

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SIX SIGMA EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S**

autor

ANGELICA ALEXANDRA BOTELLO GALLEG0

Director

RUTH LEONOR LOPEZ VILLALBA

Ingeniero Industrial

Magister en Sistemas Integrados de Gestión

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, mes día de año

Dedicatoria

***DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE
LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S***

Resumen

El presente proyecto de grado tiene como objetivo el estudio de la problemáticas de la empresa Carbomaz específicamente en el proceso productivo de Coquización y la presentación de algunas propuestas las cuales puedan ayudar a la mejora en la entrega del producto requerido y con las especificaciones dadas por los clientes, ya que se presenta fallas humanas al momento de la recepción del carbón y mezclas incorrectas en el mismo, así como en otros procesos, lo cual dificulta su buen rendimiento al momento de realizar el proceso de Coquización. En el tercer proceso Cribado se logró determinar que una de las causales del descontento de los clientes provenía de las dimensiones del coque entregadas las cuales no correspondían a lo pactado y se determinó que para mejorar esto era importante realizar unas tomas con mayor precisión utilizando un nuevo medidor digital, proyectando los nuevos datos se obtuvo una Capacidad de proceso (CP) de = 1,9803 y un índice de capacidad de proceso (CPK) de = 0,5733 lo cual indica una mejora considerable.

Palabras clave

Producción, Six Sigma, Procesos, Coque, Carbón, Herramientas, Modelo.

Abstract

The objective of this degree project is to study the problems of the Carbomaz company specifically in the production process of Coking and the presentation of some proposals which can help to improve the delivery of the required product and with the specifications given by the customers, since human errors occur at the time of receipt of the coal and incorrect mixtures in it, as well as in other processes, which hinders its good performance when carrying out the Coking process. In the third screening process, it was possible to determine that one of the causes of customer discontent came from the dimensions of the coke delivered, which did not correspond to what was agreed, and it was determined that to improve this it was important to take more precise shots using a new digital meter, projecting the new data, a process capacity (CP) of = 1.9803 and a process capacity index (CPK) of = 0.5733 were obtained, which indicates a considerable improvement.

Keywords

Production, Six Sigma, Processes, Coke, Coal, Tools, Model.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	11
2.	Marco conceptual.....	12
2.1.	Antecedentes	12
2.1.1.	Antecedente Internacional	12
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	13
2.1.3.	Antecedentes Regionales	14
2.2.	Bases Teóricas.....	14
2.2.1.	Six Sigma	14
2.2.2.	Six Sigma herramienta para mejorar la calidad	17
2.2.3.	Características del Six Sigma.....	18
2.2.4.	Método DMAIC.....	18
2.2.5.	Estadísticos de la Metodología	20
2.2.6.	Producción de Carbón.....	21
2.3.	Bases Legales	22
2.4.	Marco contextual.....	25
2.4.1.	Mapa de procesos integrado.....	25
2.4.2.	Propósito superior	25
2.4.3.	Misión	26
2.4.4.	Visión.....	26
2.4.5.	Pilares Estratégicos	26
2.4.6.	Valores Corporativos	27
3.	Planteamiento del problema.....	28
3.1.	Formulación del problema	29
4.	Objetivos.....	29
4.1.	Objetivo General	29
4.2.	Objetivos Específicos.....	29
5.	Justificación	30

	7
6. Metodología	31
6.1. Población.....	33
6.2. Muestra.....	33
6.3. Fuentes de información	35
6.4. Fuentes de Información primaria	36
6.4.1. Tipos de fuentes primarias	36
6.4.2. Instrumentos de recopilación de información CARBOMAZ	36
6.5. Fuentes de información secundaria	37
7. Cronograma y descripción de actividades	37
7.1. Cronograma de actividades:	37
7.2. Descripción de actividades:.....	38
7.2.1. Primera etapa: Diagnóstico	38
7.2.2. Segunda etapa: Desarrollo	39
7.2.3. Tercera etapa: Propuesta final.....	39
8. Resultados obtenidos	40
8.1. Primera etapa: Diagnóstico	40
8.1.1. Diagnóstico, diagrama SIPOC proceso de molienda.....	40
8.1.2. Diagnóstico tiempos de inoperatividad.....	41
8.2. Diagnóstico proceso de coquización	45
8.2.1. Diagrama SIPOC coquización	45
8.2.2. Medición proceso de coquización.....	46
8.3. Diagnóstico proceso de cribado	50
8.3.1. Diagrama SIPOC cribado	50
8.3.4. Medición proceso de cribado	51
9. Segunda etapa: Desarrollo	52
9. Medición y análisis proceso de coquización.....	59
9.1. Rendimiento Global	61
11. Medición y análisis proceso de cribado	64
11.1. Muestras de mallas actualizadas	68
12. Tercera etapa: Propuesta Final.....	69
12.1. Diagrama Causa y Efecto.....	69

	8
12.1. Plan de acción propuesta molienda.....	70
12.2. Plan de acción proceso de coquización	71
12.3. Plan de acción proceso de cribado.....	72
13. Plan de trabajo.....	74
14. Conclusiones.....	75
15. Recomendaciones	76
16. Referencias bibliográficas.....	77
17. Anexos	78
17.1. Anexo 1 Formato de tiempos operativos de molino.	78
17.2. Anexo 2 Control diario Coquería.	79
17.3. Anexo 3 Formato de proceso de control de cribado y registro de paradas en cribas.	80
17.4. Anexo 4 Procedimiento Molienda	80
17.5. Anexo 5 Procedimiento Coquización	81
17.6. Anexo 6 Procedimiento de Cribado.....	82

Lista de figuras

Figura 1 Six Sigma Enfoque Mejorado	15
Figura 2 Metodología Six Sigma	19
Figura 3 Proceso Six Sigma	21
Figura 4 Producción de Carbón	22
Figura 5 Mapa de Procesos Integrados Carbomaz 2022.....	25
Figura 6 Fases del Proceso Cuantitativo.....	31
Figura 7 Procesos Operativos Carbomaz SAS.....	33
Figura 8 Fuentes de Información	35
Figura 9 Medición Paradas de Criba.....	52
Figura 10 Constantes para gráficos de control.....	55
Figura 11 Capacidad de proceso	56
Figura 12 Gráficos tiempos de inoperatividad del molino.....	57
Figura 13 Gráfico de rangos	58
Figura 14 Gráfico de rendimiento.....	60
Figura 15 Gráfico de rangos de rendimiento	61
Figura 16 Formato Selección de producto y mallas cribado.....	64
Figura 17 Diagrama Causa y Efecto	69

Lista de Tablas

Tabla 1 Bases Legales.....	22
Tabla 2 Cronograma de Actividades.....	37
Tabla 3 Diagrama SIPOC proceso molienda	40
Tabla 4 Tiempos Operativos de molino.....	42
Tabla 5 Consolidado de tiempos NO operativos de molino	43
Tabla 6 Porcentaje de tiempo de parada del molino	44
Tabla 7 Diagrama SIPOC proceso de coquización.....	46
Tabla 8 Control Diario Coquería	47
Tabla 9 Diagrama SIPOC proceso de criba	51
Tabla 10 Tiempos de inoperatividad proceso de molienda	57
Tabla 11 Rendimiento Proceso de Coquización	59
Tabla 12 Datos tomados para cada malla	65
Tabla 13 Resultados capacidad del proceso.....	66
Tabla 14 Margen de error	67
Tabla 15 Malla 1 Actualizada.....	68
Tabla 16 Constantes con n igual a tres.....	68
Tabla 17 Resultados de la toma de datos de malla 1	68

1. Introducción

A nivel mundial, el carbón coquizable ha sido catalogado como una de las principales fuentes de energía primaria, debido a sus propiedades físicas y químicas, disponibilidad y políticas en varios países.

En un entorno cada vez más competitivo, el desarrollo de estrategias competitivas, habilidades organizacionales y personales se ha convertido en una herramienta importante para superar las dificultades y realidades cambiantes de los procesos productivos de las empresas envueltas en el sector primario más específicamente en la minería. Durante el último año, los problemas y situaciones que se han presentado se han vuelto cada vez más complejos, en este caso la alta dirección se enfrenta a decisiones del día a día con respecto a la planificación, coordinación, organización, operaciones, asignación de recursos, liderazgo y control.

Como consecuencia de la globalización económica que vive nuestro país una gran cantidad de empresas se enfrentan diariamente por salvaguardar su estabilidad en el mercado, implementan estrategias en busca de incrementar su bienestar, esta competitividad a nivel regional se describe como la capacidad de atraer a los clientes y cerrar tratos comerciales garantizando el cumplimiento de las características pactadas en la negociación, por ende, implementar el modelo six sigma en desarrollo productivo de la organización generaría en esta un valor agregado. (Consejo privado de competitividad, 2020)

La planificación y desarrollo del proyecto se dividió en tres etapas fundamentales, con el diagnóstico permitió conocer y evidenciar la situación inicial de la empresa respecto a la eficiencia, eficacia del proceso de transformación de carbón a coque actual, para luego precisar las actividades

apropiadas y elaborar la presente propuesta de mejoramiento en dicho proceso. El objetivo de este trabajo de grado en la empresa CARBOMAZ SAS es diseñar una propuesta de implementación de la Metodología Six Sigma donde se reduzca los errores en los procesos de coquización para ofrecer mayor rentabilidad y seguridad a la empresa y un producto de mejor calidad a los clientes, evidenciando la materialización de los objetivos propuestos y llevando a la empresa al mejoramiento continuo enfatizado en el proceso de coquización.

2. Marco conceptual

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedente Internacional

Cisneros, Luis. “Implementación de mejora en el proceso de extracción de carbón mineral”. Tesis. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2021. El sector minero por excelencia es el sector productivo con mayor importancia en el país produciendo el 10 por ciento del total del Producto Interno Bruto en el año 2017, representando un 62% en el resultado final de las importaciones y por consiguiente ocasionando la mayor cantidad de divisas durante este año (Joaquin, Metodologías Avanzadas para la planificación y mejora , 2007).

De la misma forma, la cartera minera de Perú tiene un valor de \$ 58.000 millones de dólares, por lo que es claro que la región peruana está decidida a desarrollar aún más este sector de la economía.

El objetivo de este proyecto es introducir una metodología que elimine la variabilidad de la alta proporción de cenizas en la minería de hulla, lo cual quiere decir, que la metodología debe abordar las causas fundamentales del problema realizando acciones como la estandarización de procesos, que a su vez aplican el ciclo PDCA, consistente con el enfoque lean. El cliente establece el índice de cenizas por debajo de 40, pero la entrega no llega al 6% que era la solicitud deseada por el cliente, por lo que se implementa el proyecto para controlar las desviaciones en el proceso tecnológico, lo que permitirá que no se viole el límite superior fijado por el cliente, lo cual genera una inspiración en la aplicación de este trabajo de grado para buscar obtener un producto con la mejor calidad, aplicando tanto métodos de mejora continua como los estadísticos los cuales permitan obtener resultados confiables.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gómez, Luisa. Cifuentes, María. “Implementación de la metodología six sigma en la organización global logistics services ltda la cual tendrá el fin de mejorar la productividad en un 20% en el proceso de operaciones”. Trabajo de grado. Fundación Universitaria Panamericana de Bogotá. 2017. Esta propuesta le permitirá a la empresa mejorar los procesos en el área de operaciones por el motivo de atrasos en la asistencia oportuna de la documentación que se solicita para la facturación de los servicios brindados, por lo cual retrasa el pago de las facturas por parte de los clientes generando así inconvenientes en distintas áreas.

Por tanto, realizaron estudios para identificar oportunidades de mejoras con el fin de realizar una optimización y prestar un servicio de calidad.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Esta propuesta aplica métodos estadísticos basados en el modelo six sigma lo cual va a generar una mejora y un incremento en la productividad y competitividad de la organización, servirá como apoyo para la implementación de este modelo en la propuesta de mejoramiento en el proceso productivo de este trabajo de grado.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Leal, Sandra, Castro, Sandra. “Aumento en el desarrollo productivo mediante la metodología Six Sigma del sector cerámico”. Artículo. Universidad de Pamplona, 2021. Se trató de describir el método Six Sigma para reducir el desperdicio o la velocidad excesiva en el campo de la cerámica de Cúcuta.

Se encontrará esta metodología como una construcción para la optimización de la aplicación de ciertos métodos estadísticos incluyendo algunas herramientas estadísticas las cuales funcionan para calcular, analizar y mejorar procesos productivos en cualquier empresa.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Six Sigma

Es una metodología de mejora continua que busca identificar la causa raíz de fallos, errores, omisiones y retrasos en diversas industrias, con especial atención a los puntos de corte críticos para compradores. El modelo Six Sigma se basa en procesos estadísticos precisos que utilizan

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

herramientas cualitativas e investigación matemática para hacer un proceso de mejora en los que ya existen o desarrollar productos y procesos novedosos. (Garcia M. , 2019)

También se conoce como un proceso estructurado que consiste en la aplicación de cinco pasos o fases, las cuales son: definir, medir, analizar, controlar y mejorar “DMAIC”.

El objetivo principal del modelo Six Sigma, como su nombre indica, es garantizar una excelente calidad del proceso, lo que cuantitativamente significa 3,4 defectos por millón de posibilidades “DPMO”.

Seis Sigma se considera una evolución de las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua, como la gestión de la calidad total “TQM” y el control estadístico de procesos.

Figura 1 Six Sigma Enfoque Mejorado



DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Nota: la figura 1 representa la combinación de los recursos que han brindado un enfoque mejorado del six sigma. Elaboración propia.

Su objetivo es aumentar la eficiencia de los procesos para que produzcan 3,4 defectos por millón de oportunidades, lo que significa que por cada corrida de producción no habrá más de 3,4 defectos, por eso este modelo es beneficioso para grandes industrias con altos porcentajes de producción, ya que sus procesos repetitivos generan una mayor facilidad para monitorear el flujo de producto a lo largo de la línea, dejando a los clientes prácticamente sin defectos ni fallas. (Zare, 2011).

Esto ha llegado a manos de muchas empresas las cuales quieren implementar el modelo six sigma como un sistema estratégico de negocio para tener resultados de aumentos en su rentabilidad, mejorando la calidad de servicios y productos, y viéndose reflejado en la mejora de su productividad y competitividad dentro de la industria.

Six Sigma nació a principios de los años 80 y 90 en la organización Motorola en la cual diferentes personas que hacían parte de esta estudiaron e investigaron el cambio de varios procesos dentro de la compañía, enfocándose en aquellos que causaran los mayores cambios, aumentan el rendimiento y la eficiencia. El director de la compañía influyó con su amplia experiencia a Bossidy, el cual era el director de Allied Signal. Y finalmente, este director lo transmitió al Centro de Capacitación para Ejecutivos de la empresa General Electric. Pero a pesar del éxito de Motorola y Allied Signal en sus implementaciones de Seis Sigma, General Electric adoptó el sistema de la manera más espectacular, con \$320 millones en ahorros de costos logrados en menos de dos años y medio después de la implementación inicial del modelo. (Eckes, 2004)

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

La implementación del six sigma ha reflejado resultados significativos en grandes organizaciones como Motorola alcanzando un ahorro aproximado por 1000 millones de dólares en un tiempo inferior a tres (3) años lo cual les permitió ser reconocidos al obtener el premio Malcom Baldrige en el año 1998. Así mismo, Allied Signal entre los años 1994 y 1999 superó los resultados obtenidos por Motorola alcanzando un ahorro de más de 2000 millones de dólares y en el mismo año la organización General Electric supero este logro generando 2250 millones de dólares en ahorros en tan solo un año.

2.2.2. Six Sigma herramienta para mejorar la calidad

Como principio six sigma una de las herramientas que nos aporta información acerca del rendimiento y la satisfacción del cliente y calidad de productos. Lo fundamental de esta herramienta es que nos ayuda a lograr prevenir ocurrencia de errores, esta nos otorga información de cómo está la calidad del producto final y la complacencia que tiene el cliente de acuerdo con esta información. (Ali & Midelton, 2011)

El modelo six sigma es una metodología tecnológica implementada para obtener el mayor rendimiento en los procesos, la cual ha sido aprovechada en grandes empresas como General Electric, Motorola, Texas Instruments, entre muchas otras. El propósito de esto es reducir la variación en las variables de desempeño al cambiar y mejorar los procesos y aumentar los planes operativos del cliente, para mantener las tasas de falla por debajo de 3.4 defectos por millón. (Garcia & Quispe, 2003)

Algunas de las razones por las que las compañías deciden implementar la metodología six sigma son:

- Evaluar y optimizar la capacidad de los procesos desarrollados en la organización
- Minimizar los riesgos, mitigar la complejidad de los procesos operativos y aumentar la productividad de estos.

2.2.3. Características del Six Sigma

Los factores más destacables que caracterizan la metodología Six Sigma son algunos de estos:

(Rio & Santisteban, 2011) Manifiesta que las compañías con un alto nivel competitivo se identifican por contar con personal con grandes destrezas y habilidades por ello, la dirección general tiene la obligación de incentivar cada proceso estableciendo una estructura organizacional lo suficientemente soportada y brindando capacitación constante a los trabajadores vinculados. Los resultados obtenidos en esta gestión se visualizarán en un lenguaje que facilite la comprensión y el desarrollo de los procesos.

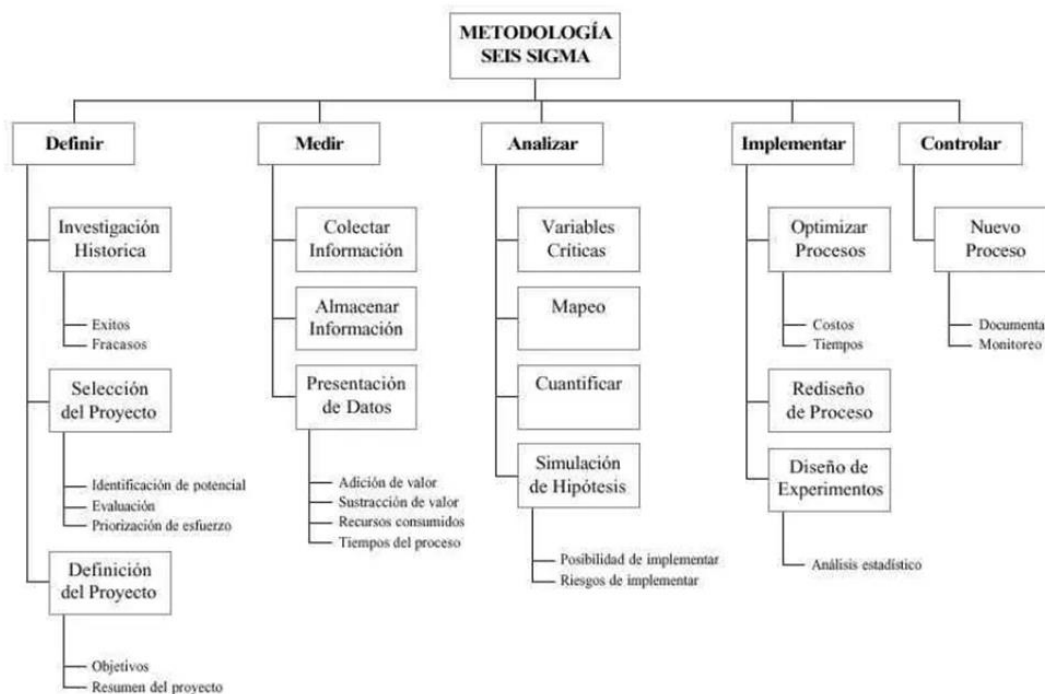
2.2.4. Método DMAIC

El método utilizado, conocido como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), utiliza distintas herramientas y métodos estadísticos. Además, los dispositivos que monitorean las variables del proceso y sus relaciones ayudan a controlar su desempeño. Six Sigma,

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

conocido como DMAIC, consiste en un proceso de aplicación, proyecto por proyecto, de cinco pasos.

Figura 2 Metodología Six Sigma



Nota: La figura 2 consiste en un proceso de aplicación de la metodología Six Sigma en cinco pasos.

La primera fase es la de definición, la cual identifica los proyectos Six Sigma que probablemente necesiten una revisión por parte de la dirección, para evitar la subejecución de los recursos.

Después de seleccionar o elegir un plan, se determina la tarea y se selecciona el dispositivo más adecuado para el desarrollo del plan, asignándole la prioridad principal.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

En la implementación del six sigma es imprescindible conocer:

- los parámetros y/o requisitos claves de los clientes
- Las particularidades claves de los productos
- Los factores que afecten o beneficien el proceso

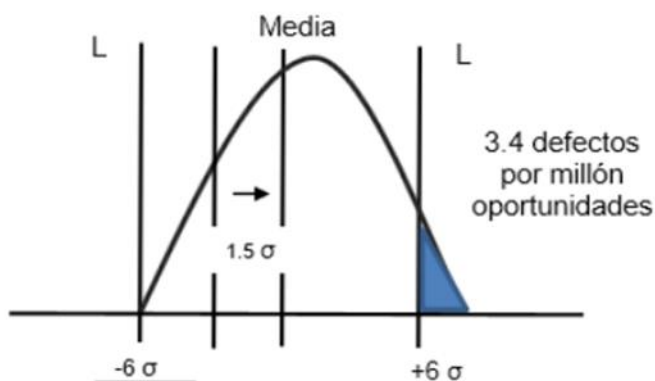
A partir de este punto se determina o fija el sistema de medida y se procede con la medición de la capacidad del proceso.

- Análisis de datos: esto permite determinar el nivel de cumplimiento de los diferentes escenarios planteados identificando la realización causa y efecto, para esto se implementan diferentes herramientas estadísticas.
- Mejora: una vez determinadas y analizadas las variables de entrada y respuesta se establecen parámetros y actividades que permitan implementar las mejoras en los procesos.
- Controlar: es una de las fases más significativas de la metodología six sigma ya que una vez se haya ejecutado la medición, análisis y mejora de los productivos de las organizaciones se hace necesario implementar indicadores que gestionen que permitan medir el rendimiento de los procesos y poder tomar las acciones correctivas necesarias para el mejoramiento continuo.

2.2.5. Estadísticos de la Metodología

La desviación estándar de un conjunto de mediciones indica la definición del nivel six sigma, ya que si se traza una curva de campana de los resultados del proceso con parámetros de especificación superiores e inferiores (tolerancias o límites), entonces el área que cae dentro de estos límites muestra el valor del porcentaje de resultados correctos, y el área fuera de estos límites muestra el porcentaje de resultados rechazados. Esto indica que, el proceso sigma es la distancia entre la media del proceso y los límites de especificación inferior y superior. Esto significa que cuanto mayor sea el nivel sigma del proceso, menor será la tasa de fallas. Históricamente, se consideró que el proceso tiene una desviación estándar de ± 3 sigma. Si el proceso es Six Sigma, entonces por cada millón de valores generados por el proceso, habrá 0.002 defectos. (Membrado, 2007)

Figura 3 *Proceso Six Sigma*



2.2.6. Producción de Carbón

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Con el reporte de la agencia nacional de minería observamos la comparación del primer trimestre del año 2021 versus el primer trimestre del año 2022, donde se evidencia una disminución en la producción del carbón bastante considerable en el departamento de norte de Santander específicamente en Cúcuta lo cual nos lleva a hacernos un replanteo de cuáles son los factores que están afectando al sector de la minería y que podemos hacer para reducirlos.

Figura 4 *Producción de Carbón*

Año	Trimestre	Departamento	Municipio	Ton
2022	I.	NORTE DE SANTANDER	CÚCUTA	28.206
			Total	28.206
		Total		28.206
		Total		28.206
2021	I.	NORTE DE SANTANDER	CÚCUTA	105.271
			Total	105.271
		Total		105.271
		Total		105.271

2.3.Bases Legales

Tabla 1

Bases Legales

<i>Artículo, Norma, Decreto</i>	<i>Descripción</i>
Artículo 1 Decreto 1155 de 1980, Artículo 8	Título III Medidas del sector minas y energía.
Artículo 5 Ley 685 de 2001 Código de minas	Propiedad de los recursos mineros.
Artículo 6 Inalienabilidad e imprescriptibilidad	La propiedad estatal de los recursos naturales no renovables es inalienable e imprescriptible. El derecho a explorarlos y explotarlos sólo se adquiere mediante el otorgamiento de los títulos.
Artículo 8 Yacimiento descubierto	Para todos los efectos, se entiende que un yacimiento ha sido técnicamente descubierto cuando, con la aplicación de los principios, reglas y métodos propios de la geología y la ingeniería de minas, se ha establecido la existencia de una formación o depósito que contiene reservas probadas de uno o varios minerales, de interés económico.
Decreto 2655 de 1988	inscripción en el Registro Minero Nacional las canteras ubicadas en dichos predios, como descubiertas y explotadas.

Artículo 10 Definición de Mina y Mineral	Para los efectos de este Código se entenderá por mina, el yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útil y aprovechable económicamente, ya se encuentre en el suelo o el subsuelo. También para los mismos efectos, se entenderá por mineral la sustancia cristalina, por lo general inorgánica, con características físicas y químicas propias debido a un agrupamiento atómico específico.
Artículo 14. Título minero	A partir de la vigencia de este Código, únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional.
Artículo 84 Capítulo 8 Trabajos de exploración	Programa de trabajos y obras. Como resultado de los estudios y trabajos de exploración, el concesionario, antes del vencimiento definitivo de este período, presentará para la aprobación de la autoridad concedente o el auditor, el Programa de Trabajos y Obras de Explotación que se anexará al contrato como parte de las obligaciones.

Artículo 100. Registros de la producción	Durante la explotación se llevarán registros e inventarios actualizados de la producción en boca o borde de mina y en sitios de acopio, para establecer en todo tiempo los volúmenes de los minerales en bruto y de los entregados a las plantas de beneficio y si fuere del caso, a las de transformación. Estos registros e inventarios se suministrarán, con la periodicidad que señale la autoridad, al Sistema Nacional de Información Minera.
---	--

2.4. Marco contextual

2.4.1. Mapa de procesos integrado

Figura 5 *Mapa de Procesos Integrados Carbomaz 2022*



2.4.2. Propósito superior

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Somos energía, sinergia y optimismo. Tejemos sueños que inspiran cambios y bienestar en la sociedad, garantizando un mundo sostenible para las futuras generaciones.

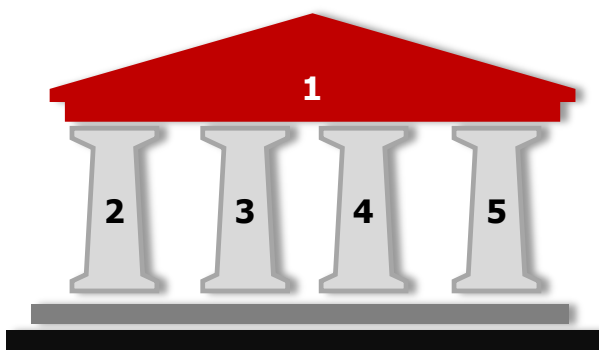
2.4.3. Misión

En GRUPO MAX generamos soluciones integrales, entendiendo las necesidades de nuestros clientes, construyendo relaciones de largo plazo, basados en la transparencia y responsabilidad empresarial, soportados por un equipo humano increíble.

2.4.4. Visión

En el 2025 el GRUPO MAX será reconocido como un aliado de clase mundial en los diversos sectores que participa, por su alta capacidad de generar valor, innovación y talento humano, asegurando altos estándares en seguridad, calidad y desarrollo sostenible. Seremos parte de las 100 empresas más grandes del país.

2.4.5. Pilares Estratégicos



Conceptos claves y transversales que se convierten en directrices que alinean y guían las acciones de la empresa para desarrollar la estrategia y lograr los objetivos estratégicos.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

1. Estrategia
2. Innovación
3. Talento humano
4. Sostenibilidad
5. Seguridad

2.4.6. Valores Corporativos

Transparencia: capacidad de actuar de manera voluntaria y activa, sin necesidad de requerir normas, basados en la sinceridad y honestidad para generar relaciones solidas que construyan confianza.

Responsabilidad: cumplimos nuestros objetivos, entendemos el alcance de lo que implican nuestras obligaciones (acuerdos, compromisos, deberes), nos comportamos de una manera correcta teniendo buenas prácticas operativas y de gestión.

Respeto: nuestras acciones están orientadas a reconocer, aceptar y apreciar las cualidades y derechos de nuestros colaboradores, clientes, proveedores y comunidad en general.

Confianza: significa creer, tener la certeza que algo sucederá, basado en acciones de buena fe, con dinámicas fluidas y eficaces, creando relaciones productivas a largo plazo.

Excelencia: entender las necesidades del cliente, superando sus expectativas.

Compromiso: es la capacidad de comprender para cumplir las tareas adquiridas, permitiéndonos dar lo mejor de sí.

3. Planteamiento del problema

Este mineral tiene una larga historia en la humanidad, pero fue a partir de la época de 1760 con la llegada en ese año de la revolución industrial que la demanda del carbón aumentó, debido al constante desarrollo de la época, las máquinas de vapor, la producción de acero, hasta convertirse en una fuente de energía importante en el mundo. Colombia tiene alrededor de 120 años de explotación del carbón por recurso. (Unidad de Planeación Minero Energetica, 2005)

El mineral que da un mayor aporte al Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia es el carbón, con una producción minera anual de alrededor de 85 millones de toneladas, representando del 15 al 20 por ciento del PIB minero del país y del 1,5 al 2 por ciento del PIB nacional. Actualmente, los recursos carboníferos del país son de aproximadamente 6.500 millones de toneladas, los recursos potenciales se estiman en 15.000 millones de toneladas, representando el 90 por ciento del carbón primario (metalúrgico) y el 47% del carbón térmico de la región. (Agencia Nacional de Minería, 2013)

CARBOMAZ SAS es una empresa colombiana del sector primario, ubicada en norte de Santander, dedicada a la exploración y explotación de carbón, llevando este a procesos de transformación (coquización) con la mayor calidad, para luego ser comercializado a diferentes clientes.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Según la Federación Nacional de Productores de Carbón (Fenalcarbón), el coque metalúrgico en Colombia se convirtió en el sexto producto de exportación del país en el primer semestre de 2021. China y Polonia están a la cabeza en las exportaciones mundiales de coque metalúrgico, y actualmente Colombia quedando como el tercer exportador mundial de coque metalúrgico, llegando a cerca de 4 millones de toneladas por año.

3.1. Formulación del problema

¿Cómo se beneficia la empresa Carbomaz S.A.S al diseñar una propuesta de implementación del modelo six sigma en el proceso productivo de la transformación de carbón a coque?

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta de implementación del modelo six sigma en el proceso productivo de la empresa en el departamento Norte de Santander.

4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la situación actual del proceso productivo “coquización” desarrollado en la empresa Carbomaz que permita medir y determinar los niveles de productividad actuales.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

- Identificar los problemas existentes en la transformación del coque y emplear herramientas estadísticas y técnicas del modelo six sigma para mitigar los aspectos que impidan o dificulten el proceso de producción.
- Elaborar una propuesta de diseño para la mejora y control en el proceso productivo.

5. Justificación

Actualmente en Colombia las empresas están en constante renovación y actualización para ser mayormente competitivas en el mercado y ser reconocidas a nivel nacional e internacional, la metodología Six Sigma mediante su principio básico el cual es enfocarse principalmente en la satisfacción y medidas que exige el cliente, nos permite mejorar y aumentar los resultados en cuanto a las utilidades que genera el negocio y mejorar la efectividad y eficiencia de las operaciones.

Por otro lado, la calidad del coque y su finura está directamente relacionada con la calidad y finura de la mezcla de carbón a partir de la cual se produce.

El carbón tiene una alta competitividad técnica, además de tener propiedades físico-químicas adecuadas para obtener coque de buena calidad, caracterizándose por una baja dispersión de sus parámetros. (Luna, 2016)

La empresa Carbomaz S.A.S es una empresa que lleva solo 7 años de formación en el mercado, pero en estos años ha tenido un crecimiento exponencial en toda su producción e infraestructura, por ende, implementar un modelo que permita optimizar los procesos desarrollados

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

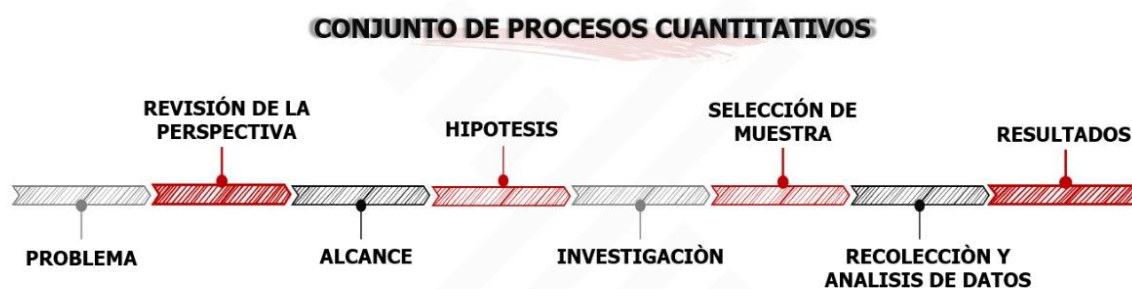
en la organización traería consigo múltiples beneficios como mejorar la calidad de los productos ofrecidos, aumentar la satisfacción de los clientes, reducir los costos y gastos operacionales, entre otros.

La puesta en marcha de la propuesta de implementación del modelo Six Sigma en los procesos operativos de los diferentes centros logísticos de la empresa le permitirá al grupo empresarial tener ganancias significativas, mitigar los riesgos operacionales, disminuir los tiempos muertos, las fallas en la maquinaria, mejor desempeño del talento humano y de los procesos garantizando productos de calidad y volviéndose más atractiva a los mercados internacionales.

6. Metodología

Métodos cuantitativos: El significado de los términos cuantitativos en relación con los métodos numéricos y matemáticos (Hernandez R. , Enfoque cuantitativo, 2014). Actualmente, es un conjunto de procesos organizados secuencialmente para probar ciertos supuestos.

Figura 6 *Fases del Proceso Cuantitativo*



Nota: la figura 5 representa una serie de pasos con el fin de probar ciertos supuestos.

Los métodos cuantitativos son adecuados cuando queremos estimar la magnitud o la ocurrencia de un fenómeno y probar hipótesis.

Metodología Mixta: Esta metodología se compone de distintos procesos, como la investigación empírica, investigación sistemática, critica las cuales implican una recopilación de datos para posterior realizar un análisis cuantitativo como cualitativo, integrando cada uno de estos con el fin de extraer inferencias y conclusiones para así tener una visión más amplia y un análisis más profundo para lograr el entendimiento del fenómeno en cuestión. (Hernandez, 2008).

Investigación Descriptiva: Es el segundo nivel, de la investigación preliminar, cuyo propósito principal es reunir datos e información sobre las cualidades, rasgos, características, o aspectos de las personas, entidades y mecanismos de los procesos sociales, tomando lo que dice R Gay (1996) “La investigación descriptiva implica recopilar datos para probar hipótesis o responder preguntas sobre la situación actual de los sujetos de investigación. La investigación descriptiva identifica y comunica los métodos de existencia de los objetos”. (Nieto, 2018)

La metodología con la que se desarrollara el presente proyecto consiste en una metodología mixta la cual se comprende por la metodología cuantitativa y cualitativa, ya que se busca identificar los aspectos que generan fallas al momento de obtener la coquización con la mayor calidad en la empresa Carbomaz sas y aplicarle a este proceso la metodología six sigma la cual comprende métodos estadísticos para lograr un aumento en la productividad de la empresa.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

6.1. Población

Una población es un conjunto que comprende diferentes entes (personas, animales, objetos) los cuales tienen el fin de ser estudiados estadísticamente para ser cuantificados y determinar algo en particular. (Tamayo, 2012)

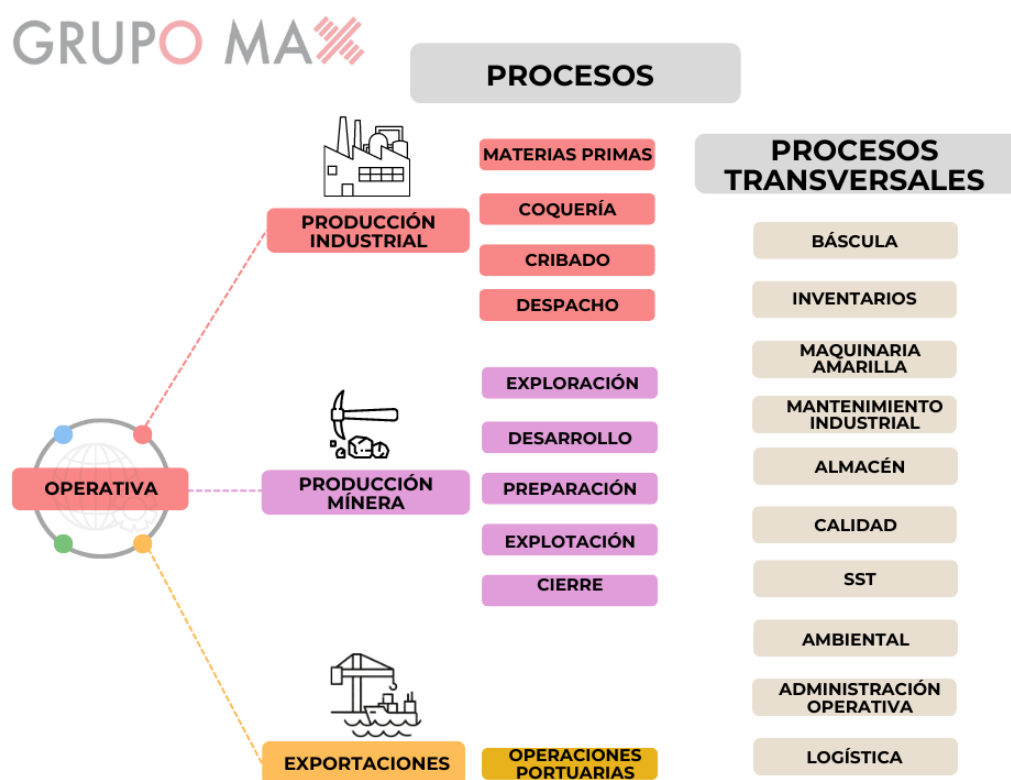
Es un conjunto de sujetos, indicadores o personas con características comunes observadas en un determinado lugar y momento para el cual se realizará el estudio. Dado el nombre de este proyecto, la población se ubica en todo el territorio, incluidos los procesos productivos de la empresa.

6.2. Muestra

Desde el punto de vista de Bernal “la población debe describirse a partir de los términos siguientes: componentes, unidades de muestreo, alcance y tiempo” (Bernal, 2006)

La definición de muestra es: "el conjunto de operaciones realizadas para investigar la distribución de ciertas características en toda una población de un universo o comunidad, comenzando con la observación de una parte de una población determinada". Así, la muestra se determina cuando obtenemos ciertos elementos de esta población, teniendo en cuenta que pueden no estar relacionados en un principio. (Tamayo, Operaciones para investigar la distribución de la población, 2016)

Figura 7 *Procesos Operativos Carbomaz SAS*



La muestra seleccionada para el desarrollo del proyecto serán los procesos operativos y los subprocesos que intervengan en el correcto funcionamiento de estos:

- Báscula
- Ingreso de materia prima
- Carbones
- Calidad
- Coquización

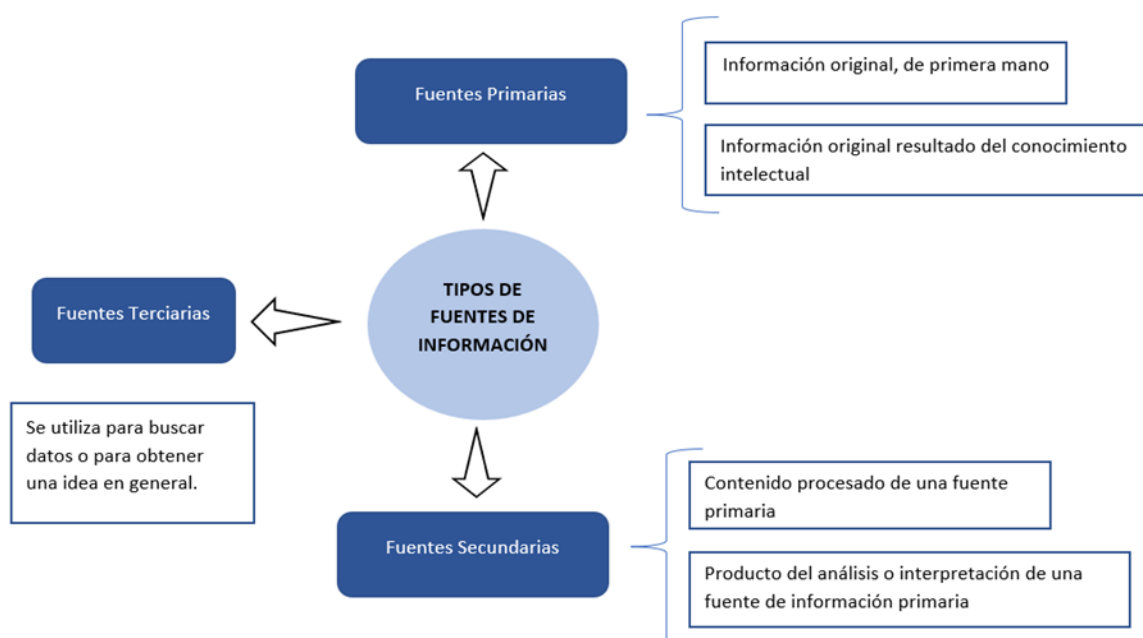
DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

- Cribado
- Despacho

6.3. Fuentes de información

Es cualquier cosa que nos otorgue datos para reconstruir hechos y bases de conocimiento. Las fuentes de información son herramientas para aprender, encontrar y acceder a la información.

Figura 8 *Fuentes de Información*



6.4. Fuentes de Información primaria

Las fuentes de información primaria proporcionan al investigador información verídica y precisa en un porcentaje superior a las fuentes de información secundarias y proporcionan una perspectiva interna de los sucesos objeto de estudio.

6.4.1. Tipos de fuentes primarias

- Documentos de registro de datos originales
- Formatos de procesos
- Evidencias fotográficas de los procesos
- Observación directa
- Encuestas

6.4.2. Instrumentos de recopilación de información CARBOMAZ

Para dar cumplimiento al primer objetivo de realizar un diagnóstico inicial se utilizarán formatos en los cuales se registren los tiempos y controles diarios en los procesos (molienda, cribado, coquería).

Ver Anexo 1. Formato de tiempos operativos de molino.

Ver Anexo 2. Control diario Coquería.

Ver Anexo 3. Formato de proceso de control de cribado y registro de paradas en cribas.

6.5. Fuentes de información secundaria

Estas fuentes son las que contienen la información elaborada y prepara, después del análisis a los datos que fueron suministrados de las fuente primarias, las cuales podrían ser obras de referencia, diccionarios, bibliografías, catálogos, entre otras. (Avello, 2018)

7. Cronograma y descripción de actividades

7.1. Cronograma de actividades:

Para el desarrollo de este cronograma de actividades se tiene proyectado un tiempo de duración de 12 semanas, en las cuales se desarrollarán 10 actividades para la culminación del trabajo de grado.

Tabla 2

Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 investigación de los procesos los cuales necesiten mejoras												
2 realizar diagnóstico inicial del proceso productivo de la empresa												
3 identificación de los procesos y actividades realizadas en el proceso de coquización												

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

4 toma de tiempos en cada proceso productivo (carbones, molienda, coquización, cribado)													
5 implementar herramientas estadísticas y medidores porcentuales que permitan identificar el nivel de productividad del proceso													
6 análisis de datos obtenidos													
7 implementación de controles de tiempo de trabajo													
8 establecer tiempos estándar													
9 estructurar propuesta plan de mejora en el proceso													
10 socialización de la propuesta de mejora													

7.2. Descripción de actividades:

En búsqueda del cumplimiento del presente proyecto el cronograma de actividades se subdivide en tres etapas:

7.2.1. Primera etapa: Diagnóstico

La primera etapa denominada diagnóstico, se encuentra encaminada al cumplimiento del primer objetivo específico “Realizar un diagnóstico (evaluación inicial) del proceso productivo “Carbones, Molienda, Coquización, y Cribado” desarrollado en la empresa Carbomaz que permita medir y determinar los niveles de productividad actuales” y para ello se desarrollarán las siguientes actividades:

- Identificación del desarrollo operacional de las plantas de producción
- Diagnosticar el estado actual del proceso productivo
- Identificar procesos, roles, responsabilidades, tiempos, riesgos.

7.2.2. Segunda etapa: Desarrollo

La segunda fase del proyecto denominada desarrollo permitirá identificar los problemas existentes en la transformación del coque y a través de la implementación de herramientas estadísticas y técnicas del modelo six sigma se lograrán mitigar los riesgos dándole un manejo adecuado los aspectos que impidan o dificulten el proceso de producción.

- toma de tiempos en cada proceso productivo (molienda, coquización, cribado)
- implementar herramientas estadísticas y medidores porcentuales que permitan identificar el nivel de productividad del proceso
- análisis de datos obtenido.

7.2.3. Tercera etapa: Propuesta final

En la etapa de la propuesta final se consolidará la información necesaria, se propondrán tiempos operacionales estándares para así dar cumplimiento al tercer objetivo específico “Elaborar una propuesta de diseño para la mejora y control en el proceso productivo” se desarrolla un plan de socialización y capacitación tanto al personal operativo como administrativo donde se enseñen los controles, seguimientos para el éxito del plan de mejora.

- Implementación de controles de tiempo de trabajo
- Establecer tiempos estándar

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

- Socialización de la propuesta de mejor

8. Resultados obtenidos

8.1. Primera etapa: Diagnóstico

Dando cumplimiento a la primera etapa del presente proyecto se realizó un diagnóstico inicial del proceso productivo de la empresa CARBOMAZ S.A.S se documentó las actividades desarrolladas en cada proceso (Molienda – coquización – cribado), se identificaron responsabilidades y lineamientos que se deben cumplir para el correcto desarrollo de este.

8.1.1. Diagnóstico, diagrama SIPOC proceso de molienda

Este diagrama funciona para hacer una trazabilidad en los procesos documentando los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes destacando los más relevantes en el proceso de molienda así:

Tabla 3 *Diagrama SIPOC proceso molienda*

S	SUPPLIERS	I	INPUT	P	PROCESS	O	OUTPUT	C	CUSTOMER
---	-----------	---	-------	---	---------	---	--------	---	----------

PROCESO DE MOLIENTA

PROVEEDORES		ENTRADA		PROCESO		SALIDA		CLIENTE	
1	Carbones	1	Orden de producción	1	Recepción	1	Carbón molido	1	Coquería
2	Compras de materias primas	2	Ficha técnica de calidad del carbón	2	Descargue, Acopio del material	2	Mezcla para proceso de Coquización		
3	Inventarios			3	Clasificación del carbón				
4	Calidad	3	Orden de mezcla	4	Preoperacional de maquinaria			2	Minería Externa
5	Analista de datos	4	Ficha técnica de la calidad de la mina	5	Verificación de material transportado el cual no debe estar contaminado				
6	Planeación y producción				3	Carbón fino			
7	Minería interna y externa	5	Carbón	6			traslado de bandas de molino a tolva		

8.1.2. Diagnóstico tiempos de inoperatividad

Para conocer el nivel de productividad del proceso de molienda se tuvo en cuenta el diligenciamiento del formato denominado “TIEMPOS OPERATIVOS MOLINOS DE CARBÓN” en base a los procedimientos y políticas establecidos por el grupo empresarial.

Ver Anexo 4. Procedimiento de Molienda

REGISTRO TIEMPOS OPERATIVOS MOLINOS DE CARBÓN						
FECHA	30-jul-22		HORA	6am	OPERADORES	Andres Hernandez, Jesus Caceres
TURNO	1			2pm		Oscar Sandoval
REPORTE DE TIEMPOS NO OPERATIVOS MOLINO						
CAUSA	INICIO PARADA (HORA)	TOTAL (MINUTOS)		FINAL PARADA (HORA)	OBSERVACIONES	
preoperacional	6:00	15		6:15		
Destape de malla	7:00	5		7:05	traslado a destapar malla tapada de zaranda	
Destape de malla	9:03	5		9:08	se destapan malla zaranda	
Destape de malla	9:57	8		10:05	se destapan malla zaranda	
Destape de malla	10:33	8		10:41	se destapan malla zaranda	
aseo	12:11	109		14:00	hidroyec aseo	
REPORTES TIEMPOS DE MOLIENDA						
# DE TOLVA	NIVEL DE CARGA INICIAL TURNO(TN)	INICIO MOLIENDA (HORA)	FINAL MOLIENDA (HORA)	TOTAL (MIN)	NIVEL DE CARGA FINAL TURNO (TN)	OBSERVACIONES
2	20	4:00am	8pm	960	25	cargas completas
1	20	4:05am	8:05pm	960	23	cargas completas
3	25	6:00am	10pm	960	30	cargas completas
4	20	6:05am	10:05pm	960	25	cargas completas
5	20	6:40am	10:40pm	960	25	carga con retraso
6	23	7:00am	11:00pm	960	28	cargas completas
7	20	7:10am	11:10pm	960	25	cargas completas
8	20	7:30am	11:30pm	960	25	cargas completas
DILIGENCIADO POR		DILIGENCIADO POR		REVISADO Y APROVADO		

Tabla 5 Consolidado de tiempos NO operativos de molino

FECHA	TOTAL, TIEMPO DE PARADA MINUTOS	FECHA	TOTAL, TIEMPO DE PARADA MINUTOS	FECHA	TOTAL, TIEMPO DE PARADA MINUTOS
30-jul-22	150	1-sep-22	135	1-oct-22	140
31-jul-22	112	2-sep-22	410	2-oct-22	100

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

					44
1-ago-22	120	3-sep-22	140	3-oct-22	60
2-ago-22	140	4-sep-22	115	4-oct-22	48
3-ago-22	100	5-sep-22	112	5-oct-22	50
4-ago-22	60	6-sep-22	365	6-oct-22	140
5-ago-22	48	7-sep-22	140	7-oct-22	120
6-ago-22	50	8-sep-22	100	8-oct-22	240
7-ago-22	140	9-sep-22	60	9-oct-22	145
8-ago-22	135	10-sep-22	48	10-oct-22	60
9-ago-22	140	11-sep-22	415	11-oct-22	80
10-ago-22	115	12-sep-22	60	12-oct-22	88
11-ago-22	150	13-sep-22	165	13-oct-22	165
12-ago-22	138	14-sep-22	140	14-oct-22	140
13-ago-22	120	15-sep-22	60	15-oct-22	230
14-ago-22	140	16-sep-22	150		
15-ago-22	112	17-sep-22	112		
16-ago-22	60	18-sep-22	120		
17-ago-22	48	19-sep-22	140		
18-ago-22	168	20-sep-22	100		
19-ago-22	140	21-sep-22	60		
20-ago-22	135	22-sep-22	48		
21-ago-22	160	23-sep-22	50		
22-ago-22	140	24-sep-22	332		
23-ago-22	150	25-sep-22	135		
24-ago-22	220	26-sep-22	121		
25-ago-22	120	27-sep-22	140		
26-ago-22	220	28-sep-22	150		
27-ago-22	100	29-sep-22	118		
28-ago-22	60	30-sep-22	120		
29-ago-22	212				
30-ago-22	50				
31-ago-22	140				
TOTAL, MINUTOS	4093	TOTAL, MINUTOS	4361	TOTAL, MINUTOS	1806
TOTAL, HORAS	68	TOTAL, HORAS	73	TOTAL, HORAS	30

Tabla 6 Porcentaje de tiempo de parada del molino

	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
TOTAL, HORAS MES	749	720	749

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

TOTAL, HORAS PARADA	68	73	30
PORCENTAJE TIEMPO PARADA DE MOLINO	9%	10%	4%

Analizando la información obtenida se evidencio que las principales causas de la inoperatividad de los molinos de carbón son:

- No se realiza preoperacional correctamente y conlleva a fallas en el momento de realizar la operación.
- El personal no se encuentra capacitado correctamente para realizar las operaciones.
- Hay rotación constante del personal por lo cual no permite un conocimiento adecuado y extenso para el manejo de la operación.

8.2. Diagnóstico proceso de coquización

8.2.1. Diagrama SIPOC coquización

Este diagrama funciona para hacer una trazabilidad en los procesos de coquización documentando los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes destacando los más relevantes en dicho proceso.

Tabla 7 Diagrama SIPOC proceso de coquización

S	SUPPLIERS	I	INPUT	P	PROCESS	O	OUTPUT	C	CUSTOMER
PROCESO DE COQUIZACIÓN									
PROVEEDORES		ENTRADA		PROCESO		SALIDA		CLIENTE	
1	Carbones	1	Requerimiento de producción	1	Recepción material en tolva	1	Coque	1	Patio de acopio
2	Molienda	2	Orden de producción	2	Instalación de puertas horno			2	Báscula
3	Comercial	3	Proyección de producción					3	Cribado
4	Comercial-Compras	4	Resultados de calidad	3	Llenado de hornos	2	Cenizas	4	Despacho
5	Calidad								

8.2.2. Medición proceso de coquización

Para medir el nivel de productividad del proceso de coquización se implementó el diligenciamiento del formato denominado “Control diario de coquería”.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Tabla 8 *Control Diario Coquería*

						CONTROL DIARIO COQUERIA		
CENTRO DE OPERACIÓN	INDUMAX		ZONA	1		TIPO DE MATERIA L	REACTIVO	METALURGICO
							x	

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

FECHA DE CARGUE	FECHA DE DESHORN E	INV INICIAL MEZCLA	INGRESOS MEZCLA	Nº HORNO S	CONSUM O TOTAL	INV FINAL	Nº DESHORN ES	PRODUCCIO N DIA	REND CARBON-COQUE	TOTAL CENIZA DIA kg
TOTAL MES			28.344,26		19.134,39		1.842,00	5.847,84	30,56%	119.730,00
30-jul-22	1-ago-22	51,80	148,50	24	93,788	106,51	23	58,45	62,32%	1495
31-jul-22	2-ago-22	106,51	236,49	23	115,56	227,44	24	65,58	56,75%	1560
1-ago-22	3-ago-22	227,44	330,21	24	124,12	433,53	24	72,71	58,58%	1560
2-ago-22	4-ago-22	433,53	412,77	23	98,578	747,72	23	58,45	59,29%	1495
3-ago-22	5-ago-22	747,72	495,32	23	91,515	1.151,53	24	96,54	105,49%	1560
4-ago-22	6-ago-22	1151,53	247,66	23	189,74	1.209,45	23	61,52	32,42%	1495
5-ago-22	7-ago-22	1209,45	148,50	23	91,675	1.266,27	23	57,45	62,67%	1495
6-ago-22	8-ago-22	1266,27	328,13	23	227,84	1.366,56	23	62,23	27,31%	1495
7-ago-22	9-ago-22	1366,56	370,58	24	219,74	1.517,40	23	68,41	31,13%	1495
8-ago-22	10-ago-22	1517,40	152,79	24	136,52	1.533,67	23	56,82	41,62%	1495
9-ago-22	11-ago-22	1533,67	330,21	24	215,75	1.648,13	24	66,65	30,89%	1560
10-ago-22	12-ago-22	1648,13	315,57	24	307,85	1.655,85	24	94,45	30,68%	1560
11-ago-22	13-ago-22	1655,85	495,32	24	326,84	1.824,33	24	46,47	14,22%	1560
12-ago-22	14-ago-22	1824,33	277,76	24	241,45	1.860,64	24	63,54	26,32%	1560
13-ago-22	15-ago-22	1860,64	178,50	24	96,892	1.942,25	24	56,35	58,15%	1560
14-ago-22	16-ago-22	1942,25	436,69	24	364,89	2.014,05	24	85,45	23,42%	1560
15-ago-22	17-ago-22	2014,05	330,58	24	294,54	2.050,09	24	78,45	26,63%	1560
16-ago-22	18-ago-22	2050,09	312,57	22	300,05	2.062,61	24	58,85	19,61%	1560
17-ago-22	19-ago-22	2062,61	360,21	22	315,87	2.106,95	24	61,56	19,49%	1560
18-ago-22	20-ago-22	2106,95	412,77	22	278,56	2.241,16	22	72,75	26,12%	1430
19-ago-22	21-ago-22	2241,16	425,32	22	325,16	2.341,32	22	85,15	26,19%	1430
20-ago-22	22-ago-22	2341,32	335,36	22	329,08	2.347,60	22	52,49	15,95%	1430
21-ago-22	23-ago-22	2347,60	228,50	22	115,59	2.460,51	22	68,52	59,28%	1430
22-ago-22	24-ago-22	2460,51	146,29	24	96,458	2.510,34	22	55,48	57,52%	1430
23-ago-22	25-ago-22	2510,34	405,78	24	299,56	2.616,56	22	62,85	20,98%	1430
24-ago-22	26-ago-22	2616,56	212,77	24	119,58	2.709,75	24	68,47	57,26%	1560
25-ago-22	27-ago-22	2709,75	225,21	24	200,85	2.734,11	24	75,36	37,52%	1560
26-ago-22	28-ago-22	2734,11	352,77	24	308,34	2.778,54	24	75,63	24,53%	1560
27-ago-22	29-ago-22	2778,54	146,32	24	101,85	2.823,01	24	82,45	80,95%	1560

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

28-ago-22	30-ago-22	2823,01	350,66	24	346,45	2.827,22	24	85,52	24,68%	1560
29-ago-22	31-ago-22	2827,22	412,50	24	286,85	2.952,87	24	76,45	26,65%	1560
30-ago-22	1-sep-22	2952,87	486,49	24	407,65	3.031,71	24	78,43	19,24%	1560
31-ago-22	2-sep-22	3031,71	300,58	24	274,56	3.057,73	24	68,45	24,93%	1560
1-sep-22	3-sep-22	3057,73	412,77	24	93,788	3.376,71	24	76,45	81,51%	1560
2-sep-22	4-sep-22	3376,71	258,21	24	294,54	3.340,38	24	85,45	29,01%	1560
3-sep-22	5-sep-22	3340,38	412,77	23	300,05	3.453,10	24	77,43	25,81%	1560
4-sep-22	6-sep-22	3453,10	495,32	23	315,87	3.632,55	24	98,45	31,17%	1560
5-sep-22	7-sep-22	3632,55	244,66	23	218,56	3.658,65	23	58,45	26,74%	1495
6-sep-22	8-sep-22	3658,65	164,50	23	115,16	3.707,99	23	56,35	48,93%	1495
7-sep-22	9-sep-22	3707,99	158,49	24	98,018	3.768,46	23	54,46	55,56%	1495
8-sep-22	10-sep-22	3768,46	225,78	24	115,59	3.878,65	23	54,15	46,85%	1495
9-sep-22	11-sep-22	3878,65	430,45	24	296,45	4.012,65	24	98,45	33,21%	1560
10-sep-22	12-sep-22	4012,65	115,21	24	99,565	4.028,30	24	88,47	88,86%	1560
11-sep-22	13-sep-22	4028,30	408,87	24	119,58	4.317,59	24	78,55	65,69%	1560
12-sep-22	14-sep-22	4317,59	286,32	24	200,85	4.403,06	24	95,55	47,57%	1560
13-sep-22	15-sep-22	4403,06	247,76	24	108,34	4.542,48	24	73,55	67,89%	1560
14-sep-22	16-sep-22	4542,48	168,50	24	101,85	4.609,13	24	98,45	96,66%	1560
15-sep-22	17-sep-22	4609,13	236,49	24	93,788	4.751,83	24	96,42	102,81%	1560
16-sep-22	18-sep-22	4751,83	266,58	24	124,12	4.894,29	24	78,27	63,06%	1560
17-sep-22	19-sep-22	4894,29	464,77	24	398,78	4.960,28	24	86,64	21,73%	1560
18-sep-22	20-sep-22	4960,28	260,58	24	91,515	5.129,35	24	95,13	103,95%	1560
19-sep-22	21-sep-22	5129,35	212,77	24	189,74	5.152,37	24	89,65	47,25%	1560
20-sep-22	22-sep-22	5152,37	400,21	24	91,675	5.460,91	24	54,75	59,72%	1560
21-sep-22	23-sep-22	5460,91	438,57	24	227,84	5.671,64	24	91,41	40,12%	1560
22-sep-22	24-sep-22	5671,64	485,32	24	219,74	5.937,22	24	96,78	44,04%	1560
23-sep-22	25-sep-22	5937,22	247,66	24	136,52	6.048,36	24	75,84	55,55%	1560
24-sep-22	26-sep-22	6048,36	168,50	24	215,75	6.001,11	24	75,49	34,99%	1560
25-sep-22	27-sep-22	6001,11	286,49	24	307,85	5.979,74	24	81,39	26,44%	1560
26-sep-22	28-sep-22	5979,74	338,58	24	326,84	5.991,49	24	79,45	24,31%	1560

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

27-sep-22	29-sep-22	5991,49	212,47	24	115,56	6.088,39	24	92,35	79,92%	1560
28-sep-22	30-sep-22	6088,39	370,58	24	124,12	6.334,86	24	85,78	69,11%	1560
29-sep-22	1-oct-22	6334,86	212,77	24	98,578	6.449,05	24	96,41	97,80%	1560
30-sep-22	2-oct-22	6449,05	230,21	24	91,515	6.587,74	24	87,55	95,67%	1560
1-oct-22	3-oct-22	6587,74	412,37	23	189,74	6.810,37	24	76,45	40,29%	1560
2-oct-22	4-oct-22	6810,37	495,32	23	91,675	7.214,02	24	72,37	78,94%	1560
3-oct-22	5-oct-22	7214,02	287,66	23	227,84	7.273,84	23	61,98	27,20%	1495
4-oct-22	6-oct-22	7273,84	248,50	23	219,74	7.302,60	23	59,52	27,09%	1495
5-oct-22	7-oct-22	7302,60	237,49	23	136,52	7.403,56	23	63,42	46,45%	1495
6-oct-22	8-oct-22	7403,56	330,58	23	215,75	7.518,40	23	66,55	30,85%	1495
7-oct-22	9-oct-22	7518,40	252,57	23	93,788	7.677,18	23	61,45	65,52%	1495
8-oct-22	10-oct-22	7677,18	300,58	24	193,45	7.784,31	23	64,85	33,52%	1495
9-oct-22	11-oct-22	7784,31	202,37	24	93,788	7.892,89	23	67,24	71,69%	1495
10-oct-22	12-oct-22	7892,89	330,21	24	293,78	7.929,32	24	75,45	25,68%	1560
11-oct-22	13-oct-22	7929,32	412,77	24	393,52	7.948,57	24	86,45	21,97%	1560
12-oct-22	14-oct-22	7948,57	495,32	24	315,87	8.128,02	24	87,12	27,58%	1560
13-oct-22	15-oct-22	8128,02	261,66	24	218,56	8.171,12	24	93,64	42,84%	1560
14-oct-22	16-oct-22	8171,12	148,50	24	115,16	8.204,46	24	99,45	86,36%	1560
15-oct-22	17-oct-22	8204,46	236,49	24	98,018	8.342,93	24	76,45	78,00%	1560

8.3. Diagnóstico proceso de cribado

8.3.1. Diagrama SIPOC cribado

Este diagrama SIPOC funciona para hacer una relación o trazabilidad en los procesos de cribado donde finalmente al producto se le da el tamaño requerido documentando los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes destacando los más relevantes en dicho proceso.

Tabla 9 Diagrama SIPOC proceso de criba

S	SUPPLIERS	I	INPUT	P	PROCESS	O	OUTPUT	C	CUSTOMER
PROCESO DE CRIBA									
PROVEEDORES		ENTRADA		PROCESO		SALIDA		CLIENTE	
1	Coordinador de producción	1	Orden de venta	1	Recepción material	1	Acopio de producto	1	Despacho
				2	Pesaje del material			2	Carpado
2	Calidad	2	Requerimiento de configuración de criba	3	Configuración de cribadora	2	Cargue de material	3	Centros logísticos
				4	Cambio de mallas y muestras			4	Clientes externos
3	Coquería			5	Trituración			5	Patio de acopio
				6	Clasificación			6	Puertos

8.3.4. Medición proceso de cribado

Actualmente en el proceso de cribado no existen los controles necesarios para medir el rendimiento del proceso, únicamente se cuenta con el formato denominado registro de paradas en criba donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 9 Medición Paradas de Criba

FECHA		TURNO		OPERARIOS	
29/10/2022		#1 6:00am - 2:00pm		Andrés Hernández, Jesus Guzmán Oscar Sandoval, Jose Yacobi	
INICIO PARADA	FINAL PARADA	TOTAL (MINUTOS)	TIPO DE PARADA	OBSERVACIONES	
6:00	6:15	15mts		Se hizo proporcional.	
6:15	6:30	15mts		Se para cribado para destapar mallas de zaranda #2.	
6:30	6:45	15mts		Se destapan mallas zaranda #2	
6:45	7:00	15mts		Se destapan mallas zaranda #2	
7:00	7:15	15mts		Se destapan mallas zaranda #2	
7:15	7:30	15mts		Se destapan mallas zaranda #2	
7:30	7:45	15mts		Se destapan mallas zaranda #2	
7:45	8:00	15mts		Se destapan mallas zaranda #2	
8:00	8:15	15mts		Se para cribado. para destapar mallas de zaranda #1 y #2. Se labora con la hidroc. Se hizo asco	
8:15	8:30	15mts		fin de turno.	
8:30	8:45	15mts			
8:45	9:00	15mts			
9:00	9:15	15mts			
9:15	9:30	15mts			
9:30	9:45	15mts			
9:45	10:00	15mts			
10:00	10:15	15mts			
10:15	10:30	15mts			
10:30	10:45	15mts			
10:45	11:00	15mts			
11:00	11:15	15mts			
11:15	11:30	15mts			
11:30	11:45	15mts			
11:45	12:00	15mts			
12:00	12:15	15mts			
12:15	12:30	15mts			
12:30	12:45	15mts			
12:45	13:00	15mts			
13:00	13:15	15mts			
13:15	13:30	15mts			
13:30	13:45	15mts			
13:45	14:00	15mts			
14:00	14:15	15mts			
14:15	14:30	15mts			
14:30	14:45	15mts			
14:45	15:00	15mts			
15:00	15:15	15mts			
15:15	15:30	15mts			
15:30	15:45	15mts			
15:45	16:00	15mts			
16:00	16:15	15mts			
16:15	16:30	15mts			
16:30	16:45	15mts			
16:45	17:00	15mts			
17:00	17:15	15mts			
17:15	17:30	15mts			
17:30	17:45	15mts			
17:45	18:00	15mts			
18:00	18:15	15mts			
18:15	18:30	15mts			
18:30	18:45	15mts			
18:45	19:00	15mts			
19:00	19:15	15mts			
19:15	19:30	15mts			
19:30	19:45	15mts			
19:45	20:00	15mts			
20:00	20:15	15mts			
20:15	20:30	15mts			
20:30	20:45	15mts			
20:45	21:00	15mts			
21:00	21:15	15mts			
21:15	21:30	15mts			
21:30	21:45	15mts			
21:45	22:00	15mts			
22:00	22:15	15mts			
22:15	22:30	15mts			
22:30	22:45	15mts			
22:45	23:00	15mts			
23:00	23:15	15mts			
23:15	23:30	15mts			
23:30	23:45	15mts			
23:45	24:00	15mts			

9. Segunda etapa: Desarrollo

Formulas:

PORMEDIO O MEDIA

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Donde:

$\bar{X}$ = Media

X_n = Muestras

N = Número total de muestras

DESVIACION ESTANDAR

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad \text{o} \quad S \cong \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde:

S = Desviación estándar

X_i = Muestra

$\bar{X}$ = Media

$n - 1$ = Número de muestras menos 1

$\bar{R}$ = Rango promedio

d_2 = Se obtiene de la tabla de constantes gráficos de control

LIMITE CONTROL SUPERIOR - PROMEDIO (LCS)

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$ = Promedio del promedio

A_2 = Se obtiene de la tabla de constantes gráficos de control

$\bar{R}$ = Rango promedio

LIMITE CONTROL INFERIOR - PROMEDIO (LCI)

$$LCS = \bar{\bar{X}} - A2 * \bar{R}$$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$ = Promedio del promedio

A2 = Se obtiene de la tabla de constantes gráficos de control

$\bar{R}$ = Rango promedio

LIMITE CONTROL SUPERIOR – RANGO

$$LCSR = D4 * \bar{R}$$

Donde:

D4 = Se obtiene de la tabla de constantes gráficos de control

$\bar{R}$ = Rango promedio

LIMITE CONTROL INFERIOR – RANGO

$$LCIR = D3 * \bar{R}$$

Donde:

D3 = Se obtiene de la tabla de constantes gráficos de control

$\bar{R}$ = Rango promedio

TASA DE HABILIDAD DE UN PROCESO (CP)

$$CP = \frac{LCS - LCI}{6 * S}$$

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Donde:

LCS = Limite control superior

LCI = Limite control inferior

S = Desviación estándar

INDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO (CPK)

- CPI

$$CPI = \frac{\bar{\bar{X}} - LCI}{3 * S}$$

- CPS

$$CPS = \frac{LCS - \bar{\bar{X}}}{3 * S}$$

EL CPK VA A HACER IGUAL AL VALOR MINIMO ENTRE CPI Y CPS.

$$CPK = VALOR MINIMO$$

Figura 10 *Constantes para gráficos de control*

n	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1.880	0	3.268	1.128
3	1.023	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078

Figura 11 *Capacidad de proceso*

C_p	Categoría proceso	Descripción proceso
$C_p \geq 2$	World Class	Seis Sigma
$1,33 \leq C_p < 2$	1	Adecuado
$1 \leq C_p < 1,33$	2	Requiere control estricto
$0,67 \leq C_p < 1$	3	Requiere modificaciones serias
$C_p < 0,67$	4	No adecuado

Tabla 10 *Tiempos de inoperatividad proceso de molienda*

CARBOMAZ S.A.S.														
TIEMPOS DE INOPERATIVIDAD DEL PROCESO DE MOLIENDA														
PLANTA INDUMAX														
GRUPO	OBSERVACIONES						DATOS DE MEDIA				DATOS DE RANGO			
	1	2	3	4	5	6	PROM	LC PROM	LCS	LCI	R	LCR	LCS	LCI
1	120	135	140	115	48	60	103	149	261	36	92	234	468	0
2	140	410	100	150	415	80	216	149	261	36	335	234	468	0
3	100	140	60	138	60	88	98	149	261	36	80	234	468	0
4	60	115	48	120	165	165	112	149	261	36	117	234	468	0
5	48	112	50	140	140	140	105	149	261	36	92	234	468	0
6	50	365	140	112	60	230	160	149	261	36	315	234	468	0
7	140	140	120	60	150	240	142	149	261	36	180	234	468	0
8	135	100	240	48	112	325	160	149	261	36	277	234	468	0
9	140	60	145	168	120	385	170	149	261	36	325	234	468	0
10	115	48	60	140	140	600	184	149	261	36	552	234	468	0
11	150	415	80	48	112	50	143	149	261	36	367	234	468	0
12	138	60	88	50	365	140	140	149	261	36	315	234	468	0
13	120	165	165	140	140	120	142	149	261	36	45	234	468	0
14	140	140	140	135	100	240	149	149	261	36	140	234	468	0
15	112	60	230	140	60	145	125	149	261	36	170	234	468	0
16	60	150	240	115	48	60	112	149	261	36	192	234	468	0
17	48	112	325	150	415	80	188	149	261	36	367	234	468	0
18	168	120	385	138	60	88	160	149	261	36	325	234	468	0
19	140	140	600	120	165	165	222	149	261	36	480	234	468	0
20	135	100	75	140	48	80	96	149	261	36	92	234	468	0
21	160	60	190	150	50	132	124	149	261	36	140	234	468	0
22	140	48	80	220	332	60	147	149	261	36	284	234	468	0
23	150	50	132	120	135	135	120	149	261	36	100	234	468	0
24	220	332	60	220	121	140	182	149	261	36	272	234	468	0
25	120	135	135	100	140	115	124	149	261	36	40	234	468	0
26	220	121	140	120	165	165	155	149	261	36	100	234	468	0
27	100	140	115	140	140	140	129	149	261	36	40	234	468	0
28	60	150	150	112	60	230	127	149	261	36	170	234	468	0
29	212	118	507	60	150	240	215	149	261	36	447	234	468	0
30	50	120	603	48	112	325	210	149	113	36	555	234	468	0

Figura 12 *Gráficos tiempos de inoperatividad del molino*

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

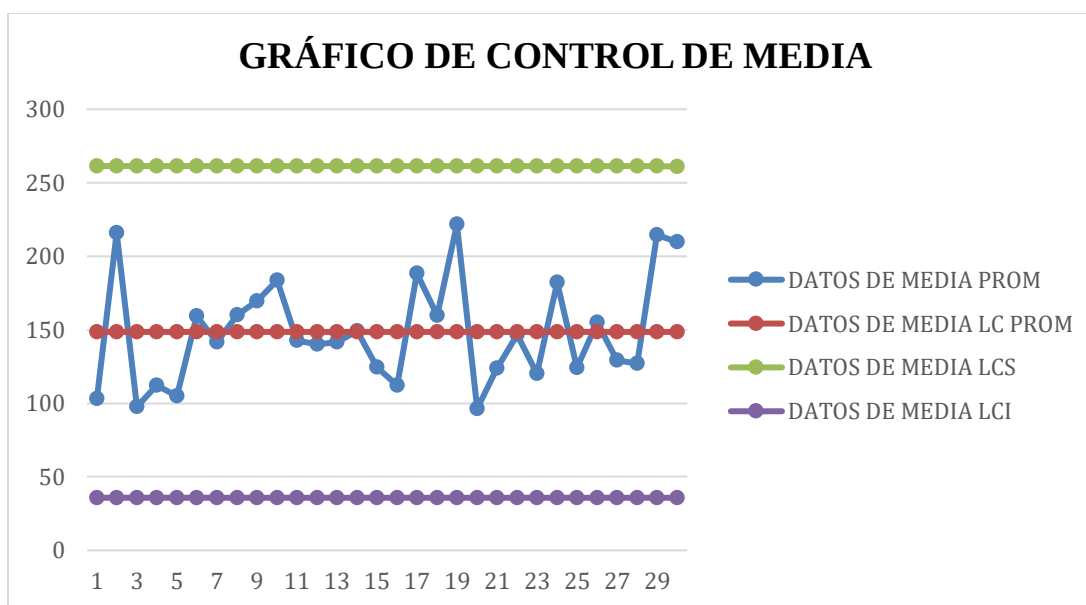
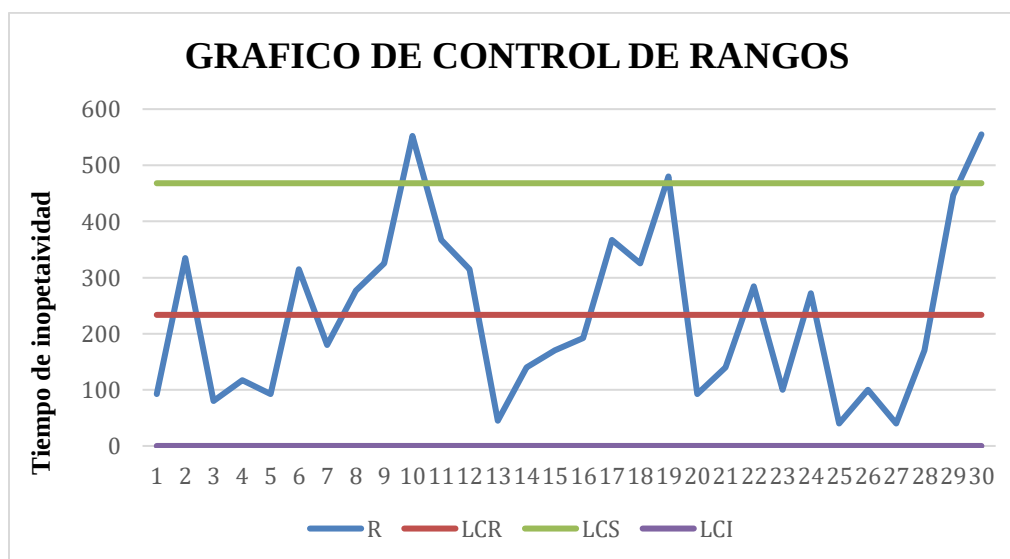


Figura 13 *Gráfico de rangos*



1440 min → 400 toneladas

149 min → x

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Al analizar los datos obtenidos se evidencia que en promedio el tiempo de inoperatividad del molino de carbón es de dos horas. Por ende, si en 24 horas de operatividad del molino se procesan 400 toneladas de carbón en 149 minutos se están dejando de procesar aproximadamente 43 toneladas de mezcla, lo cual refleja pérdidas económicas significativas en mano de obra y bajos niveles de producción y la principal causa de parada del molino es la inexperticia del trabajador que opera el molino, mayores tiempos de ocio por poca supervisión, fallas en los molinos por falta de preoperacionales.

9. Medición y análisis proceso de coquización

Tabla 11 *Rendimiento Proceso de Coquización*

	CARBOMAZ S.A.S.
	PORCENAJE DE RENDIMIENTO PROCESO DE COQUIZACIÓN
	PLANTA INDUMAX

GRUPO	OBSERVACIONES						DATOS DE MEDIA				DATOS DE RANGO			
	1	2	3	4	5	6	PROM	LC PROM	LCS	LCI	R	LCR	LCS	LCI
1	62%	27%	60%	59%	82%	56%	58	50	77	23	55	56	112	0
2	57%	19%	58%	105%	29%	35%	51	50	77	23	86	56	112	0
3	59%	25%	64%	32%	26%	26%	39	50	77	23	39	56	112	0
4	59%	82%	66%	63%	31%	24%	54	50	77	23	57	56	112	0
5	105%	29%	61%	27%	27%	80%	55	50	77	23	79	56	112	0
6	32%	26%	64%	31%	49%	69%	45	50	77	23	43	56	112	0
7	63%	31%	59%	42%	56%	98%	58	50	77	23	67	56	112	0
8	27%	27%	59%	31%	47%	96%	48	50	77	23	69	56	112	0
9	31%	49%	32%	31%	33%	40%	36	50	77	23	18	56	112	0
10	42%	56%	63%	31%	66%	79%	56	50	77	23	48	56	112	0
11	31%	47%	27%	27%	67%	27%	38	50	77	23	40	56	112	0
12	31%	33%	31%	49%	45%	27%	36	50	77	23	22	56	112	0
13	14%	89%	31%	33%	48%	46%	44	50	77	23	75	56	112	0
14	26%	66%	14%	89%	66%	31%	49	50	77	23	75	56	112	0
15	58%	48%	26%	66%	60%	66%	54	50	77	23	39	56	112	0
16	23%	68%	58%	48%	62%	34%	49	50	77	23	44	56	112	0
17	27%	97%	23%	68%	65%	72%	59	50	77	23	73	56	112	0
18	20%	103%	27%	97%	59%	26%	55	50	77	23	83	56	112	0
19	19%	63%	20%	103%	64%	22%	48	50	77	23	83	56	112	0
20	26%	22%	19%	63%	62%	28%	37	50	77	23	44	56	112	0
21	26%	104%	26%	22%	62%	43%	47	50	77	23	82	56	112	0
22	16%	47%	47%	27%	69%	86%	49	50	77	23	70	56	112	0
23	59%	60%	33%	31%	49%	78%	52	50	77	23	47	56	112	0
24	58%	40%	89%	31%	33%	45%	49	50	77	23	58	56	112	0
25	21%	44%	66%	14%	89%	78%	52	50	77	23	75	56	112	0
26	57%	26%	48%	26%	66%	72%	49	50	77	23	46	56	112	0
27	38%	61%	61%	49%	48%	60%	53	50	77	23	23	56	112	0
28	25%	59%	56%	69%	62%	61%	55	50	77	23	44	56	112	0
29	81%	63%	50%	68%	67%	57%	64	50	77	23	31	56	112	0
30	25%	45%	60%	67%	82%	49%	55	50	77	23	57	56	112	0

Figura 14 *Gráfico de rendimiento*

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

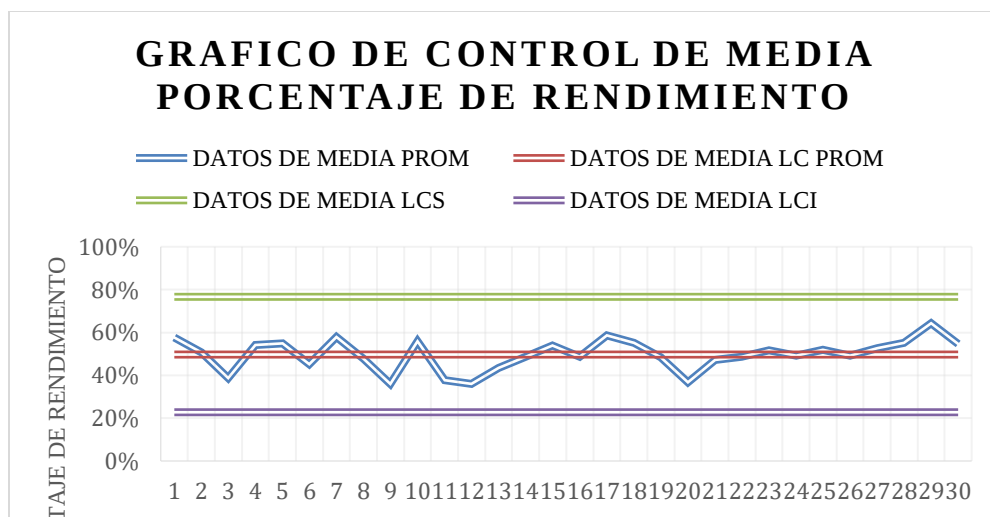
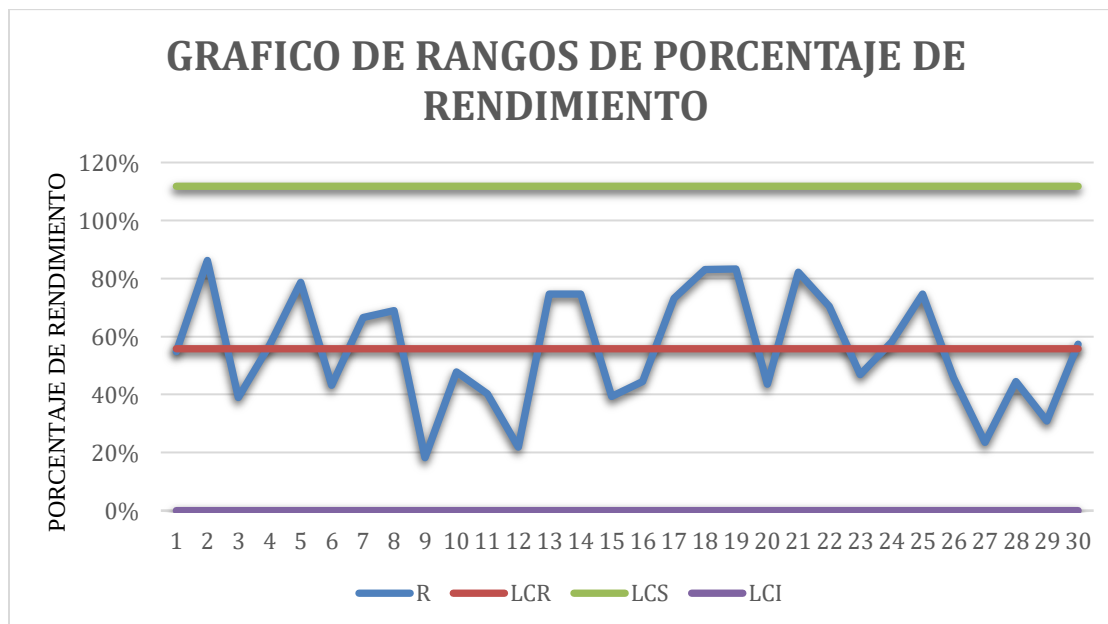


Figura 15 Gráfico de rangos de rendimiento



9.1.Rendimiento Global

Una vez obtenido los porcentajes diarios de rendimiento de coque se obtuvo el porcentaje global el cual corresponde a un 47.3% (bajo) por ende es importante implementar controles que aumenten los niveles de productividad tanto de los colaboradores como del ciclo de coquización.

Ecuación porcentaje del rendimiento global:

$$PRG = \frac{\sum_{i=1}^n RC_i}{n}$$

Donde:

PRG = porcentaje del rendimiento global

RC = rendimiento carbón-coque

n = número de muestras

Porcentaje global de redimiento	47,3%
Porcentaje mínimo de rendimiento esperado	62%

Analizando los datos obtenidos se evidencio que el bajo rendimiento tiene múltiples causales como lo son:

- Errores en los registros de báscula, el operador de báscula no verifica que la materia prima (carbón) recepcionado corresponda con la pila asociada en el formato de remisión, por ende, el material es descargado erróneamente y al momento de realizar la mezcla para continuar con el proceso de coquización se evidencia la mala calidad del producto y los bajos rendimientos.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

- Así mismo, se ha aumentado los errores manuales al momento de ingresos en el sistema.
- El acopio para las muestras no cumple con las especificaciones de calidad, las cuales indican que no deben ubicarse directamente en el suelo debido a que esto puede afectar su composición y aumentar los porcentajes de humedad, en indagación con los supervisores de patio para zona 4, se pudo conocer la existencia de un proyecto de adecuación de caseta, el cual se estimó iniciar a mitad del año y que hasta la fecha de la visita no se ha realizado.
- En dialogo con el personal operativo de la planta, manifestaron inconformidad por las herramientas de muestreo con las que actualmente se realiza esta actividad, debido a que estas suelen doblarse en la punta y en la parte trasera, Coordinadora de producción afirmó que ya se venía adelantando en el modelo de una nueva herramienta.
- Se realizó el recorrido por las diferentes zonas de coquización con las que cuenta la planta analizando cada una de las baterías y cada una de las fases del proceso, recepción de mezcla en tolva, cargue de material en vagoneta, llenado y emparejado de horno, instalación y sellado de puerta, apagado, extracción, acopio y despacho y mantenimiento de zonas de operación; observando:
 1. Se pudo conocer que las básculas utilizadas en zona 1 para el control de peso en las vagonetas se encuentran en mantenimiento.

2. Actualmente se están adelantando trabajos de reparación para los hornos de acuerdo con la priorización establecida por el coordinador de coquería, sin embargo, no se encuentra actualizado el cuadro de seguimiento diario para mantenimiento hornos (semáforo) y no se pudo evidenciar la existencia de un plan de actividades para estos.
3. En dialogo con supervisores de coquería y horneros, es evidente la inconformidad con el trabajo realizado por el personal ingresado de la escuela en temas como: emparejado del horno y extracción del horno, debido a que al realizar las actividades no son conscientes de la afectación que puede ocasionar el incumplimiento a los procesos.

11. Medición y análisis proceso de cribado

Se hizo una revisión en el proceso de cribado, específicamente en el preoperacional de ajuste de las mallas, apreciando que el operador solo toma un tiempo de 15 minutos para la medición de la malla, junto con los demás pasos a realizarse, donde se calcula un tiempo mayor al tiempo empleado en los preoperacionales, para lograr una calidad de producto con las especificaciones pactadas con los clientes.

Figura 16 *Formato Selección de producto y mallas cribado*

SELECCIÓN DE PRODUCTO																					
CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS																					
1. Configuración de Molino																					
Abertura (mm)										Tipo Hovedad		Última Hovedad		Fecha							
Izquierda Centro Derecha										Relleno de Masas con Dobladura		Marque X									
Molino Principal										Cambio de Masa											
Molino Secundario																					
2. Configuración de Zaranda																					
ZARANDA PRINCIPAL - TENDIDO 1						ZARANDA PRINCIPAL - TENDIDO 2						ZARANDA PRINCIPAL - TENDIDO 3						ZARANDA SECUNDARIA - TENDIDO 1		FECHA ULTIMO CAMBIO	
MALLA 1		MALLA 2		MALLA 3		MALLA 1		MALLA 2		MALLA 3		MALLA 1		MALLA 2		MALLA 3		MALLA 1		Z1 - TENDIDO 1	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
32.16	32.25	32.66	32.71	31.02	30.58							32.70	32.50	32.96	32.51	32.98	32.51			MALLA 1	
32.18	32.60	31.61	34.50	30.54	29.72							32.72	32.74	32.30	32.53	32.50	32.64			MALLA 2	
31.04	31.36	31.60	31.40	30.36	29.44							32.57	32.05	32.35	32.81	32.00	32.96			MALLA 3	
32.33	32.55	32.04	32.31	30.57	30.01							32.35	32.01	32.73	32.18	32.15	32.05			Z1 - TENDIDO 2	
33.75	31.50	32.26	30.88	29.40	30.71							32.00	32.05	32.57	32.63	32.16	32.11			MALLA 1	
33.60	32.40	33.31	29.56	30.52	30.78							32.97	32.82	32.67	32.61	32.05	32.80			MALLA 2	
33.43	33.10	32.67	32.18	30.54	30.44							32.59	32.99	32.93	32.56	32.40	32.70			MALLA 3	
33.70	31.54	31.78	32.30	31.12	31.05							32.66	32.65	32.54	32.50	32.36	32.55			Z1 - TENDIDO 3	
31.50	31.57	33.00	31.19	30.01	29.75							32.30	32.90	32.60	32.70	32.59	32.77			MALLA 1	
32.95	32.44	32.22	32.56	29.88	30.18							32.88	32.62	32.05	32.18	32.77	32.57			MALLA 2	
32.67																				MALLA 3	
Peso (gms)																				Z2 - TENDIDO 1	
Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		Medida promedio de Malla (mm)		MALLA 1 MALLA 2 MALLA 3	
32.66																					
GRANULOMETRÍA															1		2				
Peso Total de la Muestra																					
Selección de Producto																					
Turno																					
Fecha																					

Nota: Esta Figura muestra el formato diligenciado en la medición de las mallas dentro de las zarandas.

Cada zaranda cuenta con 3 malla, por cada malla se toma una división en el centro a la cual se le tomarán las medidas, y estas son 10 datos tomados en el eje X y eje Y, para que estos datos sean tomados correctamente y se obtenga una calidad de producto correspondiente a la medida, en este caso 10*30, es necesario invertir más tiempo, para lograr la calidad pactada con los clientes.

Tabla 12 Datos tomados para cada malla

ZARANDA PRINCIPAL

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

MALLA 1		MALLA 2		MALLA 3	
X	Y	X	Y	X	Y
32,16	30,75	32,66	32,71	31,02	30,58
32,18	32,6	31,61	30,5	30,84	29,72
31,04	31,36	31,6	31,4	30,56	29,46
32,33	33,55	32,04	32,31	30,57	30,01
33,78	31,5	32,26	30,82	29,4	30,71
33,6	32,4	33,31	29,56	30,52	30,78
33,43	33,1	32,67	32,18	30,54	30,44
33,7	31,84	31,78	32,3	31,12	31,05
31,5	31,87	33	31,29	30,01	29,75
32,97	32,44	32,22	32,56	29,58	30,18
32,669	32,141	32,315	31,563	30,416	30,268

Tabla 13 *Resultados capacidad del proceso*

MALLA 1		MALLA 2		MALLA 3	
PROM X	PROM Y	PROM X	PROM Y	PROM X	PROM Y
32,669	32,141	32,315	31,563	30,416	30,268
DESVIACION ESTANDAR (σ)					
0,9699	0,8427	0,5856	1,0321	0,5780	0,5262
LCS					
34	34	34	33	32	32
LCI					
31	29	30	29	28	28
CP					
0,5155	0,9888	1,1384	0,6459	1,1534	1,2670
CPI					
0,5736	1,2424	1,3177	0,8278	1,3933	1,4368

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

CPS					
0,4574	0,7353	0,9591	0,4641	0,9135	1,0972
CPK					
0,4574	0,7353	0,9591	0,4641	0,9135	1,0972

Con los resultados obtenidos del Cp para las mallas, podemos observar que algunos ejes están por debajo de 1 lo cual significa que no son adecuadas para el trabajo.

Tabla 14 *Margen de error*

Producto 10*30				
	Valor real	Malla 1	Malla 2	Malla 3
X	32	32,669	32,315	30,416
Y	29	32,141	31,563	30,268
Error X		2%	1%	5%
Error Y		11%	9%	4%

$$\%error = \left| \frac{\text{valor medido} - \text{valor real}}{\text{valor real}} \right| \times 100\%$$

Podemos ver que este porcentaje de error afectará a la calidad con la cual se entregue los tamaños pedidos, en este caso producto 10*30, el cual no va a tener las medidas adecuadas y esto se atribuye a varios factores, uno de ellos el error humano, desgastes en las mallas, herramientas como el pie de rey convencional y el tiempo invertido en la toma de los datos, para esto se planteó esta solución:

- Más datos documentados por cada malla (3 por cada eje de las mallas).
- Tomar datos con un pie de rey digital, el cual va a disminuir el error humano.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

- Evitar posicionarse sobre la malla, ya que esto genera deformaciones en la malla.

11.1. Muestras de mallas actualizadas

Tabla 15 *Malla 1 Actualizada*

MALLA 1									
X			PROM	RANGO	Y			PROM	RANGO
32,1	32	32,35	32,1500	0,35	31,5	31,68	30,93	31,3700	0,75
33,16	32,45	32,24	32,6167	0,92	32,12	31,22	31,6	31,6467	0,9
32,01	32,8	32,25	32,3533	0,79	31,02	31,93	31,55	31,5000	0,91
32,1	33,3	32,05	32,4833	1,25	31,51	31,79	31,04	31,4467	0,75
32,05	32,6	32,85	32,5000	0,8	31,13	32,17	32,45	31,9167	1,04
31,98	32,75	31,89	32,2067	0,86	31,08	30,68	31,5	31,0867	0,82
32,87	31,67	32,35	32,2967	1,2	31,09	31,19	31,9	31,3933	0,81
32,17	32,92	32,65	32,5800	0,75	31,13	31,34	31,97	31,4800	0,84
32,55	32,9	33,21	32,8867	0,66	31,47	31,07	31,73	31,4233	0,66
32,65	31,77	32,97	32,4633	1,2	32,38	31,65	31,72	31,9167	0,73
PROMEDIOS			32,4537	0,878	PROMEDIOS			31,5180	0,821
DESV. ESTANDAR			0,2163		DESV. ESTANDAR			0,2525	

Tabla 16 *Constantes con n igual a tres*

A2	1,023
D3	0
D4	2,574
d2	1,693

Tabla 17 *Resultados de la toma de datos de malla 1*

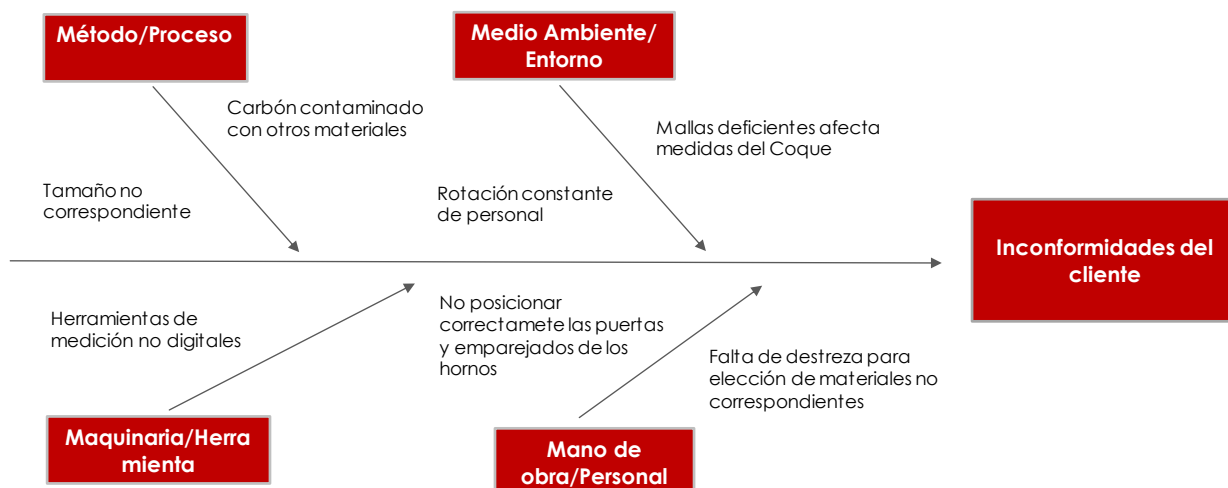
DATOS DE MEDIA	LCS	33	DATOS DE MEDIA	LCS	32
	LCI	32		LCI	31
DATOS DE RANGO	LCSR	2	DATOS DE RANGO	LCSR	2
	LCIR	0		LCIR	0
	CP	2,3116		CP	1,9803
	CPI	0,6991		CPI	0,5773
	CPS	0,8419		CPS	0,5773
	CPK	0,6991		CPK	0,5773

En las tablas anteriores obtuvimos los Cp por debajo de uno, lo cual significaba que las mallas no eran adecuadas para el proceso y con esta actualización de la tabla, podemos observar un Cp muy superior a uno lo cual, según la tabla de capacidad de proceso, equivaldría a un six sigma en el proceso.

12. Tercera etapa: Propuesta Final

12.1. Diagrama Causa y Efecto

Figura 17 *Diagrama Causa y Efecto*



Realizando una recopilación y alineación de los problemas existentes en todo el proceso de Coquización con el diagrama causa y efecto, se proponen las siguientes soluciones.

En el proceso de mejora y control se deberán crear programas de medición y análisis para los diferentes procesos, así mismo capacitar al personal y contextualizarlo con la realidad del proceso operativo por ende surge el siguiente plan que acción que ayudará con la mitigación de error y a su vez aumentará los niveles de cumplimiento de la productividad.

Si la organización desea ejecutar la implementación de la metodología six sigma (Definir – Medir- Analizar – Controlar y Mejorar) debe tomar en cuenta las acciones propuestas en el siguiente plan de acción para cada una de las áreas y así no solo asegurar mayor nivel de rendimiento productivo sino tener un crecimiento integral garantizando un servicio y un producto de calidad a los clientes proporcionando a la empresa un valor agregado que marque la diferente ante las diferentes empresas coquizadoras de la región.

El Gerente industrial, los jefes de planta, administrativos y coordinadores de producción en apoyo conjunto a la autora del presente proyecto y con la integración de todos los colaboradores serán la primera línea encargada de analizar las estrategias que permitan el mejoramiento continuo.

12.1. Plan de acción propuesta molienda

- Realizar correctamente los preoperacionales evitando los tiempos de inoperatividad del molino.
- Gestionar la creación y conservación de los canales de desagüe (cunetas) y jarillones para cada uno de los patios de acopio donde se tiene material.
- Analizar la viabilidad de adquirir nuevas herramientas para el muestreo de material, las cuales cumplan con las características requeridas para realizar esta actividad adecuadamente.
- Adecuar oportunamente el estado de la tolva de mezcla en zona 1, reduciendo la pérdida de material.
- Corregir al finalizar la jornada laboral el estado de las pilas que representen un peligro latente para el personal y la maquinaria.
- Establecer con el proceso de proyectos e ingeniería las fechas de inicio y finalización para la construcción de las casetas en los patios de acopio.
- Analizar la viabilidad de incluir nuevos reflectores en el patio de carbones para zona 4 y zona 2, los cuales ayuden al mejoramiento de la iluminación y el desarrollo de la operación.
- Coordinar con Cadena de Compras y suministros la adquisición de lonas plásticas que cumplan con las características requeridas para la operación, una vez agotadas las existencias en el almacén teniendo en cuenta el indicador de máximos y mínimos.
- Solicitar al proceso de Calidad que toda devolución de muestras se clasifique según su calidad para posteriormente ser ubicada en su respectiva pila.

12.2. Plan de acción proceso de coquización

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

- Volver operativas las básculas de control en zona 1, con el fin de implementar controles con valores más cercanos a la realidad.
- Actualizar oportunamente los cuadros de seguimiento dispuestos para el control de reparaciones de hornos, elaborando un plan de mantenimiento que garantice las adecuaciones necesarias de forma priorizada.
- Garantizar el adecuado estado de los equipos de molino, con el fin de evitar posibles paradas.
- Adecuar oportunamente el nivel del suelo, garantizando que el desarrollo de la operación se realice de manera adecuada por parte de los horneros.
- Analizar la viabilidad de instalar reflectores en las zonas de llenado, con el fin de mejorar la visibilidad del personal que allí se encuentra y disminuir el riesgo de accidentes o incidentes.
- Con el apoyo de bienestar y formación programar acompañamientos al proceso de deshorne del personal de la escuela de horneros, aclarando inquietudes e insistiendo en los temas de seguridad, calidad y buenas prácticas en las tareas de llenado, emparejado, apagado, deshorne y limpieza del puesto de trabajo.

12.3. Plan de acción proceso de cribado

Como parte del plan de acción se construye el formato de seguimiento y control de proceso de cribado el cual busca poder determinar los tiempos operativos de cribado y a su vez determinar

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

diariamente las condiciones en las que se encuentran las mallas, zarandas y demás maquinaria requerida en el proceso.

 FORMATO CONTROL DE PROCESO DE CRIBADO															
INFORMACIÓN GENERAL															
Centro de operación	Fecha		OD / WS / A.A.A.A.		Turno	Hora Ingreso		Hora Salida							
Operadores de criba					Supervisor de despacho					Viajes de Finos					
										Viajes de 5"15					
SELECCIÓN DE PRODUCTO															
30x10mm	20x10mm	10x30mm	10x25mm	5x10mm	Finos	Otro:									
CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS															
1. Configuración de Molino															
		Abertura (mm)						Última Novedad							
		Izquierda		Centro		Derecha		Tipo Novedad		Marque X		Fecha			
Molino Principal								Rebbero de Masas con Soldadura							
Molino Secundario								Cambio de Masas							
2. Configuración de Zaranda															
ZARANDA PRINCIPAL				ZARANDA PRINCIPAL				ZARANDA PRINCIPAL				ZARANDA SECUNDARIA - TENDIDO 1		FECHA ULTIMO CAMBIO	
MALLA		MALLA		MALLA		MALLA		MALLA		MALLA		MALLA			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	21 - TENDIDO 1	
1														MALLA 1	
2														MALLA 2	
3														MALLA 3	
4														21 - TENDIDO 2	
5														MALLA 1	
6														MALLA 2	
7														MALLA 3	
8														21 - TENDIDO 3	
9														MALLA 1	
10														MALLA 2	
Total peso														MALLA 3	
Peso (g)														22 - TENDIDO 1	
Malla promedio de Malla (g)														MALLA 1	MALLA 2
Malla promedio de Malla (g)														MALLA 3	
GRANULOMETRÍA															
Turno	Fecha		OD / WS / A.A.A.A.		Peso Total de la Muestra		1	2							
Selección de Producto															
MUESTRA 1				MUESTRA 2											
20mm x 60mm	20mm x 60mm				20mm x 60mm	20mm x 60mm									
25mm x 30mm	25mm x 30mm				25mm x 30mm	25mm x 30mm									
10mm x 30mm	10mm x 30mm				10mm x 30mm	10mm x 30mm									
20mm x 60mm	Otro:				20mm x 60mm	Otro:									
MUESTRA 1															
Número de Malla	Retenido (g)		Retenido (g)												
30															
25															
20															
15															
10															
Fondo															
Total															
MUESTRA 2															
Número de Malla	Retenido (g)		Retenido (g)												
60															
50															
40															
30															
20															
10															
FONDO															
TOTAL															
ESTÉRIL ☐ kg															

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

13. Plan de trabajo

CARBOMAZ S.A.S.			
PLAN DE TRABAJO			
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN SIX SIGMA			
PRESENTACIÓN			
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	OBJETIVO	ESTRATEGIA
Presentación y sustentación del proyecto a la Gerencia	Jefes de planta de producción	Aprobar el proyecto	Reunión para revisión del proyecto y recolección de sugerencias e ideas
Presentación del proyecto	Gerencia Industrial	Establecer roles y responsabilidades de cada trabajador para su ejecución.	Reunión y comunicación con las áreas involucradas.
Reunión de la Gerencia con las áreas involucradas	Gerencia Industrial	Establecer los objetivos del modelo y las responsabilidades de cada actor dentro de los procesos	Difusión a todo el personal mediante correos electrónicos, paneles informativos y charlas.
PLANIFICACIÓN			
Gestión del plan de implementación del modelo six sigma	Gerencia Industrial	Asignar los recursos tanto económicos como humanos para la implementación del modelo	Identificar los niveles de productividad actuales
Establecimiento y gestión de los recursos humanos.	gestión humana, clima organización, gerencia industrial	Asignar roles, responsabilidades	Dar a conocer el descriptivo del cargo, sus responsabilidades y procedimientos internos
Provisión de recursos físicos y acondicionamiento de infraestructura	Gerencia Industrial	Proporcionar los recursos necesarios para el mantenimiento de maquinaria y capacitación al personal	Inspección, mantenimiento de equipos industriales
CAPACITACIÓN			
Construcción de planes de capacitación	Gerencia Industrial y Gestión Humana	Identificar y facilitar los recursos necesarios para realizar la capacitación.	Registro de los materiales, herramientas y ambientes de trabajo necesarios.
Ejecución de capacitaciones	Gerencia Industrial y Gestión Humana	Brindar las herramientas necesarias al personal para el correcto desarrollo de los procesos y optimización de tiempos	Socialización de procedimientos, políticas por el área encargada
Evaluación	Gerencia Industrial y Gestión Humana	Constatar el aprendizaje obtenido durante la capacitación	Implementar indicadores de gestión
IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA			
Ejecución del modelo	Gerencia Industrial y Gestión Humana	Cumplir a cabalidad los procesos establecidos	Garantizar que los equipos, herramientas e insumos necesarios se encuentren en óptimas condiciones
	Gerencia Industrial y Gestión Humana		

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

Seguimiento a la implementación del modelo	Gerencia Industrial y Gestión Humana	Garantizar el correcto desarrollo del proceso	Supervisar los métodos y tiempos implementados en el desarrollo del proceso
VERIFICACIÓN DEL SIX SIGMA			
Seguimiento y controles internos (auditorías)	Jefes de planta de producción y Gerencia Industrial	Identificar oportunidades de mejora	Seguimiento a las acciones correctivas
Recolección de información	Coordinadores y administradores de planta	Asegurar el cumplimiento del modelo six sigma	Recopilación y análisis de información

14. Conclusiones

- De todo lo anterior se deduce que es necesario implementar una mejora en la parte de Coquización que supervise los resultados en la fase final de los procesos, para hacer la entrega de productos de excelente calidad y a su vez la empresa no tenga pérdidas significativas con la mala ejecución de los procesos.
- Tal y como hemos podido comprobar en la tabla de cribado a la hora de adquirir o tomar los datos, se evidencio un problema en cuanto a las mallas que para la empresa es una pérdida y a su vez a los clientes no se le entregaba el producto adecuado, esto se debía a que teníamos el margen de error humano y un margen de error en la toma de datos, gracias al método de six sigma pudimos llegar a esta conclusión y plantear una posible solución, como lo apreciamos en la tabla de muestra actualizada.
- Se identifican oportunidades de mejora en el proceso productivo de transformación de carbón a coque, ya que en los procesos que intervienen no se están realizando los preoperacionales correctamente, ni se usan las herramientas correctas para mediciones.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

15. Recomendaciones

Se hace la recomendación de adquirir y actualizar, algunos equipos para la mejora en la proceso de producción, que con los análisis y datos, se evidencia que son afectados debido a la falta de estas herramientas y a la falta de actualización, todo esto con el fin de mejorar tiempos de producción y aprovechar al máximo toda la materia prima que aplica en estos procesos.

Se sugiere a la empresa actualizar el banco de capacitaciones, realizar rutas de aprendizajes a los nuevos integrantes de los proyectos, para generar conocimiento y conciencia a la hora del manejo, y de los preoperacionales de cada uno de los procesos y maquinarias de las cuales hace parte el proceso de coquización, y así obtener mejores resultados.

16. Referencias bibliográficas

- Ali, G., & Midelton, E. (2011). *Six sigma como herramienta para la mejora de la calidad*.
- Avello, R. (2018). Las fuentes de información y su evaluación.
- Bernal, C. (2006). Muestra. *Metodología de Investigación*. Obtenido de <https://www.revista.unam.mx/vol.11/num11/art107/art107.pdf>
- Consejo privado de competitividad. (2020). *Informe nacional de competitividad*. Obtenido de https://compite.com.co/wp-content/uploads/2020/11/web-CPC_INC_2020_2021_LIBRO_DIGITAL_PAGINAS.pdf
- Eckes, G. (2004). *Six sigma for everyone*. Norma. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512005000100014
- Garcia, M. (2019). Herramientas de lean six sigma. pág. 90. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47599/HernandezMartinezCuauhtemoc.pdf?sequence=1>
- Garcia, M., & Quispe, C. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. 6. doi:089–094. <https://doi.org/10.15381/idata.v6i1.5992>
- Hernandez, R. (2014). *Enfoque cuantitativo*.
- Hernandez, S. (2008). *las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas*. mexico: mc graw hill.
- Joaquin, M. (2007). *Metodologías avanzadas para la planificación y mejora*. españa: diaz santos.
- Joaquin, M. (2007). *Metodologías Avanzadas para la planificación y mejora* . españa: Diaz santos.
- Luna, J. (2016). *sistema de producción y operaciones para homogenización y trituración de carbón*.
- Membrado, M. (2007). *Metodologías avanzadas para la planificación y mejora*. Madrid: Diaz de santos.
- Nieto, E. (2018). *Investigación descriptiva*.
- Rio, J., & Santisteban, D. (2011). Perspectiva del Aprendizaje organizacional. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1513/151322415008.pdf>
- Tamayo, R. (2012). Conjunto de población.
- Tamayo, R. (2016). Operaciones para investigar la distribución d el apoblación. Obtenido de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/poblacion-y-muestra-tamayo-y-tamayo.html>
- Zare, Y. (2011). *Metodología, Herramienta y su futuro*. Yazd University. doi:10.1108/01445151111104209

17. Anexos

17.1. Anexo 1 Formato de tiempos operativos de molino.

REGISTRO TIEMPOS OPERATIVOS MOLINOS DE CARBON						
FECHA			ALMACEN		OPERADORES	
TURNO						
REPORTE DE TIEMPOS NO OPERATIVOS MOLINO						
CAUSA	FINAL PARADA (HORA)	TOTAL (MINUTOS)	INICIO PARADA (HORA)	OBSERVACIONES		
REPORTE TIEMPOS DE MOLINEDA						
# TOLVA	NIVEL DE CARGA INICIAL TURNO	INICIO MOLINEDA (HORA)	FINAL MOLINEDA (HORA)	TOTAL (MINUTOS)	NIVEL CARGA FINAL TURNO	OBSERVACIONES
DILIGENCIADO POR:			DILIGENCIADO POR:		REVISADO Y APROBADO	

CENTRO DE OPERACIÓN

INDUMAX

ZONA

TIPO DE

REACTIVE

METALURGO

9

[illegible]

17.3. Anexo 3 Formato de proceso de control de cribado y registro de paradas en cribas.

FORMATO CONTROL DE PROCESO DE CRIBADO																	
INFORMACIÓN GENERAL																	
Centro de operación		Fecha		DD / MM / AAAA		Turno	Hora Ingreso						Hora Salida				
Operadores de criba						Supervisor de despacho					Viajes de finos						
											Viajes de S'15						
SELECCIÓN DE PRODUCTO																	
30x10mm	20x10mm	10x10mm	10X25mm			5X15mm	Finos				Otro:						
CONFIGURACIÓN DE EQUIPO 5																	
1. Configuración de Molino																	
Molino Principal		Abertura (mm)				Tipo Novedad				Última Novedad							
		Izquierda	Centro		Derecha		Refraseo de Masas con Soldadura				Marque X		Fecha				
Molino Secundario						Cambio de Masa s											
2. Configuración de Zaranda																	
ZARANDA PRINCIPAL - TENDIDO 1						ZARANDA PRINCIPAL - TENDIDO 2						ZARANDA PRINCIPAL - TENDIDO 3				ZARANDA SECUNDARIA - TENDIDO 1	FECHA ÚLTIMO CAMBIO
MALLA 1	MALLA 2	MALLA 3		MALLA 1	MALLA 2	MALLA 3		MALLA 1	MALLA 2	MALLA 3		MALLA 1					
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	Z1 - TENDIDO 1	
1																NALLA 1	
2																NALLA 2	
3																NALLA 3	
4																Z1 - TENDIDO 2	
5																NALLA 1	
6																NALLA 2	
7																NALLA 3	
8																Z1 - TENDIDO 3	
9																NALLA 1	
10																NALLA 2	
Falta (peso)																NALLA 3	
Peso (peso)																Z2 - TENDIDO 1	
Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	Medida promedio de Malla (peso)	NALLA 1	NALLA 2	NALLA 3
GRAN ULOMETRÍA																	
Turno		Fecha		DD / MM / AAAA		Peso Total de la Muestra				1			2				
Selección de Producto																	
MUESTRA 1						MUESTRA 2						ESTÉRIL kg					
20mm x 60mm		20mm x 60mm				20mm x 60mm		20mm x 60mm									
25mm x 30mm		25mm x 30mm				25mm x 30mm		25mm x 30mm									
10mm x 30mm		10mm x 30mm				10mm x 30mm		10mm x 30mm									
20mm x 60mm		Otro:				Otro:		Otro:									
MUESTRA 1						MUESTRA 2											
Número de Malla		Retenido (g)		Retenido (g)		Número de Malla		Retenido (g)		Retenido (g)							
30						60											
25						30											
20						40											
15						30											
10						20											
Fondo						FONDO											
Total						TOTAL											

17.4. Anexo 4 Procedimiento Molienda

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

	CONTROL INTERNO		FO-PRC-7.1	V-2
	PROCEDIMIENTO MOLIENDA		Fecha E	09 04 2022
			Página 1 de 12	

RESPONSABLE	
Coordinador de producción	
OBJETIVO	
La presente política define el alcance, los criterios y las pautas para tener en cuenta en cada uno de los actores del proceso denominado "Molienda" la cual será herramienta de apoyo para el funcionamiento adecuado del mismo, logrando atender de manera eficaz las órdenes de producción remitidas por el área comercial del grupo empresarial; enfocados en el mejoramiento continuo de las diferentes operaciones por parte del talento humano, quienes son parte fundamental en cada una de sus responsabilidades, roles y actividades que se desempeñan en el proceso.	
ALCANCE	
Atender solicitudes remitidas por el área de coquería, garantizando el cumplimiento de estas en cada zona de operación, proporcionando mezcla con la granulometría y especificaciones requeridas en la orden de venta de acuerdo con el tipo de material producido (coque metalúrgico y/o coque reactivo).	
DEFINICIONES	
Alimentadores	Mecanismo utilizado para el cargue de material en banda o tolva.
Banda	Sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre los molinos y la tolva.
Coordinador de coquería	Persona a cargo del proceso, es la responsable de que todo el proceso se cumpla.
Esclusa	Compartimento que controla la salida del carbón ya sea en tolva o vagoneta.
Martillos	Parte móvil del molino para trituración de carbón y/o mezcla.
Mallas	Tamiz o filtro usado para la clasificación de materiales según su granulometría.
Molienda	Proceso en el cual se tritura la materia prima (mezcla de carbones) utilizada para la coquización.
Molino	Equipo diseñado para la trituración de materia prima.
Operador de molino	Colaborador encargado de operar las máquinas utilizadas para la molienda de la materia prima y velar por correcto desarrollo del proceso.
Preoperacional	formato para registrar las condiciones en que se encuentra una máquina, equipo y/o herramienta antes de iniciar cualquier actividad.

17.5. Anexo 5 Procedimiento Coquización

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

	CONTROL INTERNO		FO-PRC-7.1	V-2
			Fecha E	
	PROCEDIMIENTO COQUIZACIÓN		Página 1 de 24	

RESPONSABLE	
Coordinador de producción	
OBJETIVO	
Proporcionar normas, pautas y criterios que serán tenidos en cuenta en cada uno de los actores del proceso denominado "Coquería", la cual será herramienta de apoyo para el funcionamiento adecuado del mismo, logrando atender de manera eficaz las órdenes de producción remitidas por el área comercial del grupo Empresarial; Realizando la transformación de carbón coquizable (mezcla adecuada) a coque por medio del proceso de coquización de acuerdo con las especificaciones requeridas por el cliente, con los más altos estándares de calidad, durante un ciclo establecido.	
ALCANCE	
Garantizar el proceso de coquización con sus adecuados procedimientos en coordinación con supervisores y operarios de coquería (llenadores, embarradores y horneros), de acuerdo con el ciclo requerido, para obtener un coque bruto en condiciones óptima de calidad que nos permitan ser competitivos, cumpliendo con las especificaciones solicitadas por el cliente, teniendo en cuenta el mantenimiento periódico a los hornos, de manera que no afecte la producción diaria requerida en toneladas, velando por la seguridad y salud de los trabajadores y todo el grupo de interés, garantizando las condiciones para la operación segura y productiva.	
DEFINICIONES	
Carrilera	Soporte metálico sobre el cual se desplaza la vagoneta desde la tolva hacia el horno.
Ceniza	Residuo obtenido de la transformación ocurrida dentro del horno luego de haber terminado el ciclo de coquización. Está conformada por partículas de ladrillo y roca
Coque	Es un combustible con pocas impurezas y un alto contenido de carbono; es el material carbonoso sólido derivado de la destilación destructiva de carbón bituminoso de bajo contenido de cenizas y bajo contenido de azufre.
Coque bruto	Coque obtenido inmediatamente termina el deshorne y antes de ser molido a las dimensiones requeridas por el cliente.
Cúpula	Parte superior del horno.

17.6. Anexo 6 Procedimiento de Cribado

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S

1 	CONTROL INTERNO		FO-PRC-8.2		V-2	
			Fecha E		19	05 2022
	PROCEDIMIENTO CRIBADO		Página 1 de 17			

RESPONSABLE	
Coordinador de operaciones	
OBJETIVO	
Definir el alcance, los criterios y las pautas para tener en cuenta en cada uno de los actores del proceso denominado "Cribado", la cual será herramienta de apoyo para el funcionamiento adecuado del mismo, logrando atender de manera eficaz las ordenes de producción remitidas por el área comercial.	
ALCANCE	
Proporcionar normas y pautas que deben seguir los responsables del proceso de "cribado", así como también aquellos que intervengan en el normal funcionamiento de actividades relacionadas con el proceso para el manejo de procedimientos internos planteando así el orden y la manera en la cual se deben ejecutar.	
DEFINICIONES	
Alimentadores	Mecanismo utilizado para el cargue de material en banda o tolva.
Coque	Combustible con pocas impurezas y un alto contenido de carbono; es el material carbonoso sólido derivado de la destilación destructiva de carbón bituminoso de bajo contenido de cenizas y bajo contenido de azufre.
Coque bruto	Coque obtenido inmediatamente termina el deshome y antes de ser molido a las dimensiones requeridas por el cliente.
Coordinador TSA	Colaborador capaz de identificar peligros en el sitio en donde se realiza trabajo en alturas, y que tiene la autorización para aplicar medidas correctivas e inmediatas, para controlar los riesgos asociados a dichos peligros.
Molienda	Proceso en el cual se tritura el coque bruto y se realiza la transformación a producto terminado.
Recepción	Es el recibimiento de viajes de carga (coque) internos y externos.
Satélite	Empresas externas que prestan el servicio de coquización al grupo empresarial.
Producción	Estudio de técnicas de gestión empleadas para obtener diferenciación entre valor agregado y costos generados a raíz de la transformación de recursos.
Traslado interno	Son transferencias de materias primas o productos (coque, carbón) realizadas de zona a zona o de zonas a patios; contribuyendo al correcto funcionamiento operacional de la organización.

DISEÑO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARBOMAZ S.A.S