en ese punto, y las toneladas programadas están dadas por (Véase Ecuación 8)

$$Ton. Programadas = Tiempo Programado * Capacidad Máquina$$

Ecuación 8 Fórmula de toneladas programadas

El molino 7 trabaja con cinco tipos de tamices diferente, para las cuales se tienen diferentes capacidades. Anteriormente se trabajaba con un promedio de estas capacidades para todas las referencias, lo cual hacia que el cálculo fuera erróneo. Para el cambio del formato, las toneladas programadas se van a calcular con la capacidad real de cada tamiz. (Véase Tabla 3)

(RETENIDO SOBRE EL TAMIZ U.S. STANDARD)	Ton/h
325	5.4
200	6.5
270	5.5
400	4
120	7

Tabla 3 Capacidad real por (retenido sobre el tamiz U.S. Standard)-molino 7.

El tiempo programado se seguirá calculando como antes, ya que no se evidenció error alguno.

5.2.3 Formato estandarizado para el cálculo del EGE.

En promedio el molino puede hacer como máximo tres referencias al día, es decir, utilizar 3 tamices diferentes, por lo tanto en el nuevo formato cada día

tiene tres casillas, cada una representa un tamiz diferente, esto se hace con el fin de poder trabajar con la capacidad real de cada tamiz y no con un promedio como se estaba haciendo anteriormente. Al final se calcula el total, para poder obtener el EGE de cada día. (Véase Tabla 4)

MES	MARZO			
solo llenar espacios en blanco				
DIA	1			
(RETENIDO SOBRE EL TAMIZ U.S. STANDARD)				TOTAL
T. Prog	0	0	0	0
T. Real				0
T. Perdido				0
Ton. Prog	0	0	0	0
Ton. Reales				0
Capacidad M.	0	0	0	NoN/A
Ton. Aprobadas	0	0	0	0
Ton. Rechazadas				0
Calidad	0%	0%	0%	0%
Disponibilidad	0%	0%	0%	0%
Rendimiento	0%	0%	0%	0%
EGE (retenido sobre el tamiz U.S. Standard)	0.0%	0.0%	0.0%	
EGE Dia	0%			

(RETENIDO SOBRE EL TAMIZ U.S. STANDARD)	Ton/h
325	5.4
200	6.5
270	5.5
400	4
120	7

Tabla 4 Formato estandarizado para el cálculo del EGE.

5.3 REALIZACIÓN DEL VSM. (Mapeo de la cadena de valor)

Una buena manera de evaluar el proceso de una planta es mediante la medición y análisis del EGE (Eficiencia global del equipo). Para poder identificar las fallas que se presentan en el proceso, los desperdicios que se podrían eliminar y los errores en la medición de las variables que lo afectan, es necesario elaborar y analizar el VSM (Mapeo de la cadena de valor) del proceso de molienda del molino 7.

Durante todo el proyecto se trabajó con las referencias pareto, las cuales suman el 80 % de la producción del molino. Para obtener esta lista de referencias se buscaron datos históricos de la producción del molino de seis meses (junio-noviembre 2010). La lista de referencia con su producción acumulada de los siete meses son (Véase Tabla 5) y el pareto de las referencias son (Véase Ilustración 10).

REFERENCIA	PRODUCCION (KG)
A	2721147
B	1776681
C	1459622
D	1368031
E	1008768
F	932674
G	785740
H	583130
I	559250

Tabla 5 Lista de referencias pareto

Cabe anotar que todas las referencias corresponden a una molienda de arena silíceo como materia prima.

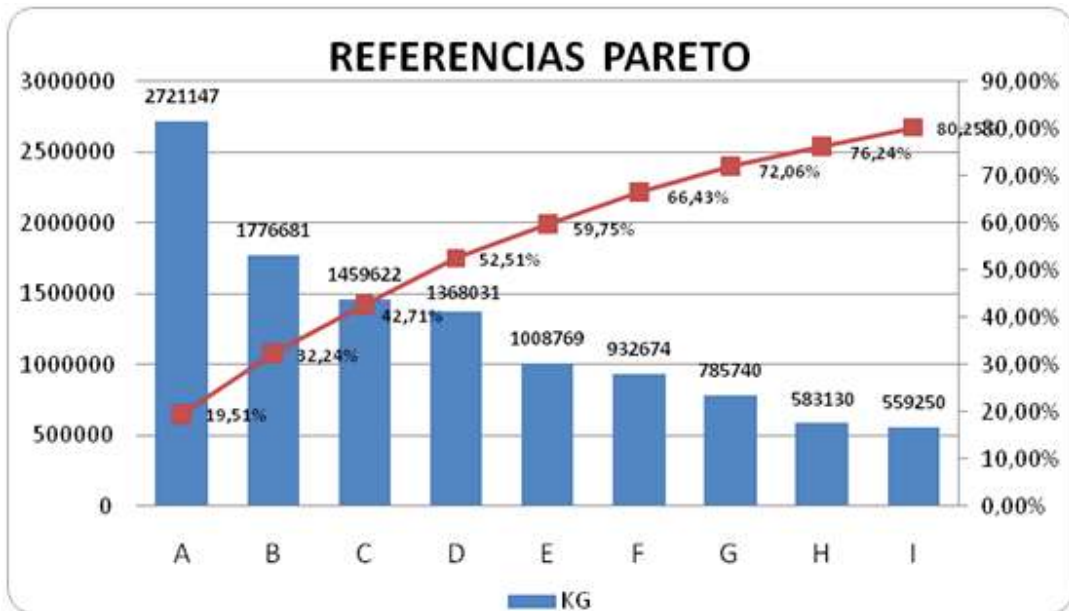


Ilustración 10 Gráfica de referencias pareto del molino 7

El VSM que se encuentra en el Anexo A, se realizó con la colaboración de los operarios de la planta y algunas personas del personal administrativo brindando información clave para la realización del mismo.

Para la elaboración del VSM se pasó desde lo más básico a lo más específico. Durante la construcción de este se evidenció que las nueve referencias con las cuales se trabajaba se podían dividir en tres grandes grupos, clasificándolas por el tipo de empaque (Big bag, cisterna, bulto). (Véase Tabla 6)

GRUPO	TIPO DE EMPAQUE		
	BIG BAG (1)	CISTERNA (2)	BULTO (3)
REFERENCIA	A	B	H
	C	E	
	D		
	F		
	G		
	I		

Tabla 6 Clasificación de las referencias por tipo de empaque

5.3.1 Análisis del VSM

Luego de haber realizado el VSM, donde se reflejó la actualidad de la planta, se convocó a una reunión con un grupo conformado por el jefe y el supervisor de la planta, el asesor del proyecto y las estudiantes. Durante esta reunión se les mostró a ellos como se había realizado todo el mapa, acotado desde el proveedor hasta el cliente final, analizando así paso a paso todo el proceso dentro de la planta, desde el cargue de la materia prima hasta la salida del producto terminado. En este mapa se pudo evidenciar con más claridad todas las falencias y debilidades que tenían en los diferentes procesos, así como también los puntos críticos en los cuales se podía trabajar, recortando sus tiempos muertos y planteando ideas para el mejoramiento del proceso y del EGE, las cuales se analizarán más adelante.

Este mapa se dividió en tres grupos, dependiendo del tipo de empaque del producto terminado. El grupo 1 se empaqueta en Big Bag, el grupo 2 se empaqueta en cisterna y el grupo 3 se empaqueta en bultos, a cada grupo se le hizo su respectivo análisis de cómo estaba funcionando dentro del proceso.

- **Análisis del grupo 1.**

En el grupo 1, se encuentran las referencias que son empacadas en Big bag, es decir las referencias A, C, D, F, G, I las cuales representan la mayor participación de todo el pareto. El análisis de este grupo se concentró en la referencia D, ya que allí se presentaba una inconsistencia en la forma de

despachar el producto final al cliente, ya que se le está añadiendo muchas actividades innecesarias al proceso que no generan valor agregado, si no que por el contrario involucran unos sobre costos en tiempo y mano de obra. El problema que se evidenció es que el producto terminado primero es empacado en Big bag, para luego vaciarlos en una cisterna. Este último procedimiento se realiza de forma manual y es muy dispendioso, representando para los operarios una actividad de riesgo y esfuerzos innecesarios. Además se comprobó que el cliente lo recibe en cisterna para luego volverlo a empacar en Big Bag, ya que su proceso así lo requiere.

- **Análisis del grupo 2.**

En el grupo 2 están las referencias B y E que son despachadas en cisterna. El principal problema que se encontró con este tipo de empaque, fue que la cisterna (camión) es muy difícil de conseguir y se debe programar con mucho tiempo de anticipación, lo que tiene una gran desventaja ya que la programación se tiene que ajustar a la disponibilidad de este equipo de transporte y no siempre se logra puesto que la programación de la planta cambia constantemente e involucra un gran problema tener que ajustarse al 100% a estas condiciones. Además en muchos casos cuando necesitan la cisterna urgente, no se puede contar con ella, por lo tanto se debe empacar primero el material en Big Bag puesto que los silos de llenado final se deben vaciar para continuar con la siguiente producción y luego cuando llega la cisterna ya retrasada llenarla manualmente con los Big Bag para ser despachados al cliente como él lo solicitó.

- **Análisis del grupo 3.**

En este grupo solo existe una referencia, la referencia H, esto ocurre puesto que el despacho en bultos es muy poco y solo hay unos ciertos clientes que requieren el material en estas cantidades tan pequeñas, por lo tanto la

programación para la tolva es muy baja y cuando se realiza no hay ningún inconveniente ni inconsistencias en el proceso.

5.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ACTUAL DE LA PLANTA.

El VSM se realizó con el fin de tener una visión más clara y amplia de cómo se encontraba la planta y todo su proceso de producción, por lo tanto una vez se tenía el VSM armado con todas las actividades y tiempos, se procedió a calcular la capacidad actual de la planta. Para poder calcular la capacidad se realizó un diagrama de Gantt para dos lotes mínimos en producción continua de cada referencia. El primer paso consistió en homologar con el personal de la planta cuáles deben ser los lotes mínimos, es decir, las unidades mínimas de producción que justifican prender el molino. Se determinó que los lotes mínimos serían determinados dependiendo del grupo al que pertenecen. (Véase Tabla 7).

GRUPO	TIPO DE EMPAQUE		
	BIG BAG (1)	CISTERNA (2)	BULTO (3)
Lote min	15 Ton	30 Ton	15 Ton

Tabla 7 Lote mínimo de producción para cada grupo.

Toda la información fue proporcionada por el programador de la planta (Véase la Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16). La construcción de los diagramas de Gantt sería muy útil pues a partir de ellos se determinó el tiempo real de ciclo de las referencias de cada grupo según su lote mínimo, asumiendo que el proceso empieza de cero, cosa que no sucede sino un ó dos veces en el año, por lo cual este dato no era visible para la administración de la planta, y la definición de la capacidad dependía del criterio subjetivo de la experiencia.

PROCESO REFERENCIA A (15 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFERENCIA A (15 ton)	Turno 2																															
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 8 Diagrama de Gantt referencia A.

PROCESO REFERENCIA B (30 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFERENCIA B (30 ton)	Turno 2																															
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 9 Diagrama de Gantt referencia B.

PROCESO REFERENCIA C (15 ton)	Turno 1																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

PROCESO REFERENCIA C (15 ton)	Turno 2																							
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

Tabla 10 Diagrama de Gantt referencia C.

PROCESO REFERENCIA D (15 ton)	Turno 1																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

PROCESO REFERENCIA D (15 ton)	Turno 2																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

Tabla 11 Diagrama de Gantt referencia D.

PROCESO REFERENCIA F (15 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFERENCIA F (15 ton)	Turno 2																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 12 Diagrama de Gantt referencia F

PROCESO REFERENCIA G (15 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFERENCIA G (15 ton)	Turno 2																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 13 Diagrama de Gantt referencia G

PROCESO REFERENCIA I (15 ton)	Turno 1																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

PROCESO REFERENCIA I (15 ton)	Turno 2																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

Tabla 14 Diagrama de Gantt referencia I

PROCESO REFERENCIA E (30 ton)	Turno 1																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

PROCESO REFERENCIA E (30 ton)	Turno 2																							
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

Tabla 15 Diagrama de Gantt referencia E

PROCESO REFERENCIA H (15 ton)	Turno 1																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

PROCESO REFERENCIA H (15 ton)	Turno 2																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

Tabla 16 Diagrama de Gantt referencia H.

Con la realización de los diagramas de Gantt de cada una de las referencias, se calcularon los días que se requieren para poder producir la demanda mensual (Véase Tabla 178).

La información de la demanda mensual (Véase Tabla 7) es un promedio de la producción de los seis meses que se tomaron como referencia para encontrar las referencias pareto, y se obtiene de dividir la demanda mensual entre el número de días que tienen los 6 meses en que se realizó dicho seguimiento.

REFERENCIA	DEMANDA (Ton)
A	453,524.50
B	296,113.50
C	243,270.33
D	228,005.17
E	168,128.10
F	155,445.67
G	130,956.67
H	97,188.33
I	93,208.33

Tabla 18 Demanda mensual por referencia

5.5 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ACTUAL DE LA PLANTA.

En la Tabla 19, donde se muestra un resumen de la información obtenida al realizar los diagramas de Gantt y también la capacidad actual de la planta en días. A continuación se explica cómo se obtuvo la información de cada indicador de esta tabla.

- **Tiempo de ciclo en continuo:** tiempo que se requiere para producir dos lotes mínimos de la referencia, y se obtiene del diagrama de Gantt.
- **Toneladas del ciclo continuo:** cantidad de toneladas que se simulan producir en el diagrama de Gantt. Se obtienen multiplicando por dos la información de la tabla 5.
- **Producción:** producción estimada que se produce cada mes. Se obtiene de la tabla 6.
- **Rendimiento del ciclo:** cantidad de toneladas que se producen en una hora de producción. Se obtiene de dividir las toneladas del ciclo continuo entre el tiempo de ciclo continuo.
- **Días:** días requeridos para poder producir toda la demanda mensual. Se obtiene de dividir la producción entre el rendimiento del ciclo y el resultado en 24.
- **Días totales:** días del mes que se usan para producir la demanda de todas las referencias. Se obtiene de la suma de todos los días de cada referencia.

Con el análisis de la información se concluye que para poder abastecer la demanda mensual de todas las referencias se requiere de 23.24 días de trabajo del molino, lo que indica que la planta está trabajando a una capacidad del 93.83 %.

REFERENCIA A	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	9	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	453,525	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,333	Ton/h
DIAS	5,67	Dias

REFERENCIA B	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	11	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	60	Ton
PRODUCCION	296,11	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	5,455	Ton/h
DIAS	2,26	Dias

REFERENCIA C	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	9	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	243,27	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,333	Ton/h
DIAS	3,04	Dias

DIAS TOTALES	23,24
--------------	-------

REFERENCIA D	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	13,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	228	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	2,182	Ton/h
DIAS	4,35	Dias

REFERENCIA F	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	10	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	155,4	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,000	Ton/h
DIAS	2,16	Dias

REFERENCIA G	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	10	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	130,9	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,000	Ton/h
DIAS	1,82	Dias

REFERENCIA I	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	8,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	93,2	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,429	Ton/h
DIAS	1,13	Dias

REFERENCIA E	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	11	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	60	Ton
PRODUCCION	168,12	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	5,455	Ton/h
DIAS	1,28	Dias

REFERENCIA H	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	11,25	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	97,18	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	2,667	Ton/h
DIAS	1,52	Dias

Tabla 19 Resumen cálculo de la capacidad actual de la planta.

5.6 MEJORAS REALIZADAS EN EL PROCESO.

Estas mejoras surgieron luego de la realización y análisis del VSM, el cual se puede observar en el anexo C.

5.6.1 Problema No 1

Actualmente hay un gran inconveniente en el momento de cambios de referencia que impliquen pasar de la arena A, a la arena B y viceversa, ya que cada arena tiene características diferentes y el modo de operar la alimentación y demás condiciones del molino cambian, por lo tanto los operarios calculan un tiempo prudente para que la tolva de alimentación empiece a surtir los silos de la nueva materia prima y se comience poco a poco el nuevo lote de producción. Este tiempo que ellos calculan se debe cumplir sin ningún inconveniente, ya que es requisito para que la calidad del nuevo producto salga acorde a los requerimientos del cliente, por tanto el operario siempre que deba realizar un cambio de materia prima, tiene que salir a buscar al monta carguero para informarle del cambio a realizarse en la producción para que así el pare la alimentación actual y comience a alimentar la tolva con la nueva arena. Como el montacargas es compartido para muchas de las plantas que operan en ese mismo parque industrial, en muchas ocasiones el operario no encuentra fácil al monta carguero, ya que este no está cerca de la planta de Trituración y Molienda, lo que involucra un tiempo inoficioso mientras el operario lo localiza y le comunica de los cambios a realizar.

Durante la toma de tiempos se evidenció que existían muchos lapsos muertos en esta operación, lo cual le reducía tiempo al operario para realizar otras actividades.

- **Solución**

Para abordar este inconveniente se pensó en dos alternativas:

✓ Implementar un tablero más automatizado, donde el operario desde su salón de cómputo del molino pudiera oprimir un botón para parar la alimentación de la tolva a los molinos y que a su vez se instalara un sistema de alarma pegado a la tolva de alimentación para que allí se mostrara mediante luces que debía hacer el monta carguero. Esta alternativa se veía novedosa pero tenía un gran inconveniente, ya que se debía invertir un monto considerable para su puesta en marcha y esto no era posible realizarse ya que estos costos no estaban involucrados en el presupuesto de la empresa para este año. Teniendo esta limitación se investigó materias vistas en semestres pasados en las cuales enseñaban que no siempre lo más costoso era lo más exitoso o conveniente, si no que por el contrario con una buena idea, muchas veces más fácil y sencilla, podría lograrse grandes resultados, y fue allí donde surgió la segunda alternativa.

✓ Diseñar una fábrica visual, mediante tarjetones identificados por colores, donde el amarillo indicara alimentar con arena B (Cambiar la referencia), el verde indicara alimentar con arena A y el rojo indicara parar la alimentación, esto facilitaba la comunicación entre el operario y el monta carguero, ya que siempre iban a trabajar en el mismo lenguaje y no debían esperarse mutuamente para conversar de la acción o actividad seguir.

Con esta solución se eliminaron muchos tiempos perdidos mientras el operario esperaba a que a montacargas volviera a la planta para especificarle que era la nueva producción a seguir, además fue un gran alivio para ellos, puesto que no les gustaba mucho estar averiguando donde podría estar el montacargas para saber más o menos cuanto debían esperar. Ahora los operarios sólo debían ir a poner la tarjeta correspondiente al color según

la necesidad, sin que esto les quitara mucho tiempo o fuera algo engorroso de hacer. Con esta mejora se logra reducir 14 minutos, en cada referencia. (Véase Ilustración 11). Los colores se especifican a continuación de la siguiente manera:



Ilustración 11 Fábrica visual para cambio de materia prima.

5.6.2 Problema No 2

La referencia D se le despacha al cliente (el cual es interno) en cisterna, pero primero se empaca en Big Bag y por tanto así queda registrado en la producción de la planta, por lo cual queda como parte del grupo de análisis (1), donde se clasifican los productos empacados en Big Bag, siendo que el empaque final es en cisterna.

Adicionalmente, en la realización del VSM, se descubrió que esta referencia D requiere de una aprobación adicional llamada (FRX) que solo se le realiza al producto despachado para el cliente de Sopó, y la cual dura aproximadamente 3 días. Esta aprobación se debe hacer por cada tonelada producida cuando la arena ya esta molida, es decir, cuando el molino ya la proceso y se llevó a los silos finales. En consecuencia, para poder realizar el control de calidad del producto final, lo que se está realizando en este momento es lo siguiente:

- ✓ Primero el producto se empaca en Big Bags de 900 kg, ya que en los silos finales no se puede tomar la respectiva muestra para realizarle la prueba FRX, por lo tanto se le toma la muestra a cada Big Bag empacado.
- ✓ Luego estos Big Bags son llevados a una zona de descargue que se encuentra localizada en la parte trasera de la planta, en donde se almacenan toda la producción junta.
- ✓ Por último en el momento que llega la cisterna, los Big Bags empacados inicialmente se vacían en ella de forma manual, requiriendo varios operarios para esta actividad. Todo este procedimiento es muy dispendioso y trae consigo muchos tiempos muertos y esfuerzos innecesarios para los operarios.

- **Solución**

Durante toda la investigación y seguimiento a la planta, se analizaron las necesidades del cliente, donde se discutió si era necesario recibir el producto en cisterna ya que de esta forma era despachada desde Medellín. Se descubrió que el cliente lo recibe en cisterna para después empacarlo nuevamente en Big Bags, un reproceso muy grande para ambas plantas, donde se involucran muchos costos y tiempos inoficiosos.

La solución a este problema es que el producto se le seguirá entregando al cliente en Big Bags, disminuyendo notablemente el reproceso de tener que empacar manualmente la cisterna, reduciendo los tiempos en 3 horas y 15 minutos y además se podrá realizar la prueba FRX sin ningún inconveniente. Fuera de eso la planta de Sopó también se verá beneficiada puesto que podrán eliminar la actividad de vaciar la cisterna a Big Bags.

5.6.3 Problema No 3

En el grupo (2), se encuentran las referencias B y E, referencias que son empacadas en Cisterna, este grupo tiene una gran limitación al momento de conseguir la cisterna, ya que es un transporte muy limitado y no siempre se tiene la disponibilidad que se requiere y en el momento que la producción lo exige.

- **Solución.**

Analizando esta situación con el área de Logística y Transporte, se negoció con el proveedor de las cisternas para que facilitaran una cisterna de mayor disponibilidad, evitando los reprocesos de reempaque y movimientos innecesarios, donde los operarios debían vaciar el lote en Big Bag ya que la cisterna no llegaba a tiempo y se debían continuar con la programación de la producción.

5.7 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD CON MEJORAS REALIZADAS AL PROCESO.

La necesidad de aumentar la capacidad de la planta surge ya que todos los años Sumicol tiene la meta de crecer en ventas. Para el año 2012 se debe de evidenciar un aumento en las ventas de las referencias que produce el molino 7, un 8 % del presupuesto como mínimo. Sin embargo, como norma general, si Sumicol tiene un promedio de crecimiento del 20% sumando todos sus negocios, al menos esta debería ser no menor al mencionado 20%. La preocupación era que no se tuviera la capacidad para suplir esta nueva demanda que se espera obtener, y con el análisis de la capacidad actual de la planta las directivas se evidenció que el la capacidad no será

suficiente, ya que la planta estaba trabajando al 93.83 %, dejando solo el 6% disponible para atender la demanda futura.

Las dos mejoras que se plantearon como propuesta, se expusieron ante las directivas y el jefe de planta para poder ponerlas en marcha. El grupo de trabajo estuvo de acuerdo en implementar las dos mejoras ya que no se requería de una inversión mayor pero si iba a traer grandes beneficios al proceso.

Después de implementar las mejoras en la planta, se realizan los diagramas de Gantt para cada referencia con las mejoras realizadas en el proceso, para poder calcular la nueva capacidad de la planta. (Véase Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28)

Con la implementación de las mejoras se pasó de necesitar 23.24 días para abastecer la demanda, a poder producirla en 21.4 días. (Véase Tabla 29) Ahora la planta está trabajando a una capacidad del 89.16 %. Lo que indica que se aumento la capacidad en 4,67 %, con lo cual se va a poder asumir la demanda que se espera para el próximo año de la planta, y se puede plantear las alternativas para un aumento de la capacidad en un 10% adicional para afrontar el crecimiento de la empresa..

PROCESO REFERENCIA A (15 ton)	Turno 1																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

PROCESO REFERENCIA A (15 ton)	Turno 2																							
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

Tabla 20 Diagrama de Gantt referencia A (con mejoras realizadas)

PROCESO REFERENCIA B (30 ton)	Turno 1																							
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

PROCESO REFERENCIA B (30 ton)	Turno 2																							
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																								
02-Alimentación del Molino																								
03-Molienda																								
04-Aprobación																								
05-Empaque																								

Tabla 21 Diagrama de Gantt referencia B (con mejoras realizadas).

PROCESO REFERENCIA C (15 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFERENCIA C (15 ton)	Turno 2																															
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 22 Diagrama de Gantt referencia C (con mejoras realizadas).

PROCESO REFENCIA D (15 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFENCIA D (15 ton)	Turno 2																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 23 Diagrama de Gantt referencia D (con mejoras realizadas).

PROCESO REFERENCIA F (15 ton)	Turno 1																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

PROCESO REFERENCIA F (15 ton)	Turno 2																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 24 Diagrama de Gantt referencia F (con mejoras realizadas)

PROCESO REFERENCIA G (15 ton)	Turno 1																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

PROCESO REFERENCIA G (15 ton)	Turno 2																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 25 Diagrama de Gantt referencia G (con mejoras realizadas)

PROCESO REFERENCIA I (15 ton)	Turno 1																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

PROCESO REFERENCIA I (15 ton)	Turno 2																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

Tabla 26 Diagrama de Gantt referencia I (con mejoras realizadas)

PROCESO REFERENCIA E (30 ton)	Turno 1																																
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

PROCESO REFERENCIA E (30 ton)	Turno 2																																
	1 horas				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas				
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	
01-Gestión de Materias Primas																																	
02-Alimentación del Molino																																	
03-Molienda																																	
04-Aprobación																																	
05-Empaque																																	

Tabla 27 Diagrama de Gantt referencia E (con mejoras realizadas)

PROCESO REFERENCIA H (15 ton)	Turno 1																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

PROCESO REFERENCIA H (15 ton)	Turno 2																															
	1 hora				2 horas				3 horas				4 horas				5 horas				6 horas				7 horas				8 horas			
ACTIVIDAD PRINCIPAL	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
01-Gestión de Materias Primas																																
02-Alimentación del Molino																																
03-Molienda																																
04-Aprobación																																
05-Empaque																																

Tabla 28 Diagrama de Gantt referencia H (con mejoras realizadas)

REFERENCIA A	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	8,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	453,525	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,429	Ton/h
DIAS	5,51	Dias

REFERENCIA B	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	10,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	60	Ton
PRODUCCION	296,11	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	5,581	Ton/h
DIAS	2,21	Dias

REFERENCIA C	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	8,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	243,27	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,429	Ton/h
DIAS	2,96	Dias

DIAS TOTALES	21,40
--------------	-------

REFERENCIA D	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	9,5	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	228	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,158	Ton/h
DIAS	3,01	Dias

REFERENCIA F	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	9,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	155,4	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,077	Ton/h
DIAS	2,10	Dias

REFERENCIA G	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	9,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	130,9	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,077	Ton/h
DIAS	1,77	Dias

REFERENCIA I	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	8,5	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	93,2	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	3,529	Ton/h
DIAS	1,10	Dias

REFERENCIA E	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	10,75	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	60	Ton
PRODUCCION	168,12	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	5,581	Ton/h
DIAS	1,26	Dias

REFERENCIA H	CANTIDAD	UND
TIEMPO DE CICLO EN CONTINUO	11	horas
TONELADAS DEL CICLO CONTINUO	30	Ton
PRODUCCION	97,18	Ton
RENDIMIENTO DEL CICLO	2,727	Ton/h
DIAS	1,48	Dias

Tabla 29 Resumen cálculo de la capacidad de la planta con mejoras

5.8 ANÁLISIS DEL EGE CON LAS MEJORAS IMPLEMENTADAS EN LA PLANTA.

Una vez implementadas y revisadas las mejoras en el proceso de la planta, se continúa con el análisis de la estandarización de los formatos del EGE.

Para realizar dicho análisis se le hizo un seguimiento a los formatos en los meses de Junio, Julio y Agosto luego de la implementación y utilización por parte de los operarios para observar el comportamiento después de las mejoras. (Véase Ilustración 12 e Ilustración 13)

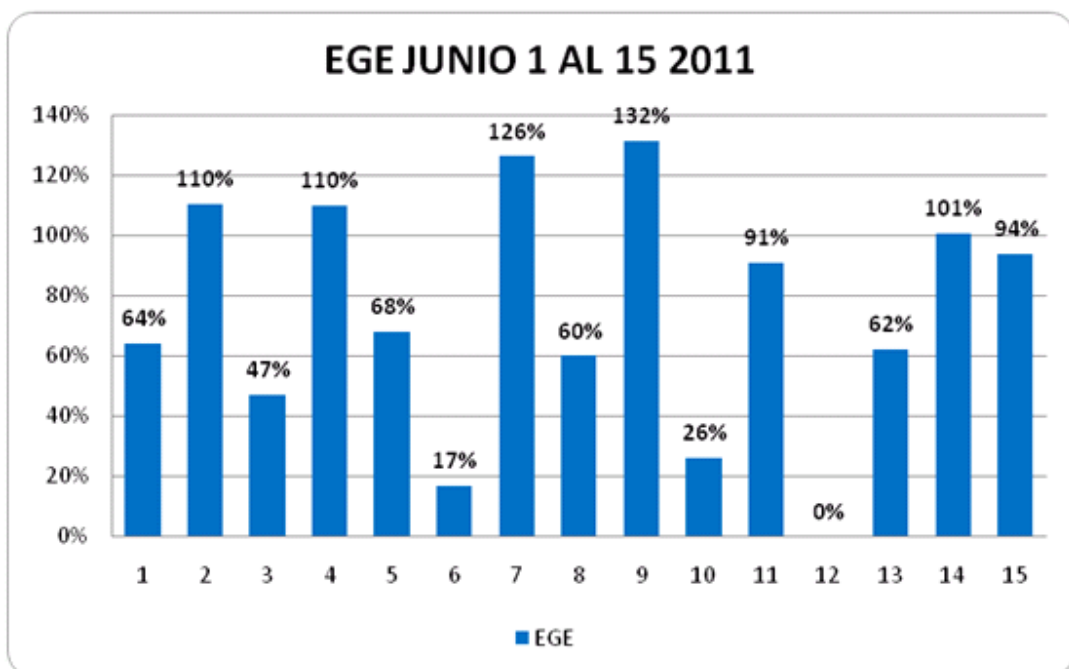


Ilustración 12 EGE diario del 1 al 15 de junio del 2011

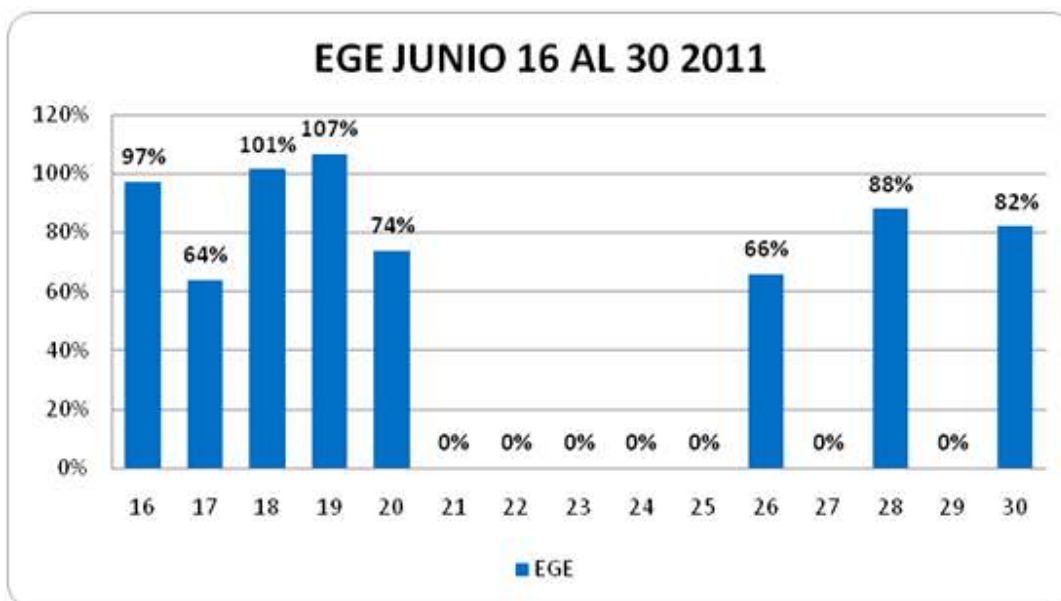


Ilustración 13 EGE diario del 16 al 30 de junio del 2011

Después de revisar los datos del mes de Junio, se observó que se seguían presentando EGE's de más del 100%, lo que desde un principio del proyecto se evidenció como una inconsistencia. Se realizó una investigación para descubrir las razones de este comportamiento y se convocó a una reunión con el jefe de planta. Luego del análisis de los datos obtenidos, se evidenció que esta situación seguía presentándose debido a que al molino se le realizaron mejoras en el proceso, efecto que se vió reflejado en los rendimientos de cada uno de los tamices (rendimiento del proceso), lo que quiere decir que el molino comenzó a producir más toneladas de lo que se tenía como estándar de rendimiento al principio del proyecto para cada una de las referencias, por lo cual se distorsionaba nuevamente el cálculo del EGE, distorcioanándo los resultados finales.

Para resolver este problema, se seleccionaron los datos de la producción de cada una de las referencias producidas durante el mes de Junio, para ajustar nuevamente los estándares de rendimiento de algunas de las referencias.

Los nuevos estándares de rendimiento para cada uno de los tamices (retenido sobre el tamiz U.S. Standard) es la siguiente:

RETENIDO SOBRE EL TAMIZ U.S. STANDARD)	Ton/h
325	5.6
200	6.7
270	5.6
400	4
120	7

Tabla 30 Capacidad arreglada por (retenido sobre el tamiz U.S. Standard)- molino 7

A partir del mes de Julio se implementó la nueva manera de establecer la capacidad en los formatos del cálculo del EGE para cada uno de los tamices (retenido sobre el tamiz U.S. Standard), y el comportamiento del EGE a partir de ese momento se muestra a continuación: (Véase Ilustración 14, Ilustración 15, Ilustración 16 y Ilustración 17)

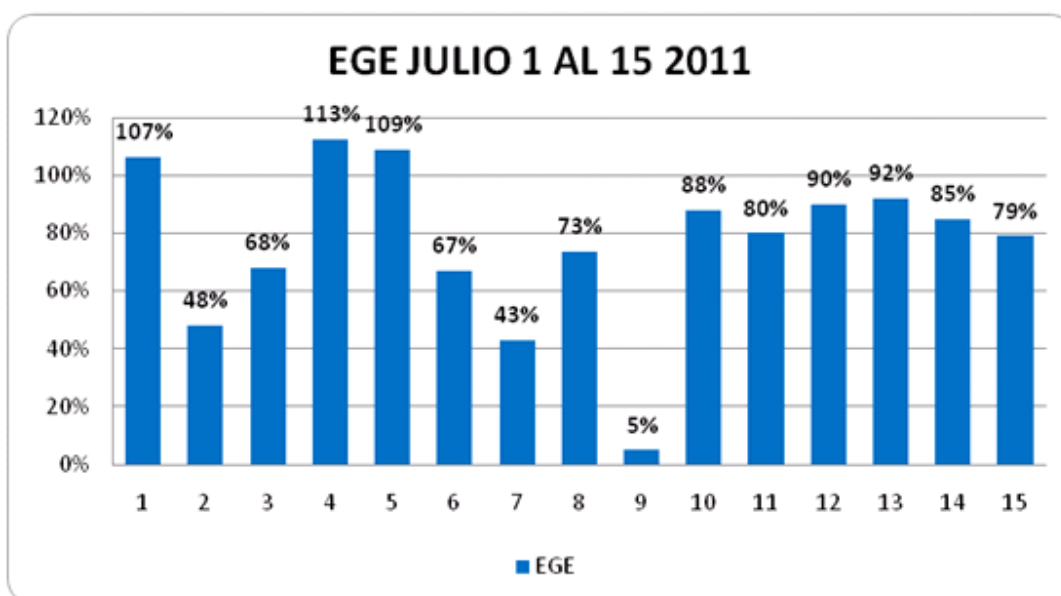


Ilustración 14 EGE diario del 1 al 15 de julio del 2011

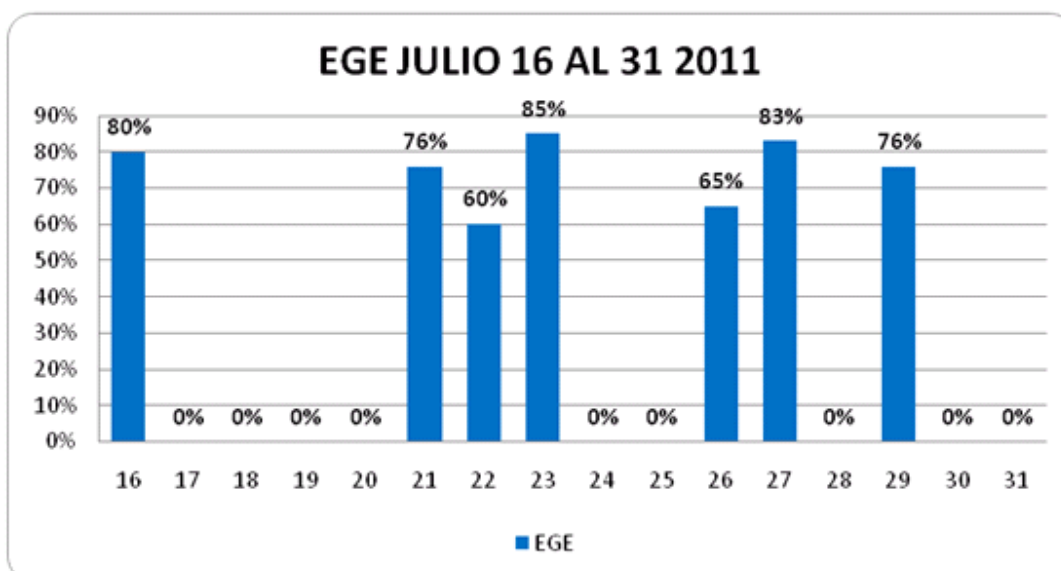


Ilustración 15 EGE diario del 16 al 31 de julio del 2011

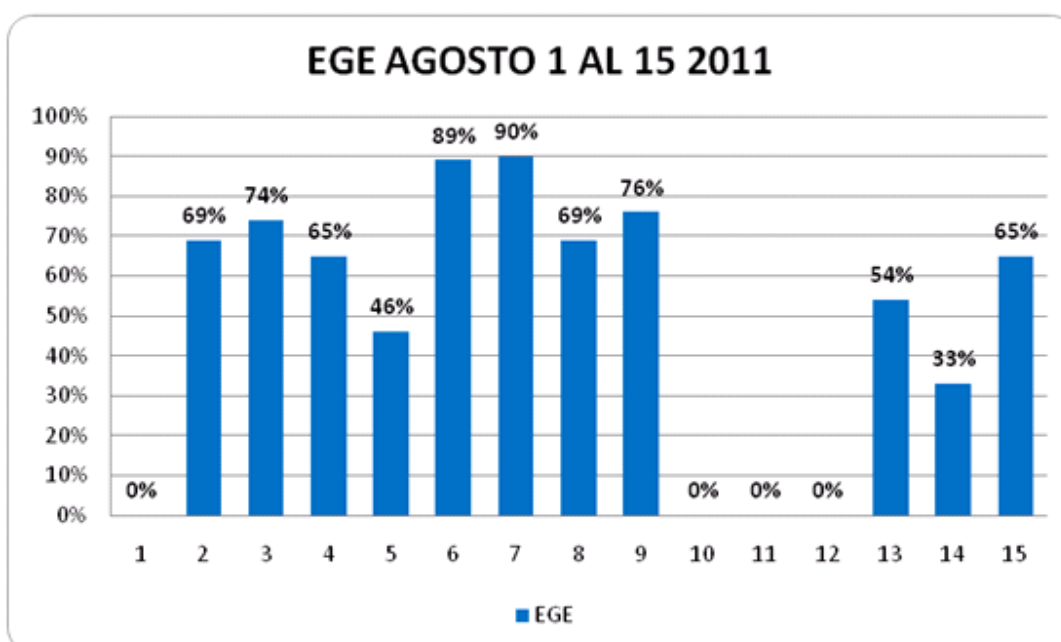


Ilustración 16 EGE diario del 1 al 15 de agosto del 2011

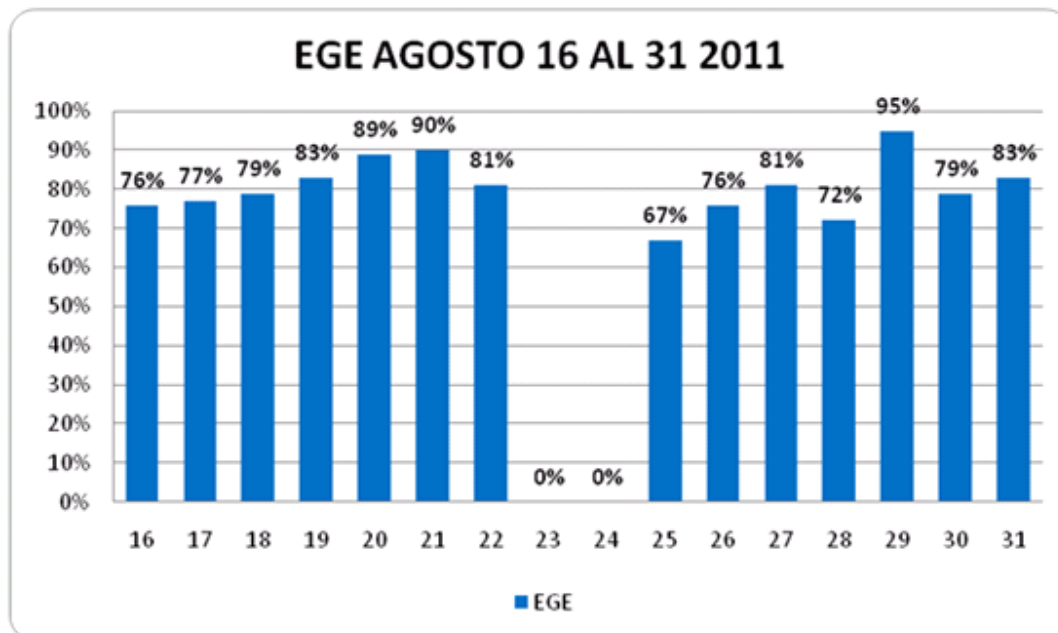


Ilustración 17 EGE diario del 16 al 31 de agosto del 2011

Después de realizada la modificación en el formato del EGE donde se corrigieron los rendimientos del Molino para cada uno de las granulometrías medidas en los tamices, los resultados y comportamientos del EGE cambiaron significativamente ya que ningún valor volvió a quedar por encima del 100%, dato erróneo y problema que se quiso corregir en la Planta desde el principio del proyecto.

Como se puede observar en las Gráficas del EGE de los meses de Julio y Agosto, no se volvió a presentar el caso en el cual el EGE fuera más del 100%. Lo que indica que se logró el objetivo de obtener un cálculo real y adecuado de la realidad del EGE.

6. CONCLUSIONES

- 1.** Aplicando las metodologías de Lean Enterprise se logró un mejor entendimiento de los procesos de la planta. La medición rigurosa y el análisis de la información histórica permitió junto a la aplicación de las diferentes herramientas de análisis realizar un diagnóstico verídico que reflejó la realidad de la planta a partir de hechos y datos.
- 2.** Este diagnóstico verídico permitió a su vez establecer junto con el equipo de trabajo las mejores soluciones a los problemas que resultaron evidentes y que antes pasaban desapercibidos.
- 3.** Se utilizó una versión novedosa no implementada con anterioridad en la planta para medir de manera más cercana a la realidad el tiempo de ciclo empleado para producir una referencia determinada. Esta medición se logró hacer efectivamente con la construcción del diagrama de Gantt bajo la óptica del VSM, en donde la pared de balanceo de actividades del proceso se representa no solo en periodos de tiempo sino que también se superponen los eventos que se presentan de manera simultánea. Esta metodología reemplazó el cálculo del tiempo requerido para producir una referencia como la diferencia entre el tiempo programado, el tiempo estándar y el tiempo promedio de producción, lo que significa un avance en la estandarización de procesos y en la aplicación de herramientas de Lean Enterprise.
- 4.** Para el personal operativo de la planta significó un avance importante en el entendimiento de su proceso a lo largo de la cadena de valor el hecho de realizar la construcción y análisis del diagnóstico del estado de la planta de Trituración y Molienda de Sumicol para identificar los puntos críticos del proceso, a través de una línea de producción piloto. El trabajo conjunto con

las personas del proceso se convierte en metodología fundamental para definir los problemas y establecer un plan de acción para solucionarlos.

5. En términos académicos y de aplicación industrial se logró un avance significativo en términos de Evaluación y análisis de la medición de los indicadores que afectan el EGE (Disponibilidad, Rendimiento y Calidad). No solo quedó claro que no se medía el EGE de manera adecuada, sino que los nuevos valores calculados después de la implementación de las mejoras, y con los ajustes respectivos a los formatos donde se recolecta la información, son de aceptación del personal de la planta y del jefe de la misma.

6. Se aplicó de manera importante para el proceso productivo el análisis de las pérdidas (o desperdicios) presentes en el proceso sobre las cuales se centraron las alternativas de solución. La metodología de análisis y determinación de puntos críticos basada en la construcción de un VSM servirá en el futuro para evaluar y mejorar de manera continua los procesos.

7. Se propuso de manera acorde a la realidad del proceso diferentes alternativas de solución a los problemas encontrados en los análisis, las cuales fueron aceptadas e implementadas a satisfacción por el personal administrativo y operativo de la planta.

8. Dado que se tenía un mismo rendimiento del Molino para todas las granulometrías expresadas como una referencia de tamiz, se estaba alterando significativamente los resultados de este indicador, ya que habían lotes de producción que rendían mucho más que otros, dependiendo del tipo de referencia a trabajar, puesto que se variaba la materia prima y la determinación de una granulometría a través de un tamiz en particular utilizado. Finalmente este problema pudo ser resuelto y se determinó la metodología de actualización del rendimiento según la dinámica de la planta.

9. Con la implementación de algunas mejoras propuestas se logró un aumento en la capacidad de la línea de producción del molino 7, evidenciada

en el requerimiento de días para abastecer la demanda de productos: Se pasó de 23.24 días a 21.4 días, correspondiente a un 4.67%. Este aumento en la capacidad resultó de gran impacto en la operación pues se amplió la capacidad de la planta completa a un 89.16 %. Si las mejoras propuestas e implementadas en el molino 7 se extienden las demás líneas de producción se podrá contar con la capacidad suficiente para afrontar los crecimientos futuros de la empresa sin la necesidad de recurrir a grandes inversiones en nuevos equipos.

7. RECOMENDACIONES

- Hacer el seguimiento respectivo a los operarios sobre todos los estándares y nuevos formatos para la medición del EGE, a través de reuniones matinales, reuniones de TPM o demás, para tener bajo control la disciplina y constancia en los registros diarios, conservando así las mejoras realizadas y trayendo consigo nuevas oportunidades de crecimiento y expansión.
- El molino 7 fue un piloto para toda la planta, pero sería ideal que se implementaran todas estas mejoras en las demás líneas de producción y molinos pequeños de la planta, para así lograr una mejora global de la planta trayendo resultados mucho más impactantes.
- Establecer una metodología tipo PHVA para revisión de los procesos. Igualmente, se puede complementar con el Pilar de Mejoras Enfocadas y establecer los vínculos de revisión y mejoramiento continuo entre pilares.
- Realizar nuevamente un seguimiento al formato del EGE luego de un año de culminado el proyecto, ya que la planta estaría en un paso más avanzado de TPM y esto puede traer muchas más avances y mejoras en la planta que conlleve a ajustar nuevamente las mediciones y rendimientos del Molino.
- Para los demás molinos de la planta, que son molinos pequeños se debe tener más cuidado y detalle de los paros menores y mayores a 10 min, ya que estos molinos si pueden tener con mayor frecuencia este tipo de inconvenientes, Se recomienda hacer un análisis crítico de cada cuanto

ocurren estos paros en periodos de una semana, quince días o un mes, para observar puntos que se puedan mejorar.

8. BIBLIOGRAFIA

SOCCONINI Luis. Lean Manufacturing. 1º edición. México D.F: Editorial Norma, 2009

Implementación de TPM: Mantenimiento Productivo Total. Pagina Web: http://www.actiongroup.com.ar/tpm_lean.htm

Pilares básicos del TPM. Universidad Autónoma de Tamaulipas Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe. Pagina Web: <http://tpm.awardspace.us/Pilares-del-TPM.htm>

Fábrica visual y sus aplicaciones. Pagina Web: <http://www.ceroaverias.com/visual/conceptos.htm>

Masaaki Imai. Gemba Kaizen. Mac Graw Hill, 1998.

Eliyahu M. Goldratt. La Meta Teoría de Restricciones, Un Proceso de Mejora Continua. Ediciones Regiomontanas S.A., 2006.

Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). Pagina Web: <http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>.

Lean Manufacturing. Luis Socconini. Editorial Norma, 2009.

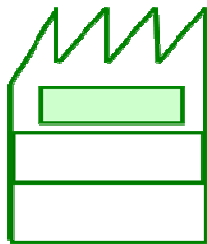
Manufacturing Productivity Improvement using Effectiveness metrics and Simulation Analysis. International Journal of Production research, Vol14, No 3, 2003, p 513-527.

RAMIREZ RIOS, Andrés Mauricio. Guía para la medición de la efectividad global del equipo EGE y la efectividad global de la planta EGP en la industria. Medellín (Colombia), 2006.

ANEXOS

- ANEXO A: LISTA DE SÍMBOLOS DEL VSM

Proveedor o cliente:



Inventario acumulado:



Proceso anterior empuja proceso siguiente:



Proceso siguiente jala proceso anterior:



Transporte de información electrónica:



Descripción del proceso:

PROCESO
RESPONSABLE:
Tmpo:
Observaciones:

Transporte de materia prima en monta carga:



Transporte de material en elevador de canjilones:



Transporte de material en tornillo sin fin:



Transporte de material en banda transportadora:



Transporte de producto terminado, empacado en Big bag y bultos:



Transporte de producto terminado empacado en cisterna:



- ANEXO B: CONVENCIÓN DE COLORES DEL VSM**

 Referencia C

 Referencia A

 Referencia F

	Referencia D
	Referencia G
	Referencia I
	Referencia B
	Referencia E
	Referencia H

- **ANEXO C - VSM**

Ver CD adjunto

- ANEXO D FORMATO ESTANDARIZADO DEL EGE

CÁLCULO DE EGE POR DÍA					AÑO: 2011				
		TRITURACIÓN Y MOLIENDA							
		EQUIPO: LOS LEONES							
MES		MARZO							
DÍA		1				2			
MALLA					TOTAL				TOTAL
T. Prog		0	0	0	0	0	0	0	0
T. Real					0				0
T. Perdido					0				0
Ton. Prog		0	0	0	0	0	0	0	0
Ton. Reales					0				0
Capacidad M.		0	0	0	#N/A	0	0	0	#N/A
Ton. Aprobadas		0	0	0	0	0	0	0	0
Ton. Rechazadas					0				0
Calidad		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Disponibilidad		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rendimiento		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
EGE Malla		0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	
EGE Día		0%				0%			

MALLA	Ton/h
325	5.6
200	6.7
270	5.6
400	4
120	7

MALLA	Ton/h
325	5.6
200	6.7
270	5.6
400	4
120	7