

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Reducción de la diferencia de los módulos químicos en la fabricación harina cruda, homogenización y fabricación de clínker en la Industria Cementera.

Trabajo de graduación presentado por Abdi Adiel Orellana Muñoz para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala,

2018

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Reducción de la diferencia de los módulos químicos en la fabricación harina cruda, homogenización y fabricación de clínker en la Industria Cementera.

Trabajo de graduación presentado por Abdi Adiel Orellana Muñoz para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala,

2018

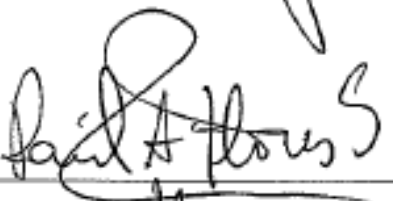
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

(f) 
Ing. Jaime Rosales Solórzano

(f) 
Ing. Alejandro Flores Santoveña

Fecha de aprobación: Guatemala, 18 de junio de 2018

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
V. ANTECEDENTES.....	12
VI. METODOLOGÍA.....	15
VII. RESULTADOS.....	18
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	23
IX. CONCLUSIONES.....	31
X. RECOMENDACIONES.....	32
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	33
XII. ANEXOS.....	34
A. FIGURAS.....	34
B. DATOS ORIGINALES.....	42
C. CÁLCULOS DE MUESTRA.....	66
D. DATOS CALCULADOS.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Límites de variabilidad necesarios para asegurar la calidad del clínker.....	7
Cuadro 2	Resultados de laboratorio de balance de LSF en línea operativa número 3.....	13
Cuadro 3.	Plan de acción con base en el análisis de causa para evaluar posibles actividades que reduzcan la diferencia del valor de los módulos químicos en los tres puntos de estudio: RM, KF y Clk.....	19
Cuadro 4.	Diferencias entre los puntos de harina cruda, alimentación y clínker para los módulos químicos evaluados.....	23
Cuadro 5.	Datos de óxidos y fineza 170 obtenidos en harina cruda en molino vertical de harina cruda.....	40
Cuadro 6.	Datos de óxidos obtenidos para harina cruda en salida de silo de homogenización.....	47
Cuadro 7.	Datos de óxidos obtenidos para muestra de clínker en la salida de la enfriadora de horno de clínkerización.....	55
Cuadro 8.	Datos de LSF de RM, KF, Clk y la diferencia máxima entre los tres valores.....	64
Cuadro 9.	Datos de MS, MA y la diferencia máxima entre los tres puntos evaluados para cada variable.....	71
Cuadro 10.	Resultados de prueba de recirculación en silo de homogenización con recirculación y sin recirculación.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Etapas del proceso de fabricación de clínker	4
Figura 2.	Esquema general de un molino vertical	5
Figura 3.	Distribución de las corrientes que influyen en la composición química de la materia prima para producir clínker.....	12
Figura 4.	Diagrama de Ishikawa con ponderación de impacto e implementación de las actividades del plan de trabajo.....	18
Figura 5.	Comparativo de módulo de sílice para el punto de muestreo de harina cruda, alimentación y clínker.....	20
Figura 6.	Comparativo de módulo de alúmina para los puntos de muestreo de harina cruda, alimentación y clínker.....	21
Figura 7.	Comparativo de LSF para los puntos de muestreo de harina cruda, alimentación y clínker.....	22
Figura 8.	Fineza 170 en molino vertical de harina cruda vrs LSF en harina cruda, alimentador y clínker.....	33
Figura 9.	Valores de LSF en harina cruda, alimentación y clínker posterior a la modificación en procedimiento de cambio de pila.....	34
Figura 10.	Porcentaje de llenado de tolva de caliza correctiva, porcentaje de caliza correctiva en receta de fabricación vrs LSF en los tres puntos de interés: harina cruda, alimentador y clínker.....	35
Figura 11.	Valores de LSF en RM, KF y Clk en comparación a alimentación de caliza, porcentaje de llenado de la tolva de caliza correctiva y operatividad del molino.....	36
Figura 12.	Valores de LSF en RM, KF y Clk en comparación a alimentación de caliza, porcentaje de llenado de la tolva de caliza correctiva, operatividad del molino e ingreso de cenizas provenientes de industria calera.....	37
Figura 13.	Valores de LSF en RM, KF y Clk durante prueba industrial con recirculación.....	38
Figura 14.	Valores de LSF en RM, KF y Clk durante prueba industrial sin recirculación.....	39
Figura 15.	Diagrama de flujo de corriente sólida a lo largo del proceso productivo de clínker de la línea operativa 3.....	40

RESUMEN

El control de los módulos químicos es de vital importancia en la fabricación de la harina cruda y el clínker, de ellos depende la calidad del clínker y desempeño del cemento. Actualmente se manejan tres módulos químicos: módulo de saturación de cal (LSF), por sus siglas en inglés, módulo de sílice (MS) y módulo de alúmina (MA). Debido a su importancia es necesario establecer criterios operacionales que logren minimizar dicho riesgo y asegurar la calidad de la producción de clínker. Es necesario definir las fuentes que afectan la dinámica del proceso y que pueden afectar la calidad final del producto.

El siguiente trabajo consiste en un estudio para determinar las principales causas que provocan diferencia en los módulos de LSF, MS y MA a lo largo del proceso de fabricación de clínker y las acciones llevadas a cabo para reducir dicha diferencia y así identificar los escenarios que provocan diferencias con la finalidad de poseer un mayor control en dichos módulos químicos, empleados en la industria del cemento para fabricar clínker de alta calidad.

Siendo el objetivo principal disminuir la diferencia de los módulos de LSF, MS y MA mediante la identificación de las causas principales y un plan de acción para la reducción de dicha diferencia y obtener un panorama claro de la dinámica del proceso de producción de clínker y así favorecer a la mejora en la gestión de estos indicadores, en concreto relativos a la calidad del clínker.

Se identificó que el cambio de fineza en el molino vertical de harina cruda, la modificación de la forma de elaboración de pilas a una forma más homogénea a lo largo de toda la formación de pila y la recirculación en el silo de homogenización son las medidas que mayor impacto poseen en la disminución de la diferencia de LSF, MS y MA a lo largo del proceso productivo de clínker. Los objetivos específicos se cumplieron al reducir la diferencia de LSF entre RM, KF y Clk a 0.7 y a 0.086 y 0.071 a los módulos de MS y MA respectivamente. Teniendo así un impacto positivo en el control de la conformidad de la calidad del producto final y la reducción del consumo energético para la elaboración de clínker.

I. INTRODUCCIÓN

Con el fin de reducir la diferencia de los módulos de calidad del clínker LSF (Lime Saturation Factor), MS (Módulo de Sílice) y MA (Módulo de alumina) diferentes estrategias se han implementado en diversas industrias cementeras para darle mayor seguimiento a este tema y a la vez poseer una desviación en la consigna de LSF en clínker mínima. De acuerdo a esta necesidad y la importancia que posee el control de dichos parámetros químicos se plantea identificar las actividades que provocan una diferencia en los módulos antes descritos.

En el proceso de producción del cemento, el LSF, MS y MA son cuantificados desde la elaboración de la pila pre homogenizada hasta el producto final de la reacción de clínkerización. La diferencia se evalúa en los procesos de fabricación de harina cruda (RM), en el proceso posterior de homogenización del material y alimentación al horno (KF) y finalmente en el material saliente del horno de clínkerización(Clk).

En el trabajo se hace un balance de masa a lo largo de las secciones descritas para identificar y evaluar todas las fuentes que impactan en la dinámica del proceso con la finalidad de identificar posibles fuentes que intervienen en dicha diferencia. También se llevó a cabo un análisis de causa con el personal que posee influencia en el control del proceso para generar un plan de acción que minimice las diferencias en dichas variables de calidad, además se documentará las acciones que puedan reducir la diferencia entre los tres puntos de estudio, pero que no necesariamente ayuden a controlar la variación en la química del clínker, el cual es el producto de interés.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Disminuir la diferencia de los módulos de LSF, MS y MA mediante la identificación de las causas principales y un plan de acción para la reducción de dicha diferencia y obtener un panorama claro de la dinámica del proceso de producción de clínker y así favorecer a la mejora en la gestión de estos indicadores, en concreto relativos a la calidad del clínker.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer un plan de acción según un análisis de causa para detectar y ponderar todas las posibles causas que afecten las diferencias en los módulos químicos de interés, mediante un análisis multidisciplinario que involucre a personal de todas las áreas de interés.
2. Alcanzar una diferencia máxima del MS en harina cruda, alimentador y clínker de 0.1 en línea operativa número 3, para dar un mejor control a la fase líquida en la reacción de clinkerización en el horno. Disminuyendo la desviación en la materia prima alimentada al molino de la pila de pre homogenización.
3. Alcanzar una diferencia máxima del MA en harina cruda, alimentador y clínker de 0.1, en línea operativa número 3, para dar un mejor control a la fase líquida en la reacción de clinkerización en el horno. Disminuyendo la desviación en la materia prima alimentada al molino de la pila de pre homogenización.
4. Alcanzar una diferencia máxima del LSF en harina cruda, alimentador y clínker de 1 en línea operativa número 3, para reducir los impactos de las desviaciones a la consigna de LSF en clínker; mediante la implementación de un plan de acción en molino de harina cruda y silo de homogenización.

III. JUSTIFICACIÓN

El consumo de cemento *per cápita* es un indicador directo del desarrollo de un país, por lo mismo dicha industria posee alta importancia en la economía de una nación. Situación que hace del cemento un producto de alto interés para su comercialización; actualmente y como producto de este interés, en Guatemala se ha observado un incremento en la competitividad de marca de dicho producto.

En este contexto, para ser competitivos en el mercado se debe elaborar cemento de alta calidad para cumplir con los requisitos de los clientes y disminuir los costos unitarios de producción del cemento. El principal componente en la elaboración del cemento es el clínker, el cual es un material polvoroso de tonalidad gris con altas propiedades para brindar resistencia a la mezcla final de cemento. Por lo mismo la gestión adecuada de la producción de clínker, en lo que refiere a los parámetros de calidad, posee alta importancia con la finalidad de mejorar el desempeño del clínker y por ende la estabilidad en la operación del horno, que a su vez se visualiza en mejores consumos térmicos y eléctricos relativos al proceso de producción de clínker en la industria cementera.

Para lograr dicha estabilidad en la operación del horno es importante controlar ciertos módulos químicos, como lo son el LSF, MS y MA. Durante la revisión del proceso de producción de clínker se identificó que se tiene una diferencia en los módulos químicos de las distintas etapas del proceso. Las etapas del proceso de fabricación de clínker son: elaboración de harina cruda, homogenización y clínkerización. De allí la importancia de reducir la diferencia entre los tres procesos, ya que al tener un mayor control en estos módulos se puede garantizar la calidad del producto final.

En industrias cementeras que poseen sistemas de gestión, la gestión de la calidad de sus productos es de vital importancia ya que de esta forma se puede garantizar que se producirá clínker de calidad para la elaboración del cemento y se evitarán desviaciones que provoquen mayores consumos térmicos o incumplimientos con el plan de calidad, relativo al LSF en clínker.

IV. MARCO TEÓRICO

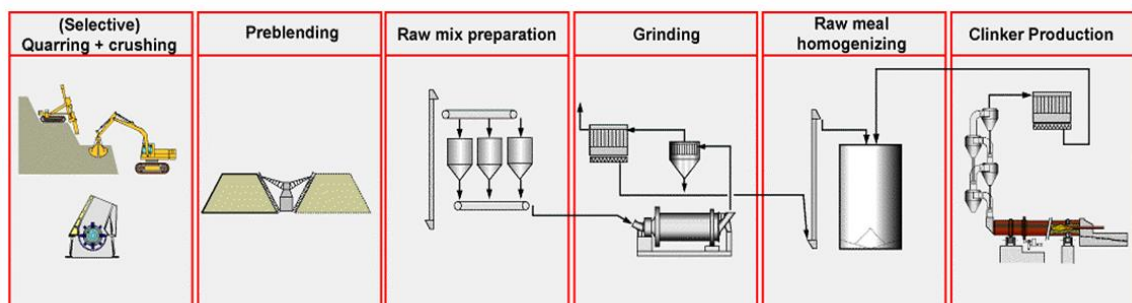
El proceso de fabricación de cemento consta de diferentes etapas, las cuales se describen en la Figura 1. Inicialmente los materiales son extraídos de las canteras de reserva para fabricar un mezcla de 80% calizas y 20% esquistos y ser llevados a la primera etapa de molienda. Donde generalmente se utilizan trituradoras de impacto; posterior a esta trituración el material es trasportado mediante bandas móviles hacia el apilador, quien es el encargado de realizar la pila de pre homogenización para inicial a mezclar la harina cruda que se alimentará posteriormente al horno (Huntanger, 2008).

Existen diferentes tipos de pilas de mezcla pre homogenizada, circulares o longitudinales. En los sistemas longitudinales se elaboran dos pilas; una en formación y otra en proceso de reclamación para trasladar y alimentar la harina pre mezclada hacia las tolvas o silos de almacenamiento de materias primas para alimentar a los molinos de harina cruda. Esta preparación de la harina cruda se efectúa para realizar correcciones en la química proveniente de la pila de pre homogenización. Donde se utiliza caliza correctiva o esquistos correctivos para corregir los módulos de LSF, MS o MA y así a través de softwares realizar un control exhaustivo de la receta y química de la harina cruda producida (Huntanger, 2008).

Esta mezcla es alimentada hacia los molinos de harina cruda, los cuales pueden ser generalmente molinos de bolas o molinos verticales, con la finalidad de reducir el tamaño de partícula de dicha mezcla y proporcionar una Blaine específica para mejorar la reactividad de la materia prima en la torre de ciclones (Pre calentador). Posterior a la molienda dicho material es alimentado a los silos de homogenización para disminuir la desviación de la química al momento de alimentar la harina cruda al sistema de pre calentamiento y así evitar altas fluctuaciones en la operatividad de los hornos de clínker (Huntanger, 2008).

Finalmente se introduce la mezcla saliente del silo de homogenización hacia el ciclón 1 de la torre de pre calentamiento para realizar la reacción de des carbonatación y luego alimentar el óxido de calcio al horno para ejecutar la reacción de sinterización y producir un material polvoriento conocido como clínker.

Figura 1. Etapas del proceso de fabricación de clínker

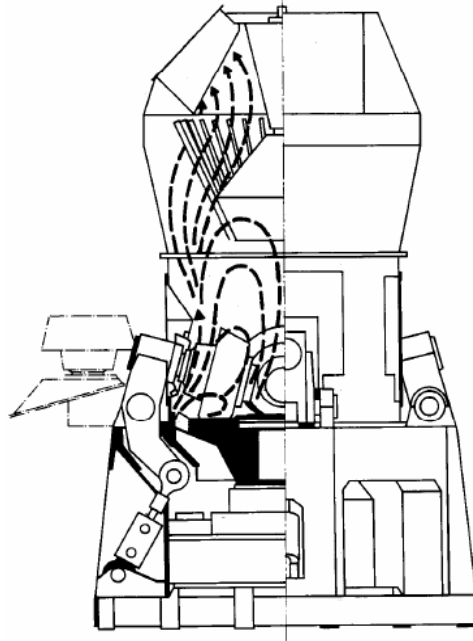


(Holcim, 2012)

A. MOLINOS VERTICALES

El desarrollo de este tipo de equipos ha sido el preferido en las últimas décadas para moler las materias primas debido a que ofrecen una alta capacidad, alta capacidad de secado y alta eficiencia de molienda. Este tipo de equipo también es conocido como molinos de rodillos. Un ejemplo de los mismos se visualiza en la Figura 2 (CPI, 2003).

Figura 2. Esquema general de un molino vertical.



(CPI, 2003)

Estos equipos compuestos por dos o más rodillos bajo presión se encuentran asentados sobre una mesa horizontal accionada sobre el material que se desea moler, el cual es alimentado contantemente y triturado por los rodillos para disminuir el tamaño de partícula de los mismos. Este material de molienda es soplado y transportado por aire en sentido ascendente hacia un separador que devuelve la fracción gruesa para una molienda adicional que garantice el tamaño de partícula deseado y una fracción que traspasa dicho clasificador junto con la corriente gaseosa para ser transportado a un sistema de separación del flujo gaseoso y el material sólido, generalmente separadores de ciclón y filtro de polvo. Posterior a esta etapa se traslada dicha materia a los silos de homogenización de harina cruda (CPI, 2003).

Estos molinos poseen la capacidad de separar y molera material grueso húmedo de hasta 80 – 100 mm de tamaño. Su distribución física es compacta y el separador se encuentra ubicado en el casco del molino y

posee un consumo energético más bajo en comparación a tecnologías de molienda con bolas que trituran el material. La fineza del producto final es controlada por la tasa de alimentación y el ajuste del clasificador.

1. **Operación.** Aunque los molinos de rodillos pueden ser muy fiables son equipos complejos que requieren un mantenimiento más exhaustivo, este tipo de molinos son sensibles a los cambios de parámetros de control. Es decir, cambios en la humedad de la materia prima, temperatura de salida del molino o inyección de flujo de agua para estabilización de la cama de material provocarán fluctuaciones en los consumos energéticos del ventilador de tiro y del motor principal; que repercutirán de cambios en el diferencial de presión del molino y vibraciones del mismo (CPI, 2003).

En este tipo de equipo el aire falso tiende también a ser un problema debido a pérdidas cuantitativas de presión dentro del molino y mayor requerimiento de fuentes de calor, ya sea de gases calientes aprovechados de otros circuitos o bien la combustión de bunker o diésel. En este escenario se requiere mucho mayor control de la operación para mantener un proceso eficiente de molienda (CPI, 2003).

En los molinos de rodillos el material queda retenido en la mesa usando un anillo de retención que es un anillo metálico elevado montado en el perímetro de la mesa. Al tiempo que la mesa se desgasta, aumenta la profundidad del material en la mesa y aumenta el consumo energético del molino. Este escenario es un problema cuando el motor del molino se está acercando a la carga máxima (CPI, 2003).

2. **Características físicas y químicas.** El principal objetivo de los molinos de rodillos es la disminución del tamaño de partícula, la cual posee gran importancia ya que debido a la fineza que este material posee será más fácil quemar el mismo o no en la torre de pre calentamiento durante la reacción de des carbonatación (CPI, 2003).

La influencia en la composición química de la harina cruda es relativa a la molturabilidad de los materiales dentro del molino de rodos, ya que en base a la composición química los materiales serán más fáciles de moler o más difíciles de moler y que a su vez causará variaciones en el LSF de salida de la harina cruda. Ya que la mezcla de alimentación al molino principalmente calizas y esquistos pueden ser segregados de la forma mencionada anteriormente (CPI, 2003).

B. HOMOGENIZACIÓN DEL CRUDO

Los aspectos económicos de la operación de un horno son directamente influenciados por la uniformidad de la composición química de la harina cruda alimentada al horno de clínker. Si por ejemplo, el factor de saturación (LSF) varía de 90 a 110 sobre un periodo de media hora, al menos que cambie la tasa de entrada de combustible al horno, el grado de clinkerización cambiará. Si esta variación ocurriera con mayor frecuencia dicha fluctuación sería significativa en el impacto a la calidad del producto final y la naturaleza de la variación afectaría el funcionamiento de la planta. Generalmente por dicho efecto la planta será más complicada de operar y dicha sensibilidad repercutirá en una tasa baja de producción y un mayor consumo de material refractario en el horno (CPI, 2003).

Además, debido a la irregularidad de la descarga del clínker desde el horno, la operación del enfriador será más difícil y esto, a su vez, influirá en la sensibilidad y el consumo de combustible. Así como de los problemas operativos del horno, las variaciones de la composición química de la alimentación del horno afectarán también las operaciones del molino de cemento y eventualmente tendrán un impacto significativo en la calidad del mismo (CPI, 2003).

3. Elementos de la homogenización. En cualquier sistema de preparación de harina cruda existirá cierto grado de variabilidad de la composición química, algunos de estos fenómenos pueden ocurrir a lo largo de periodos de tiempo relativamente largos, mientras que otras ocurrirán en un plazo corto de tiempo (CPI, 2003).

La finalidad del sistema de homogenización es igualar las variaciones químicas en la corriente del producto que sale del molino de crudo, de forma que las variaciones que efectivamente ocurren en los materiales de alimentación del horno se mantengan dentro de límites aceptables. Los límites de variabilidad necesarios para asegurar la estabilidad del horno se indican en la Cuadro 1 (CPI, 2003).

Cuadro 1. Límites de variabilidad necesarios para asegurar la calidad del clínker.

Parámetro de control	Rango de funcionamiento preferido	Variación admisible
LSF (Factor de saturación de caliza)	94 – 100 %	± 2%
MS (Módulo de sílice)	2.2 – 2.8	± 0.05%
MA (Módulo de alúmina)	1.4 – 1.8	± 0.05%

(CPI, 2003)

Donde LSF se calcula de la siguiente forma

Ecuación 1. Cálculo de LSF para modelos que excluyen la influencia de magnesio (CPI, 2003).

$$LSF = \frac{100 (\% CaO)}{2.8 (\% SiO_2) + 1.18(\% Al_2O_3) + 0.65(\% Fe_2O_3)}$$

Siendo la misma una relación de la cantidad de óxido de calcio en comparación al óxido de sílice, óxido de aluminio y óxido de hierro. Y para el cálculo de MS y MA, se presentan las siguientes ecuaciones

Ecuación 2. Cálculo de módulo de sílice (MS) (CPI, 2003).

$$MS = \frac{\% SiO_2}{\% Al_2O_3 + \% Fe_2O_3}$$

Ecuación 3. Cálculo de módulo de alúmina (MA) (CPI, 2003).

$$MA = \frac{\% Al_2O_3}{\% Fe_2O_3}$$

Hay dos tipos básicos de homogenización: discontinua y continua. Las mezcladoras continuas pueden dividirse además en los sistemas originales que utilizan aire comprimido y los diseños más modernos que minimizan el uso de aire y, por consiguiente, los costos de energía. Prácticamente todas las plantas nuevas se han diseñado con alguna forma de proceso de mezcla continuo, pero existen muchas plantas antiguas que todavía utilizan sistemas de mezcla discontinuos (CPI, 2003).

4. Silo homogeneizador. El silo homogeneizador representa un compromiso entre los silos aireados tipo fuller más antiguos y el nuevo silo de flujo controlado desarrollado por Smidth y Polysius. El material es alimentado en el silo principalmente a través de entre seis y ocho aereodeslizadores dispuestos en forma de estrella. El silo homogeneizador consta de dos zonas, la zona de almacenaje en el silo propiamente dicho y una cámara homogeneizadora, estando esta cámara instalada centralmente en el silo (CPI, 2003).

La base del silo principal está cubierta por almohadillas neumáticas dispuestas raídamente, colocadas en forma de estrella alrededor de la cámara homogeneizadora. La cámara homogeneizadora es, en efecto, un pequeño silo en el interior del silo principal. El suelo de la cámara homogeneizadora está dividido en cuatro cuadrantes: un cuadrante se alimenta con aire activo a una tasa de 600 m³/h a una presión de 1 bar y

los otros tres cuadrantes se alimentan con aproximadamente 700 m³/h en total a una presión de 1 bar. El suministro de aire sigue la secuencia normal (CPI, 2003).

Las almohadillas neumáticas dispuestas radialmente en el silo propiamente dicho, el anillo exterior, están divididas en 18 segmentos. Un segmento es aireado cada vez, secuencialmente alrededor del silo. Las almohadillas neumáticas están fijadas también sobre la parte superior de la cámara homogeneizadora, la cual es también aireada por el mismo ventilador. La acción de mezcla de los silos funciona de la forma siguiente. El efecto de las almohadillas del anillo exterior en combinación con las almohadillas situadas encima de la cámara homogeneizadora hace que las cepas de material se deslicen unas sobre otras como ocurre con los silos Smidth y Plysius. Sin embargo, en este caso, el material solo puede salir del silo a través de las entradas de la cámara homogeneizadora. Una entrada está en el techo de la cámara homogeneizadora en el centro de las almohadillas neumáticas y se proporcionan entradas secundarias alrededor de la base de la cámara homogeneizadora al nivel de las almohadillas del anillo exterior (CPI, 2003).

El material que entra en la cámara homogeneizadora es agitado energicamente por el uso de aire activo y pasivo. El material homogeneizado fluye de la base de la cámara a una cámara de expansión. El material sale de la cámara de expansión por una salida, o bien superior o inferior, para su transporte al sistema de alimentación al horno (CPI, 2003).

C. SISTEMAS DE HORNO CON PRE CALCINADOR

Las exigencias de mayor rendimiento de los hornos, junto con las crecientes exigencias de reglamentación medioambiental y la necesidad de utilizar materias primas que tienen menor idoneidad para su empleo en los hornos tradicionales con pre calentador, todo ello ha resultado en el desarrollo de nuevos procesos de fabricación de cemento. El foco principal de este desarrollo ha sido el proceso de horno con pre calcinador.

Durante la década de 1980 el tamaño máximo de un horno estándar con pre calcinador era normalmente de 3,000 toneladas diarias de producción de clínker. El proceso tradicional de pre calentador se presta menos a las altas producciones debido al gran diámetro que necesita el horno y los problemas consecuentes sobre la duración del ladrillo. Desde este momento ha sido más normal construir hornos con el rango de tamaño estándar de 5,000 a 7,000 t/ día de clínker que ofrece las ventajas de escala, es decir un costo capital más bajo por tonelada de clínker. Los hornos con pre calcinador han sido instalados con capacidades de 10,000 t/ día (CPI, 2003).

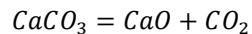
Los sistemas de horno con pre calcinador son derivados de los hornos con pre calentador porque la preparación de la materia prima tiene un aumento adicional. Esto significa específicamente que el nivel de

calcinación de la materia prima en la entrada del horno (es decir, la entrada a la parte giratoria del horno) es mayor comparado con los hornos con pre calentador. Esto es realizado quemando parte el combustible en esta región, bien en una cámara especial de pre calcinación o en el propio pre calentador. El aire requerido para esta combustión puede ser suministrado desde el enfriador a través del propio horno o por un conducto especial (CPI, 2003).

Aparte de la característica inherente de aumento de la preparación de la materia prima, la pre calcinación ofrece una serie de ventajas adicionales. Estas dependen de alguna manera del sistema pre calcinador seleccionado y también del caso particular pensado para su aplicación. Aunque se describen algunos de los sistemas disponibles comercialmente, este documento no intenta ofrecer una descripción de todos los sistemas actualmente disponibles o en desarrollo.

La palabra pre calcinación implica que la materia prima es calcinada hasta cierto punto antes de entrar al horno. La calcinación, también denominada descarbonización, es la reacción de disociación del carbonato cálcico en la alimentación del horno (CPI, 2003).

Ecuación 4. Descarbonatación del Carbonato de calcio (CPI, 2003).



Esta reacción consume calor, alrededor de 422 kcal/kg CaCO₃ a 760 BTU/lb CaCO₃ y esta disociación es predominante responsable del consumo teórico de calor en la formación del clínker (CPI, 2003).

En un ciclón de pre calentador, la transferencia térmica del gas al crudo en suspensión es tan intensiva que queda concluida prácticamente dentro de menos de un segundo, mientras que en un horno rotativo, las tasas de transferencia térmica son mucho más bajas. En un sistema de horno convencional con pre calentador, alrededor de un 30% de esta reacción de escarbonización queda concluido antes de entrar el crudo en el horno. Esto nos sugiere que si es posible realizar esta reacción de alto consumo de calor del proceso de quemado del clínker en el estado de gas en suspensión, entonces las exigencias de transferencias térmica del tubo del horno pueden ser reducidas sustancialmente, con lo que podemos alcanzar una mayor tasa de producción de clínker con un tamaño específico de tubo del horno. Ciertas investigaciones teóricas y prácticas demuestran también que la disociación de los carbonatos puede ser concluida en el espacio de unos segundos (CPI, 2003).

Los procesos de hornos con pre calcinador tienen las siguientes características: (CPI, 2003)

- Una proporción del combustible total de alimentación es introducido en un punto entre el horno y el sistema pre calentador. Un pre calcinador diseñado expresamente permite la combustión del combustible y la realización del proceso de des carbonatación.
- El aire de combustión requerido por el pre calentador es provisto por los siguientes métodos según el tipo de sistema pre calcinador empleado. Estos sistemas son:
 - Pre calcinador de aire separado (AS) donde el aire de combustión para el pre calcinador es tomado en la cabeza del horno o de una toma conecta al enfriador del clínker mediante un conducto separado. La entrada típica de combustible es: 40% al horno: 60% al pre calcinador.
 - Pre calcinador en línea (AT) donde el aire de combustión para el pre calcinador es obtenido a través del horno haciendo funcionar el horno con niveles más altos de exceso de aire. La distribución típica del combustible es: 65% al horno y 35% al pre calcinador.
- El material del ciclón del pre calentador es sometido a un nivel más alto de des carbonatación que en el proceso convencional de horno con pre calentador. Esto es conseguido exponiendo el crudo a temperaturas altas durante un corto período dentro del pre calcinador. Típicamente, en un sistema de pre calcinador de aire separado, un 60% del combustible total realiza su combustión en el pre calcinador. El tiempo de residencia típico del gas es de unos 2 segundos y el crudo es expuesto a temperaturas de gas que rondan los 860 – 900°C. Este tiempo de residencia es crítico para el rendimiento del pre calcinador, junto con su diseño. El nivel de des carbonatación del crudo queda normalmente aumentado a un 92% dentro del pre calcinador.
- Debido al alto nivel de des carbonatación del crudo que sale del sistema pre calcinador o pre calentador, los requisitos de carga térmica del tubo del horno quedan sustancialmente reducidos. En el sistema de pre calcinador de aire separado alrededor del 40% del combustible es empleado para concluir el proceso de des carbonatación y aumentar el crudo a la temperatura de la zona de sinterización para producir clínker.

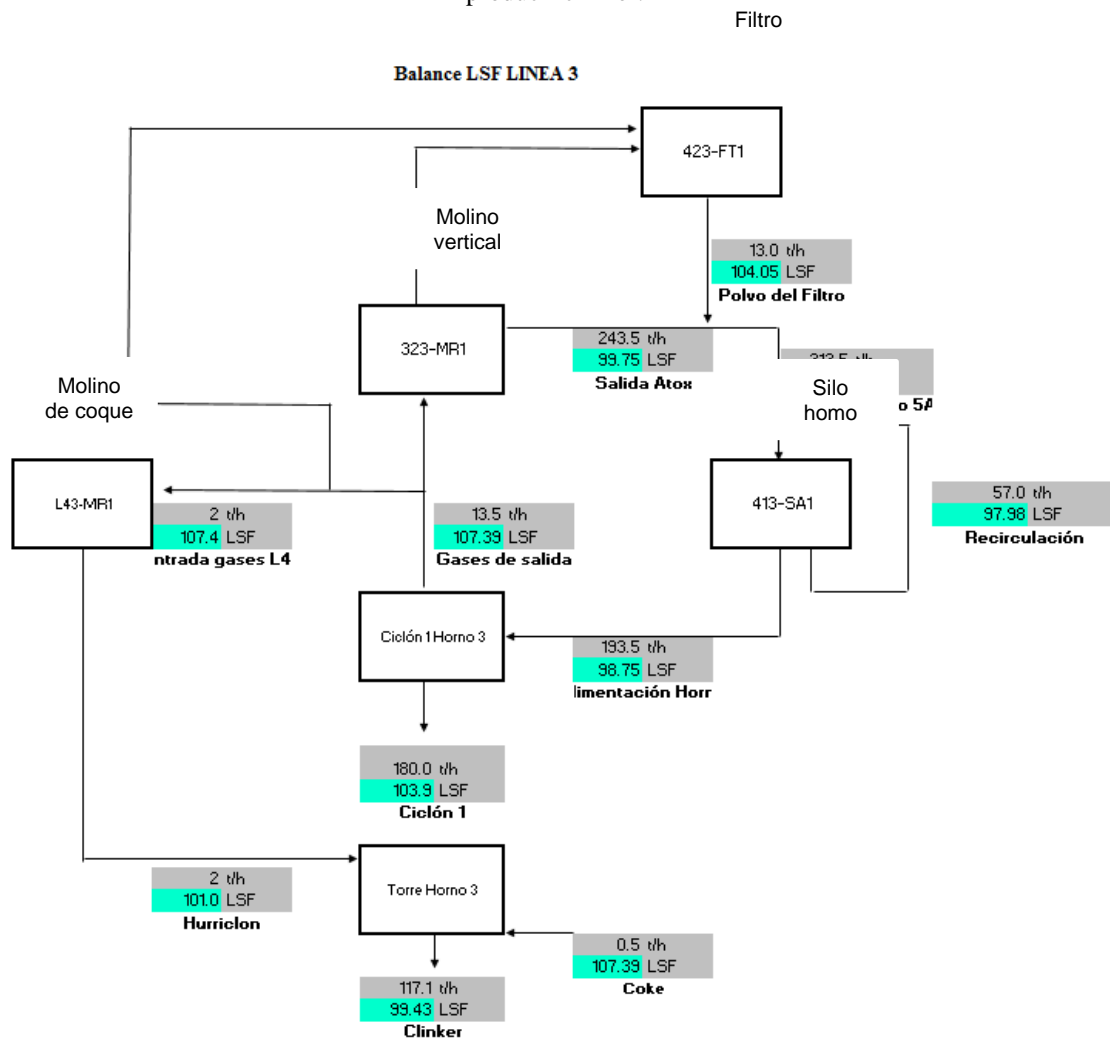
Las siguientes son abreviaturas comúnmente utilizadas en la industria cementera

- RM: Raw Meal (Por sus siglas en inglés se utilizan para denotar el proceso de molienda de harina cruda.)
 KF: Kiln Feed (Por sus siglas en inglés se utilizan para denotar el proceso de homogenización y alimentación hacia la torre de ciclones.)
 Clk: Clínker (Material polvoriento de tonalidad gris que brinda resistencias a la mezcla de cemento. Esta abreviatura se utiliza para describir el producto final de la reacción de clinkerización.)
 LSF: Lime Saturation Factor (Indicador de la proporción de óxido de calcio en relación al óxido de aluminio, hierro y sílice. Ver marco teórico.)
 MS: Módulo de Sílice (Indicador de la proporción de óxido de sílice en relación al óxido de aluminio y hierro. Ver marco teórico.)
 MA: Módulo de Alumina (Indicador de la proporción de óxido de aluminio en relación al óxido hierro. Ver marco teórico.)

V. ANTECEDENTES

En la planta de cemento objeto de interés se han observado con anterioridad problemas con dicha diferencia, sin establecer específicamente una causa raíz de las diferencias entre harina cruda, alimentación y clínker. Debido a esta problemática se realizó un balance de LSF en las corrientes que influyen en cambios en la química de la harina cruda previo a su transformación a clínker derivado de las reacciones de des carbonatación y clínkerización. En la Figura 3 se observa la distribución de las corrientes en el circuito de la línea productiva número tres en la planta de cemento.

Figura 3. Distribución de las corrientes que influyen en la composición química de la materia prima para producir clínker.



En la Figura 3. En el circuito se observa la distribución de las etapas de molienda de harina, alimentación del polvo del filtro del horno de la línea productiva número 3, la alimentación de la harina

cruda molinada por el molino vertical de rodos hacia el silo de homogenización, posterior a esto la alimentación de dicha harina homogenizada hacia el ciclón 1 de la torre de pre calentamiento y la alimentación de polvo del filtro del molino de coque. Este último es el principal combustible y posee influencia ya que la corriente de gases que ayuda en el proceso de molienda posee cierta cantidad de harina cruda suspendida en la corriente gaseosa y al momento de entrar al molino parte de esta harina suspendida se adhiere al combustible molido y es ingresado al horno para combustión.

En el Cuadro 2 se observan los resultados del balance de LSF en el circuito antes mencionado y donde se observa principalmente que la desviación y el promedio entre los valores recolectados muestreando manualmente y automáticamente son similares, lo cual indica que el muestreo automático es preciso tanto por la parte metodológica como la funcionalidad mecánica de los equipos de extracción de muestra.

Cuadro 2 Resultados de laboratorio de balance de LSF en línea operativa número 3

RM QCX	RM manual	Fecha/Hora	Salida molino vertical	Gases de salida	Polvo del filtro	Alimentación	KF QCX	Clk manual	Clk QCX	Recirculación	Entrada silo 5A
104.60	101.20	22/05/2017	100.95	108.52	105.65	99.18	---	99.98	---	99.89	---
103.27	100.96	22/05/2017	100.75	109.33	104.63	97.65	---	99.73	98.69	98.04	---
98.46	91.67	22/05/2017	90.98	108.20	104.12	96.79	99.03	100.30	---	98.55	---
95.52	97.27	22/05/2017	97.12	109.31	99.98	98.94	---	99.68	99.29	98.50	---
91.36	90.80	22/05/2017	89.97	108.79	105.66	98.61	---	99.82	---	98.23	92.28
95.82	103.65	22/05/2017	103.57	106.65	105.15	97.11	---	100.02	98.72	98.32	---
102.87	105.82	22/05/2017	105.99	109.64	102.68	99.71	99.36	98.80	---	97.60	---
101.61	105.50	22/05/2017	105.43	106.30	106.75	98.56	---	98.70	98.15	96.77	---
100.12	105.56	22/05/2017	105.66	105.92	103.72	99.32	---	98.48	---	97.03	---
99.37	97.60	22/05/2017	97.17	108.92	105.31	98.95	---		98.09	97.69	---
101.36	111.15	22/05/2017	111.40	106.76	106.68	99.25	98.61	98.72	---	97.88	---
103.52	103.52	22/05/2017	103.63	109.00	101.64	99.08	---	100.39	97.69	97.19	---
---	99.30	22/05/2017	---	108.27	99.30	100.27	---	100.21	---	98.71	---
102.05	104.63	22/05/2017	---	108.22	104.63	100.11	---	99.57	98.69	98.35	---
99.52	106.33	22/05/2017	106.40	107.76	104.98	99.93	99.17	100.47	---	101.01	---
95.53	95.06	23/05/2017	94.74	105.54	100.86	100.93	---	100.39	99.16	97.21	---
97.79	104.10	23/05/2017	103.92	105.65	107.40	98.65	---	99.85	---	100.24	---
104.31	92.14	23/05/2017	91.33	104.98	106.67	98.37	---	98.82	99.10	97.64	91.33
98.37	101.48	23/05/2017	101.27	108.05	105.29	98.68	98.53	98.61	---	97.77	---
96.09	92.27	23/05/2017	91.58	105.28	104.67	96.91	---	98.55	98.67	97.67	---
98.82	103.43	23/05/2017	103.54	105.22	101.40	97.63	---	99.14	---	95.05	---
95.84	90.17	23/05/2017	89.54	105.73	101.50	98.43	---	98.55	98.08	97.04	99.40
---	---	23/05/2017	---	107.99	104.50	98.15	97.60	98.71	---	97.09	---
99.344	100.164	Promedio	99.747	107.393	104.051	98.748	98.719	99.431	98.574	97.977	94.337
3.515	5.973	Desviación	6.511	1.540	2.283	1.071	0.634	0.723	0.513	1.238	4.411

Los datos provenientes del balance de LSF en línea operativa número 3 reflejan que el polvo del filtro cuando el molino vertical de harina cruda se encuentra en funcionamiento no presentan alta variación y por lo mismo no influyen en desviar el valor de LSF en la salida del silo de homogenización, únicamente se observan fenómenos que incrementan la diferencia entre harina cruda y la salida del silo de homogenización cuando el molino vertical se encuentra fuera de operación, debido a la influencia de la harina cruda arrastra por los gases calientes de la torre de pre calentamiento del molino hacia el filtro principal.

En este balance se detectó que una de las principales razones por la que la química del flujo de salida del silo de homogenización no coincide con la química del flujo producido por el molino y el polvo del filtro es debido a la recirculación. Ya que el flujo de la recirculación no es considerada en el muestreador de harina cruda, representando el mismo un 25% del flujo de ingreso al molino. De esta forma 25% del material con química mezclada debido al proceso de homogenización dentro del silo se mezcla con el otro 75% proveniente del polvo del filtro 14 t/h de flujo y 250 t/h de flujo producto del molino vertical.

Durante el estudio presenta con duración de un día y un muestreo con una frecuencia de media hora durante cada toma se descarta la influencia de la harina inyectada de la separación sólido gas del flujo de gases calientes en el molino de combustible coque. Todas las muestras anteriores fueron analizadas por el método de perla fundida, asegurando de esta forma la cuantificación precisa del óxido de calcio en cada muestra.

Además, se observa que existe una diferencia menor a 1 entre alimentación y clínker por lo que se descarta la influencia de materiales alternativos inyectados en el horno, que posean presencia de los óxidos relativos a los módulos de LSF, MS o MA. Así como también la influencia que puede tener la harina arrastrada en la inyección de combustible al horno durante el proceso de captación de la misma en la molienda de coque.

Adicional al balance presentado se ha observado con anterioridad la influencia que posee la fineza de la harina cruda en el fenómeno de separación de material en el ciclón 12 debido a la densidad del material al momento de molerla. Ya que según a la molturabilidad de los materiales dentro del molino, el esquisto o la caliza pueden ser propensos a tener un tamaño de partícula diferente que provoque la separación en dicho ciclón y ser arrastrada por la corriente de gases calientes que luego desempolva en el filtro principal y es alimentado al silo de homogenización.

VI. METODOLOGÍA

Previo a establecer la metodología para reducir la diferencia de los módulos de LSF, MA y MS en RM, KF y Clk se debe recopilar información sobre el efecto de las diversas variables de proceso, análisis químicos y físicos a la materia prima a lo largo del proceso productivo de clínker para definir un plan de acción relacionado a mitigar dicha diferencia y de acorde al alcance del sistemas de gestión de calidad y seguridad pertinente a la linera operativa tres de la planta de producción de cemento.

El plan de acción deberá efectuarse con el Gerente de Línea, personal de mantenimiento, Ingenieros de Optimización, Gerente de Optimización, Jefe de Materias Primas y el personal que sea oportuno para evaluar todas las posibles causas y definir tanto el nivel de prioridad como dificultad.

Los trabajos para disminuir la diferencia entre los módulos de interés se llevarán a cabo en tres área específicas y a través de diversas acciones para estudiar y validar que dichas acciones poseen influencia en el cumplimiento de los objetivos específicos planteados. Las diferentes áreas son las siguientes:

A. ÁREA 1: PREHOMOGENIZACIÓN

Se evalúa la formación de pilas prehomogenizadas de harina cruda (mezcla de esquistos, calizas y materiales varios) para establecer la mejor forma de elaboración de pilas y reducción de la desviación de la química a lo largo de la pila.

Se modifica el ingreso de materiales varios vía DP3, trituradora de rodillos de esquistos, y se añadirán los materiales varios (cenizas, materiales de co proceso, lodos de eral y finos con alto contenido de óxido de calcio) vía DP2 en la trituradora de impacto la cual se encuentra lateral a la alimentación de calizas; y así mejorar la homogenización de estos materiales a lo largo de la formación de la pila. Además, se trabaja en el concepto de introducir constantemente los materiales para asegurarnos que a lo largo de toda la pila se encuentren distribuidos de la forma más homogénea posible. Se evalúa el impacto de dicha medida a través de la disminución de la desviación de los módulos de MS y MA, que a su vez se traduce en reducción de la diferencia entre los diferentes módulos debido a la estabilidad de dichos valores a lo largo de todo el proceso.

Se deberá dar seguimiento a los reportes realizados por el área de materias primas con base en el equipo GMM de rayos gamma, el cual es utilizado para la elaboración de la pila y control de las variables de calidad de la misma. Sin embargo se considerará el análisis de la disminución de la desviación en el proceso productivo de harina cruda, homogenización y producción de clínker para establecer el impacto de

las corrientes a lo largo del proceso y cómo la disminución de la desviación promueve una menor diferencia en los módulos de MS y MA, relativos a los óxidos de aluminio, hierro y sílice.

B. ÁREA 2: HARINA CRUDA

En esta etapa se evalúa el efecto del cambio de fineza 170 del molino vertical de harina cruda de 93% a 90%, con base en un estudio histórico del 2016. Con la finalidad de evaluar el efecto que tiene la clasificación de los materiales calizos y arcillosos a lo largo del proceso, especialmente en el ciclón 1 de la torre de pre calentamiento donde ocurre separación del material fino debido a la corriente de gases. Para lo mismo se debe de gestionar con el Gerente de línea el cambio en el set de dicho valor y evaluar su impacto en las metas objetivo.

Además se evalúa el efecto que posee el grado de llenado de la tolva de caliza correctiva en el molino vertical de harina cruda de la línea productiva tres. Las consignas para esta tarea serán establecer los criterios operacionales necesarios para que la tolva de caliza correctiva no baja del 60% de llenado y así disminuir las altas variaciones del porcentaje de este material introducidas por el Blend Expert (Controlador experto del molino vertical de harina cruda) ya que la fluctuación en la química de la caliza correctiva no permite trabajar al molino en rangos óptimos y aceptables del porcentaje de caliza correctiva necesario para minimizar las desviaciones del porcentaje de mezcla pre homogenizada que se añade al molino. Con estos nuevos criterios y el cumplimiento del nivel de llenado de la tolva de caliza correctiva se esperar disminuir la desviación del LSF y por ende la diferencia entre los tres puntos de interés.

Para cumplir con las consignas del nivel de llenado de la tolva de caliza correctiva se debe evaluar junto con los Jefes de Materias Primas y los Operadores de Control de Kruppita los problemas existentes y gestionar las diferentes actividades necesarias para cumplir con el mínimo de grado de llenado esperado.

También se evalúa el impacto que posee la ceniza proveniente de industria calera, la cual se re procesa en molino vertical de harina cruda y así verificar el impacto que posee añadir dicha ceniza en la diferencia de los puntos de interés, se deberá caracterizar dicho material y con base en los resultados evaluar dicho impacto en la cuantificación total del LSF y en los problemas relacionados al método de análisis. Esto se ejecutará para establecer criterios de eliminar el ingreso de dicho material o regulación del flujo de alimentación del mismo al molino vertical de harina cruda. Para esto es necesario realizar coordinar la supervisión del flujo actual de alimentación de cenizas de calera con el Jefe de Turno de Cal y con el Operador encargado de alimentar la ceniza al molino. Se deberá establecer el flujo adecuado para que no exista un impacto en la cuantificación del óxido de calcio en cada uno de los puntos de interés.

C. ÁREA 3: HOMOGENIZACIÓN

En los silos de homogenización se evaluará el efecto del sistema de recirculación de harina cruda dentro del silo de homogenización, ya que dicho material no es introducido al muestreador de harina cruda cuando se recircula de la salida del silo hacia la entrada del mismo. Se programó una prueba de 10 días bajo condiciones controladas del porcentaje de caliza correctiva y estabilidad del molino de harina cruda con y sin recirculación para evaluar el efecto de la misma en las diferencias entre harina cruda y alimentación a la torre de ciclones. Para lo mismo se requerirá realizar una inspección de la válvula de recirculación para asegurarse que la misma no posea ninguna fuga y al momento de realizar la prueba sin recircular material dentro del silo de homogenización se asegure que únicamente existe flujo hacia la tolva de alimentación de harina cruda de la torre de pre calentamiento.

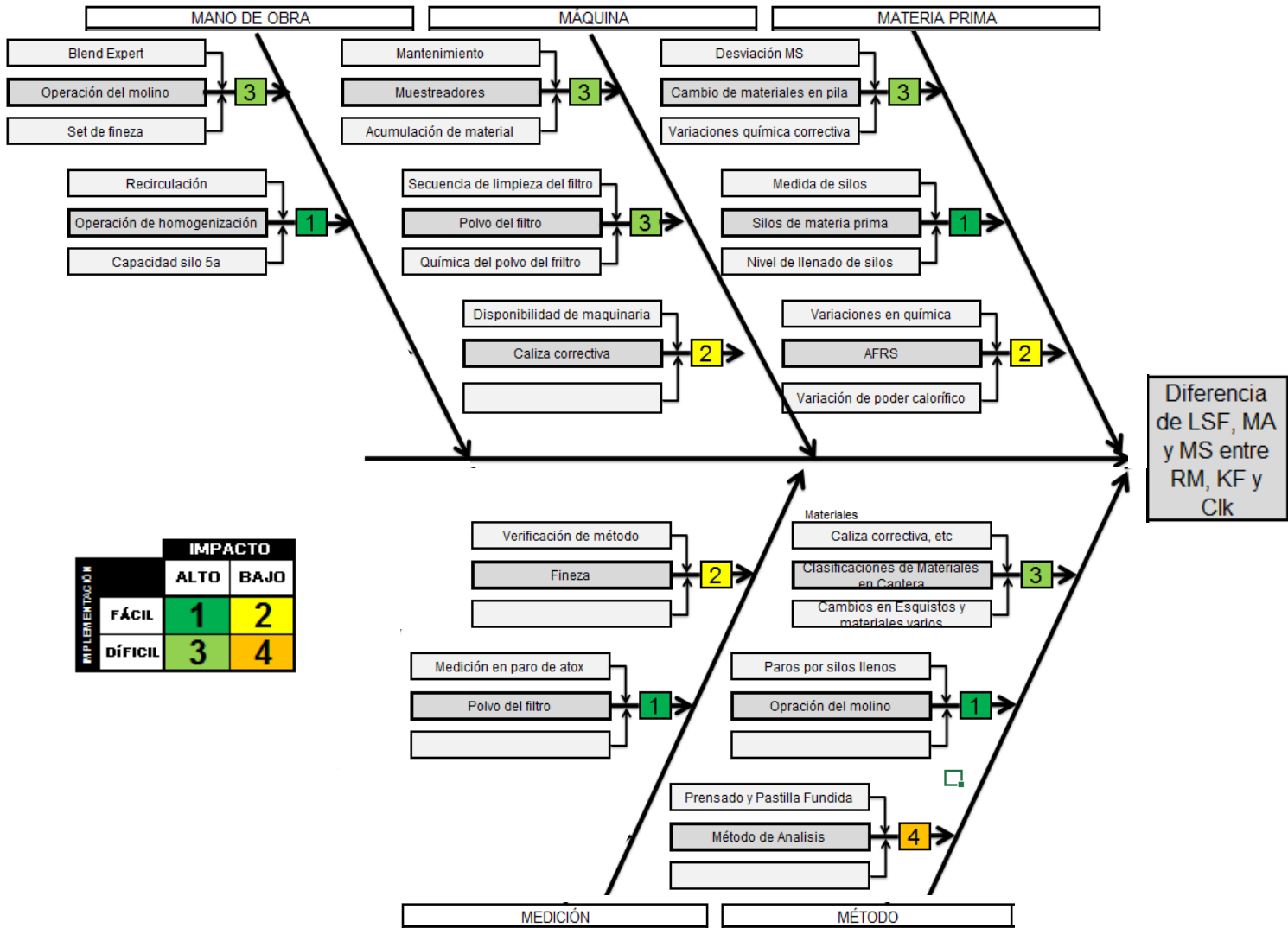
Posterior a la prueba se deberá evaluar la mejora en la que respecta a la diferencia entre los puntos de interés y se deberá dar seguimiento al impacto de este cambio en la desviación de LSF en la alimentación. Para realizar el cambio se deberá programar la prueba con el Gerente de línea y coordinar con el Operador de Control Central el cambio de la misma y activar el funcionamiento de dicha válvula únicamente cuando el molino de harina cruda pare; con la finalidad de minimizar el impacto del polvo del filtro principal del horno cuando se ejecute la prueba sin recirculación.

Para finalizar se debe realizar un chequeo de los muestreadores de harina cruda vertical, en la alimentación y en clínker. Con el objetivo de verificar que el muestreo no posea desviación con el valor reportado por los muestreadores automáticos. Este chequeo debe hacerse con un muestreo simultáneo de los puntos de interés y ser analizados por rayos x utilizando el método de perla fundida.

La metodología para la captación de muestras se hará con base en el sistema de calidad que actualmente funciona para la captación de muestra en la línea operativa 3. Donde se muestrea cada hora los óxidos en la harina saliente del molino vertical de harina cruda y cada dos hora en la salida del silo de homogenización y clínker. Utilizando muestreadores automáticos que capten una muestra cada 2.5 min, agiten y envíen dicha muestra en el tiempo mencionado con anterioridad. Estos puntos de muestreo se identifican en la Figura 15. de la sección de anexos en los tres puntos de interés: RM, KF y Clk.

VII. RESULTADOS

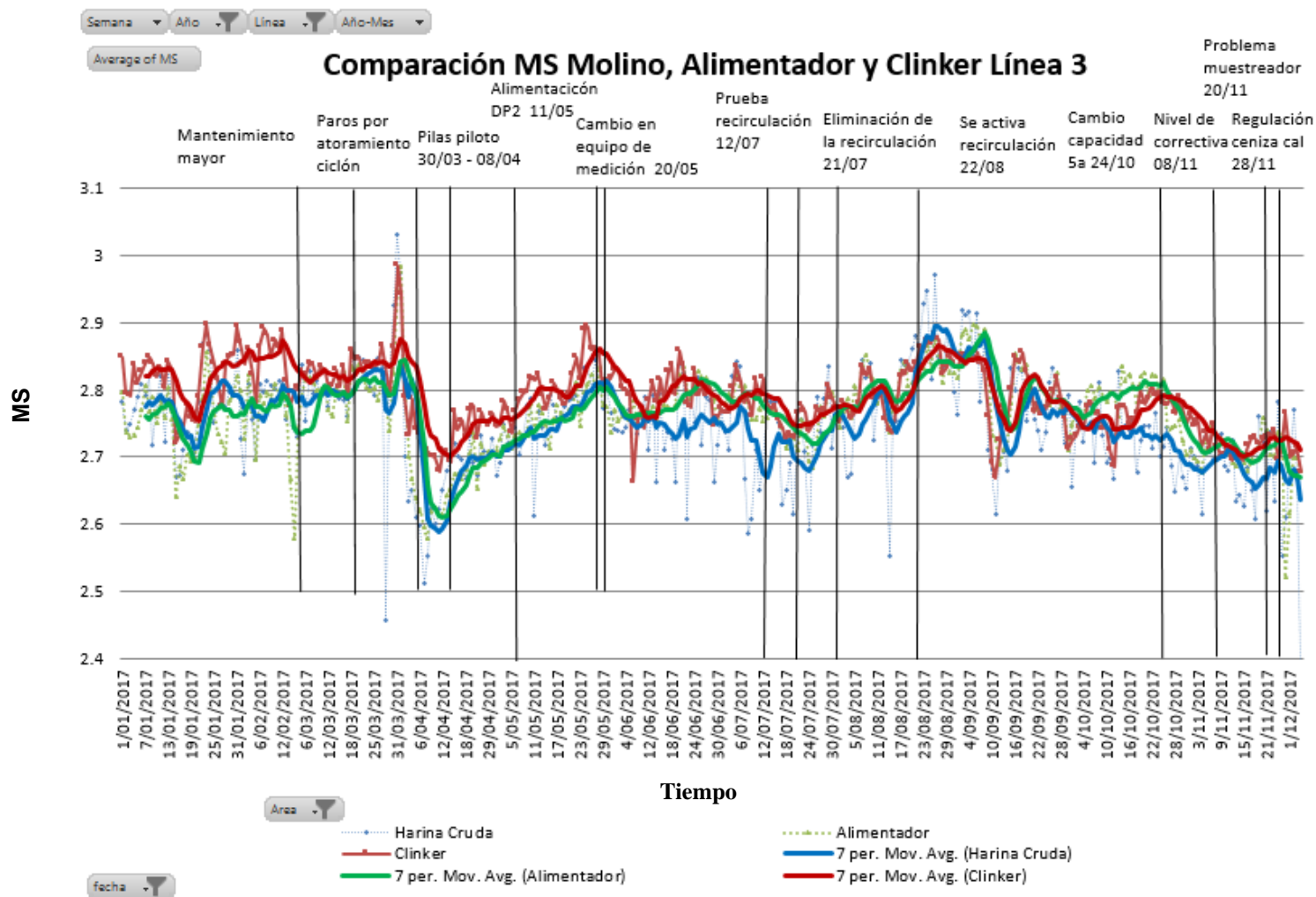
Figura 4. Diagrama de Ishikawa con ponderación de impacto e implementación de las actividades del plan de trabajo



Cuadro 3. Plan de acción con base en el análisis de causa para evaluar posibles actividades que reduzcan la diferencia del valor de los módulos químicos en los tres puntos de estudio: RM, KF y Clk

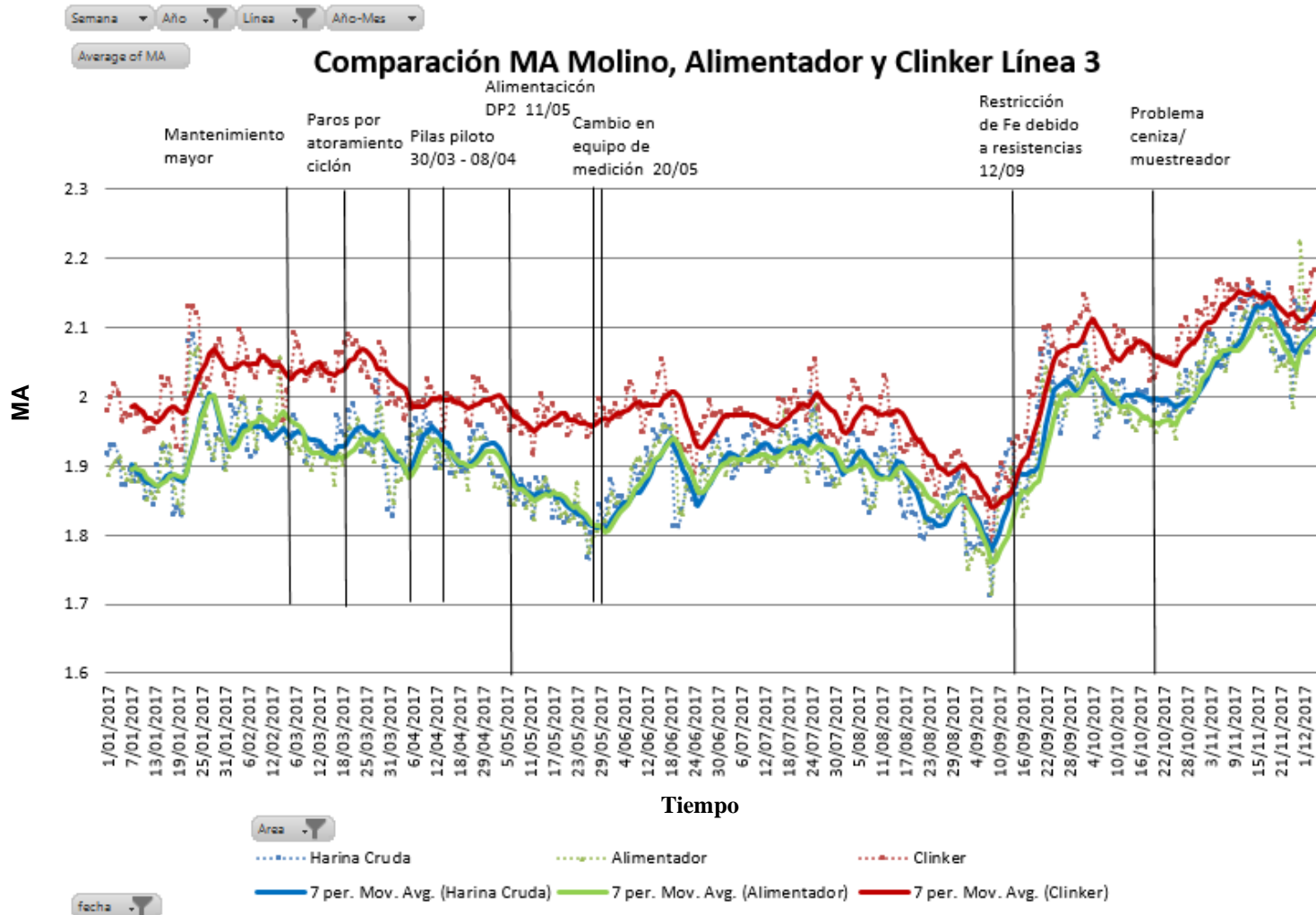
Actividad	Descripción	Responsable	Semana de trabajo
Cambio de fineza 170 en molino vertical de harina cruda	Disminuir la fineza de 93% a 90% en el separador del molino	Gerente de Línea/ Ingeniero de Optimización	18 - 20
Modificaciones en el protocolo de elaboración de pilas de material pre homogenizado	Ingreso de materiales alternativos utilizando otro punto de alimentación para mejorar mezcla	Jefe de Materia Prima/ Ingeniero de Optimización	16 - 26
Prueba industrial recirculación silo de homogenización	Evaluar el efecto de la recirculación en la diferencia de los módulos químicos	Gerente de Línea/ Ingeniero de Optimización	27 - 35
Modificaciones al procedimiento de cambio de pila	Evaluar las etapas del procedimiento actual y establecer oportunidades de mejora	Gerente de Línea/ Ingeniero de Optimización	36 - 39
Prueba de capacidad de silo de homogenización	Evaluar el efecto de modificar parámetros en el software de control automático de molienda de harina cruda	Gerente de Línea/ Ingeniero de Optimización	41 - 47
Evaluación de muestreadores	Evaluar que el funcionamiento mecánico de captura de la muestra representativo	Gerente de Calidad/ Ingeniero de Optimización	42 - 45
Ingreso de cenizas a molino vertical de harina cruda	Evaluar el impacto en la diferencia entre harina cruda y alimentación al inyectar un flujo específico de material	Jefe de turno/ Ingeniero de Optimización	43 - 45

Figura 5. Comparativo de módulo de sílice para el punto de muestreo de harina cruda, alimentación y clínker.



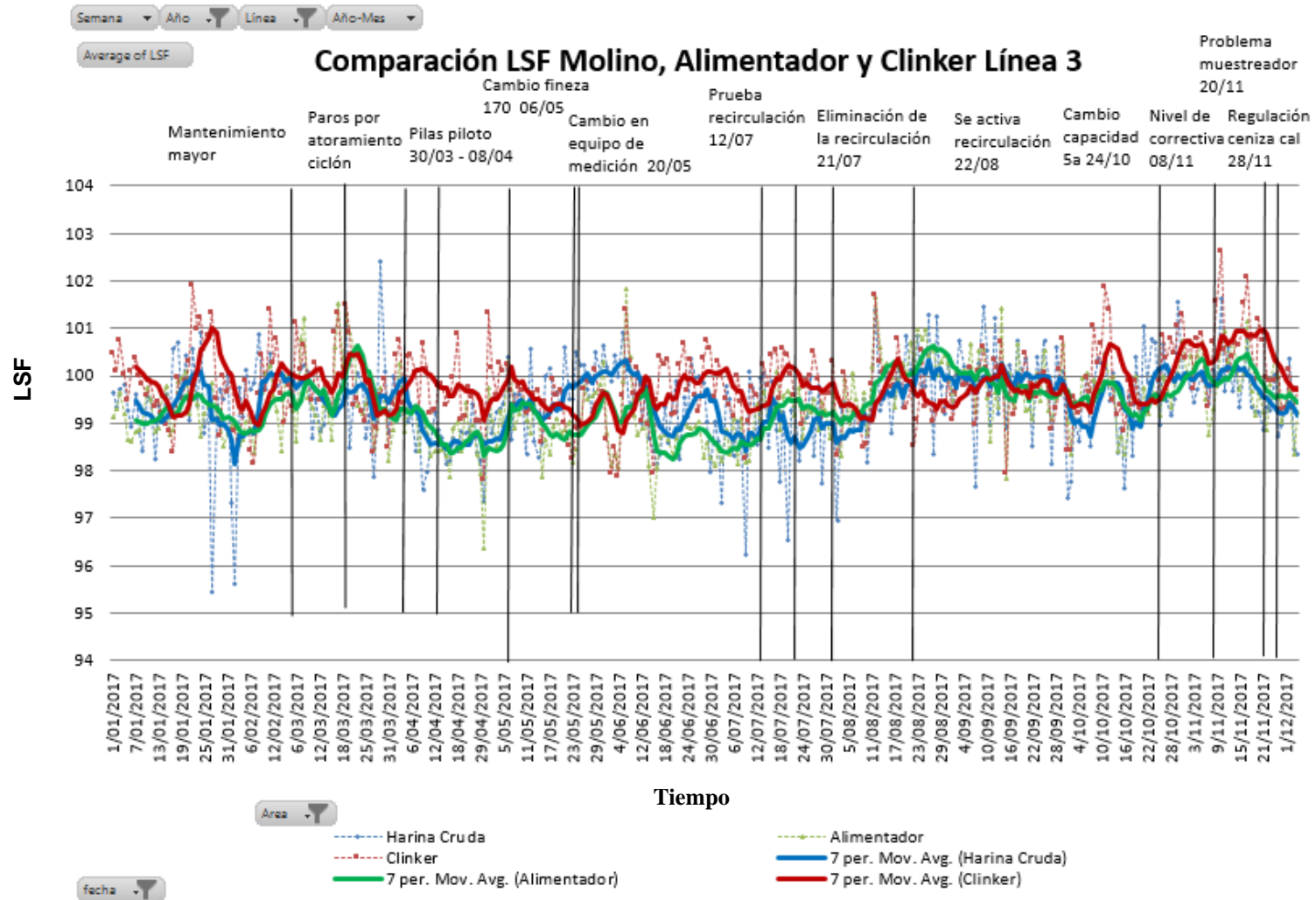
*Se muestran los promedios ponderados de los valores correspondientes a cada uno de los tres puntos evaluados a través de un promedio móvil de 7 días.

Figura 6. Comparativo de módulo de alúmina para los puntos de muestreo de harina cruda, alimentación y Clínger.



*Se muestran los promedios ponderados de los valores correspondientes a cada uno de los tres puntos evaluados a través de un promedio móvil de 7 días.

Figura 7. Comparativo de LSF para los puntos de muestreo de harina cruda, alimentación y Clínger.



. *Se muestran los promedios ponderados de los valores correspondientes a cada uno de los tres puntos evaluados a través de un promedio móvil de 7 días.

Cuadro 4. Diferencias entre los puntos de harina cruda, alimentación y clínker para los módulos químicos evaluados

Módulo químico	Objetivo planteado para diferencia entre módulos	Valor de diferencia máximo obtenido entre módulos
LSF	1.000	0.700
MS	0.100	0.086
MA	0.100	0.071

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo general del trabajo de graduación fue disminuir la diferencia de los módulos de LSF, MS y MA mediante la identificación de las causas principales y un plan de acción para la reducción de dicha diferencia y obtener un panorama claro de la dinámica del proceso de producción de clínker y así favorecer a la mejora en la gestión de estos indicadores, en concreto relativos a la calidad del clínker.

Como primer acercamiento se identificó las corrientes que afectaban a los módulos de calidad en los tres puntos de interés: el primero en el producto de molienda de material pre homogenizado en molino vertical, denominado harina cruda; el segundo punto en la alimentación de harina cruda hacia la torre de pre calentamiento luego de un proceso de homogenización en silos verticales tipo Claudius Peters y finalmente en producto final de la reacción de clinkerización denominado clínker.

Un balance de dichos módulos fue realizado en todas las corrientes que involucran los tres puntos de interés. Dicho balance consistió en el muestreo durante un día y una periodicidad de media hora en cada punto de forma manual y bajo metodologías controladas. Es importante mencionar que a partir de dicho estudio se obtuvo información relevante para efectuar una prueba piloto en la recirculación del silo de homogenización de harina cruda y verificar que tanto el muestreo automático como el método de análisis utilizado eran correctos y poseían poca desviación entre ellos (Cuadro 2, Sección de antecedentes). Ver Figura 15 en sección de anexos donde se identifican los muestreadores que se utilizan para el muestreo de cada uno de los tres puntos de interés y la dinámica del flujo de material a lo largo del proceso de interés.

Aunque dicho estudio presentó una guía para iniciar a estudiar un proceso en específico, la recirculación en el silo de homogenización, también se consideraron otras alternativas en el plan de acción realizado para detectar todas aquellas actividades que pudieran llegar a tener influencia directa para la reducción de las diferencias entre los tres puntos de interés. Una de ellas fue el estudio de la estrategia de elaboración de pilas de pre homogenización, etapa previa a la molienda de harina cruda en molino vertical (Figura 1, Sección de Marco Teórico) y donde se realizaron diversos cambios.

Se observó un patrón en los óxidos provenientes del muestreo en harina cruda que indicaban que cuando la materia prima que se alimentaba a dicho molino poseía menor desviación con el tiempo, la diferencia entre los tres puntos se reducía, esto debido a que cuando se posee menor desviación de cualquiera de los tres módulos en efecto se limita la posibilidad a que exista una diferencia en cualquiera de las corrientes del proceso y lo mismo se refleja en menores diferencias entre los módulos; especialmente en los módulos de MS y MA donde debido a su forma de cálculo están más propensos a cambiar por pequeñas variaciones en los óxidos que lo conforman.

Para esto se detectó la posibilidad de reducir dicha desviación a través de modificar la forma de alimentación de materiales varios en pila de homogenización. Dicha pila está compuesta por una mezcla de materiales extraídos

de cantera, principalmente esquistos y calizas; pero además se añaden otros materiales en pequeñas proporciones denominados materiales varios como: cenizas volantes, lodos de eral, material de co proceso provenientes de otras fuentes dentro de la planta. La forma de alimentar dichos materiales se realizaba mediante el transporte de alimentación de esquistos (DP3) cercano a la faja de alimenta material para el apilador quien se encarga de formar la pila de pre homogenización. La propuesta de mejora se planteó en modificar la vía de alimentación de dichos materiales a un punto ubicado a más de 100 metros de anticipación de alimentador DP3 y donde se alimentaban las calizas (Principal componente de la mezcla pre homogenizada).

Se inició a alimentar materiales varios vía DP2 en trituradora de impacto (Trituradora de caliza). La dosificación de material varios se realizó de forma continua a partir de las 500 toneladas de formación de pila y con las siguientes proporciones: dos unidades de cargador frontal de lodos de eral, una unidad de cenizas volantes y una unidad de material de co proceso. Esta dosificación se realizó con la finalidad de homogenizar de mejor forma los materiales varios capa por capa en la elaboración de la pila de mezcla pre homogenizada. Con dicha actividad se redujo la diferencia de MS de 0.094 a 0.060 y de MA de 0.11 a 0.09. Los eventos y cambios en los módulos de MS y MA se observan en las Figuras 5 y 6 en la sección de resultados.

Además se estandarizó el procedimiento de elaboración de pila, donde se estableció el control operacional al momento de inicial pila para evitar variaciones en los módulos. En la actualidad durante las primeras 500 toneladas de pila se debe agregar esquistos intermedios (Esquistos que poseen un módulo de MS entre 2 y 5) para disminuir las variaciones de MS y MA. Posterior a esto se debe considerar añadir esquistos altos, bajos o esquistos con alto contenido de aluminio (Siliciclásticos) para cumplir con el set.

Dicha estrategia de elaborar la pila de pre homogenización capa por capa para alimentar de forma homogénea la materia prima al molino vertical de harina cruda tuvo un impacto positivo en la reducción de la diferencia de los módulos de MS y MA en los tres puntos de interés como se observa en la Figura 6 en la sección de resultados; sumado a esto en septiembre de 2017 la diferencia del módulo MA se redujo significativamente debido a que se estableció el criterio operacional que regula el porcentaje de hierro en pila producto de una mejora relativa a la calidad del clínker. Debido a esta modificación la diferencia se redujo de 0.086 a 0.079 en el módulo de aluminio. El consigna para el nuevo criterio operacional es: $MA \text{ en pila} = 2.40 \pm 0.05$ y el porcentaje de óxido de hierro en pila: $Fe_2O_3 < 1.60$.

Posterior a esta actividad se trabajó en el cambio de fineza 170 del molino vertical de harina cruda, ya que en base a un análisis histórico se observó que durante el 2016 existió un período donde la diferencia de LSF fue mínima, de mayo a septiembre, y donde la fineza 170 poseía un valor promedio de 90.38% (Figura 10, Sección de anexos Figuras). A inicios de 2017 se estaba trabajando con un set point de 93%. Se tomó la acción de reducir el set de la fineza 170 a 90% y la diferencia de LSF entre harina cruda, alimentación y clínker disminuyó de 1.19 a 1.09; comparando los períodos de enero al 6 de mayo y a partir del cambio de la fineza 170.

Este cambio se realizó principalmente porque al cambiar la fineza en la materia prima, en este caso, la relativa al producto del molino vertical de rodos y la cual se inyecta a la torre de pre calentamiento para realizar la reacción de des carbonatación del carbonato de calcio ha óxido de calcio cobra vital importancia debido a que la corriente de gases que es succionada por el ventilador de tiro hacia el filtro principal succiona cierta proporción del material que se inyecta en el ciclón 1 de la torre de pre calentamiento, y es el material que posee mayor fineza el que tiene afinidad para ser movilizado hacia el ducto que conduce al filtro de desempolve; material que posterior a esto se introduce en el silo de homogenización y el cual posee una química diferentes a la harina cruda proveniente del molino vertical. Es decir, que al silo de homogenización se introduce la corriente producida por el molino vertical de rodos y la corrientes de desempolve del filtro principal del horno, por lo cual cuando existe mucha fluctuación en el LSF del polvo del filtro se introduce mayor desviación al silo de homogenización con un lapso de tiempo específico, de 2.5 horas.

Esta diferencia del LSF en el polvo del filtro se debe al tipo de material que se arrastre, si el LSF del polvo del filtro es menor a 100 quiere decir que la mezcla que la corriente gaseosa arrastró fue principalmente de esquistos que poseen mayor contenido de óxido de sílice y provocan que el LSF disminuya y en su contra parte si el valor del polvo del filtro es mayor a 100 quiere decir que es una mezcla con mayor proporción de caliza. Con base en el análisis histórico y a la muestra de datos de LSF de los tres puntos también se observó que dicha dinámica de proceso que le da estabilidad al LSF del clínker que sale del horno es importante ya que al estabilizar la corriente del polvo del filtro la desviación disminuye. Por lo mismo se determinó que cuando el molino vertical de rodos trabaja continuamente se promueve la estabilidad de la química del polvo del filtro y a su vez de la química a lo largo de todo el proceso productivo de clínker.

Además del cambio de fineza 170 en el molino vertical se identificó una oportunidad en el procedimiento de cambio de pila. Cada pila posee alrededor de 28,000 toneladas de material pre homogenizado y es en las extremidades donde existe mayor fluctuación de la química debido a segregación de los diferentes materiales. Por lo mismo se observó que durante los cambios de pila era cuando mayor desviación de los valores de LSF se poseía en el muestreo de harina cruda del molino vertical de rodos. El procedimiento anterior de cambios de pila, que se encuentra dividido en tres fases, consta de una etapa para atacar la segregación de la punta de pila anterior; otra para el desplazamiento de del recolector de una pila hacia otra, donde se reclama material con alto contenido de óxido de calcio remanente en la última capa del suelo y la tercera que sirve para regular el inicio de la nueva pila a reclamar.

La modificación al procedimiento de cambio de pila se realizó en la tercera etapa ya que anteriormente se tenía estipulado un valor estático de añadir 10% de caliza correctiva en la receta para fabricación de harina curda en molino vertical, sin considerar las fluctuaciones que tenía la química de la caliza correctiva.

Se procedió a cambiar el valor del porcentaje de caliza correctiva a añadir en la tercera etapa del cambio de pila al doble del promedio ponderado de las últimas 15 hr de caliza correctiva reportado por software de control de

proceso en planta y se observaron mejoras en el valor mínimo de LSF en harina cruda. Con dicha medida la diferencia de LSF disminuyó de 1.09 a 0.94. La razón principal de este cambio es que la química de la caliza correctiva varía en función del punto de extracción de la materia prima en cantera, donde el contenido de óxido de sílice puede fluctuar desde 1% hasta 10% en proporción de contenidos de óxido en la caliza y al tener un valor única de 10% en la receta de fabricación durante la tercera etapa del cambio de pila no era suficiente para compensar el incremento de esquistos en la punta de pila. Con dicha modificación el valor ahora fluctúa en base a los cambios de la química en la caliza correctiva y así se ajusta más a los requerimientos de la nueva pila a alimentar al molino vertical.

En la Figura 9 en sección de Anexos Figuras, se observa el cambio que se obtuvo en la desviación del LSF en harina cruda, lo cual se traduce en menor diferencia ente harina cruda y alimentador. Donde anteriormente los valores de LSF disminuían hasta 80 en harina cruda y posterior al cambio únicamente hasta 92.

Ya que se observó que las fluctuaciones en la química de la caliza correctiva introducían una diferencia entre los tres puntos de estudio se identificó que el nivel de la tolva de caliza correctiva en el molino vertical también provocaba que dicha química cambiase en función de su nivel de llenado ya que se creaba el efecto de túnel de ratón y a medida que la tolva se encontraba a un nivel más bajo el material de las paredes caía y se incrementaba el óxido de calcio en la caliza que se ingresaba al molino provocando cambios bruscos en el LSF. Para atacar este problema se realizaron las siguientes actividades:

- Mayor disponibilidad de material correctivo en patio de almacenamiento de caliza correctiva, para que el operador de kruppita (Trituradora de impacto utilizada para disminuir el tamaño de partícula de la caliza correctiva) tenga siempre caliza correctiva para alimentar a la tolva de almacenamiento previo al ingreso al molino vertical de harina cruda.
- Se programó a un operador de cargador frontal de 11:00 pm a 12:30 am para evitar que no se pueda alimentar caliza en cambio de turno. Esto debido a que cuando se cambiaba de turno existían un remanente de tiempo donde si la tolva de vaciaba justo en este lapso de tiempo el nivel disminuía debido a que el operador de control de kruppita, quien es el encargado de mantener el nivel de la tolva de caliza correctiva, no poseía material para llenarla.
- Compromiso de los operadores de control central kruppita con mantener la tolva de caliza arriba del 60% de llenado, se programó una señal en el software de control de proceso para que fuese más fácil observar dicho valor. Esta señal programada es un indicador directo para alertar al operador de que debe ingresar o prepararse para ingresar material a la tolva de caliza correctiva del molino vertical.

En la Figura 10 sección anexos se puede visualizar que al bajar el nivel de llenado de la tolva provoca mayores desviaciones en el LSF de la harina cruda y a su vez una mayor diferencia entre este valor y los valores de LSF en alimentador y clínker. En dicha figura también se visualiza que el porcentaje de caliza correctiva en la receta que utiliza el alimentador BP2 cambia drásticamente debido a la segregación del material dentro de la tolva. Y dichos cambios drásticos provocan desestabilidad en la dinámica de proceso; principalmente en los cambios de pila y en la química del polvo del filtro principal.

Con las actividades mencionadas anteriormente se logró mantener un nivel mínimo por arriba del 65% de llenado de la tolva de caliza correctiva y se redujeron los episodios con altas variaciones en el LSF de harina cruda cuando los niveles de la tolva alcanzaban un 40 % de llenado.

Otro punto de estudio fueron los muestreadores con los cuales se captura la muestra de forma automática y es enviada a laboratorio para su análisis químico. Aunque en el balance de LSF donde se verificaron los datos de los muestreos automáticos en comparación con muestreo manual utilizando la misma metodología de muestreo cada 2.5 min y análisis en laboratorio cada hora, en el caso de harina cruda, se observó en noviembre de 2017 que el muestreador de harina cruda en la salida del molino vertical presentó varios problemas y se encontró material atorado.

Estos problemas relacionados a material acumulado dentro del equipo que captura la muestra se debieron a polvo del filtro que, debido a su densidad, se acumula en las paredes del equipo y cuando la cápsula reclama el material este polvo acumulado se va desprendiendo dando así un análisis incorrecto de la muestra. Este escenario sucede únicamente cuando el molino vertical se encuentra fuera de funcionamiento y la muestra es exclusiva del polvo del filtro principal de la línea operativa 3. En la Figura 11 en la sección de anexos Figuras se muestra dos eventualidades donde el LSF del molino bajó repentinamente y el LSF en alimentación y clínker estaban por arriba de los valores normales, es decir mayor a 101. Este fenómeno sucedió porque el muestreador poseía material del polvo del filtro acumulado en su interior y cada hora mandaba material acumulado en su interior mezclado con el material que efectivamente debía muestrear.

Debido a esta contaminación de la muestra el software que controla al molino tomaba decisiones erróneas basadas en reportes de laboratorio que no correspondían a la química real de la muestra horaria y por lo mismo el LSF en los otros puntos se incrementó significativamente y la diferencia también. En la Figura 11 se puede observar que el software de control erróneamente incrementó el porcentaje de caliza correctiva para compensar el falso bajón de LSF en el molino.

Para este evento las acciones a tomar fueron verificar el muestreador con una muestra paralela tomada manualmente y se detectó que efectivamente el muestreador estaba reportando un valor de 92.2 de LSF y la muestra manual reportó un valor de 103.6 de LSF para harina cruda, respaldando lo mencionado anteriormente. Se procedió

a limpiar el muestreador y se estableció una rutina de limpieza cada vez que el molino vertical Atox paraba por más de 6 horas, con la finalidad de asegurarse que no quedara material de polvo del filtro en las paredes internas del muestreador.

Otra de las actividades propuestas en el plan de acción fue evaluar el impacto que tenía el ingreso de cenizas provenientes de la industria de cal en el molino vertical de harina cruda. Donde se observó que a finales de noviembre ocurrieron grandes eventos de diferencia de LSF entre molino de harina cruda y alimentación. Este fenómeno fue producto del incremento de la cantidad de ceniza introducida en el sistema debido al aumento de producción de cal en planta. Se identificó que un flujo de 10t/h no afecta significativamente la diferencia entre harina cruda, alimentación y clínker, por lo cual se estableció el criterio operacional de no superar dicho flujo de inyección de cenizas al molino vertical de harina cruda, regulando la presión de descarga de la pipa de trasladaba la cenizas de la industria calera entre 6 a 7 psi.

Con anterioridad no se había detectado el impacto de inyectar dichas cenizas a un flujo mayor de 10 t/h, pero al incrementarse la producción en la industria calera fue evidente el impacto ya que el operador de la pipa seguía inyectando el material en el mismo lapso de tiempo. El inyectar a un flujo mayor de dicho criterio operacional repercute en el análisis de laboratorio ya que debido a la composición química de las cenizas no es posible analizar al muestra por rayos x con el método de perla fundida y era necesario cambiar al método de perla prensada (Estos métodos son explicados en la sección de marco teórico). Al cambiar de método se utilizan diferentes curvas de calibración ya que uno se base en la cuantificación directa del óxido de calcio (Método fundido) y el otro utilizada una relación para cuantificar el óxido de calcio en base al carbonado de calcio (Método prensado) que a su vez introduce un error ya que no se cuantifica el óxido de calcio puro proveniente de las cenizas de la industria calera.

Con el nuevo criterio operacional de 10 t/h, no es necesario cambiar de método ya que el material se diluye con las otras 250 t/h de harina cruda producidas por el molino vertical y debido a la cantidad de disminuye el impacto en la diferencia entre clínker y harina cruda. Debido a este fenómeno y los problemas detectados en el muestreador la diferencia del LSF se incrementó hasta 0.99 a en el mes de noviembre como se muestra en la Figura 7 de la sección de resultados, luego de las acciones tomadas para dicha corrección se redujo dicha diferencia a 0.72.

En la Figura 14 se muestran los tres eventos donde se inyectó ceniza al molino vertical de harina cruda en un flujo mayor a 10t/h y como el cambio de método de análisis afectó el valor de LSF en harina cruda y creo una diferencia entre dicho valor y los valores de LSF de alimentador y clínker.

Finalmente debido al hallazgo relativo a la recirculación como una de las principales causas que provoca la diferencia entre los tres puntos de estudio se realizó una prueba industrial con duración de 25 días, habilitando y des habilitando la recirculación en el silo de homogenización. Para ello fue necesario intervenir mecánicamente la válvula de recirculación para eliminar la fuga debido al desgaste del empaque de la misma. Los resultados de la

prueba se muestran en el Cuadro 5 en la sección de datos calculados, donde se muestra que la menor diferencia entre los tres puntos ocurrió sin recirculación dando un resultado de la diferencia máxima de 0.604 y con recirculación un resultado de diferencia máxima para LSF de 0.932 bajo condiciones controladas de otras variables como porcentaje de caliza, consumo térmico y cal libre con la finalidad de asegurarse que dichas variables no fueran influyentes en los resultados de las diferencias durante la prueba industrial.

Las pruebas demostraron que la recirculación sí influye en la diferencia entre harina cruda y alimentación de forma negativa, ya que este flujo representa un 23% de la harina cruda que ingresa al silo de homogenización. Como se muestra en el cuadro 5 en la sección de datos calculados la prueba 2 con recirculación fue descartada debido a valores inusuales de porcentaje de caliza correctiva. Comparando la prueba 1 y prueba 3 claramente se observa que aunque la diferencia de LSF entre los tres puntos disminuye, la desviación en la salida de alimentación también se incrementa.

La recomendación a seguir es evaluar la posibilidad de ingresar la harina cruda que se utiliza en la recirculación en el muestreador para cuantificar el LSF exacto que ingrese al silo de homogenización con el objetivo de disminuir la diferencia y continuar con desviación baja en la salida del silo de homogenización. Además es importante que estos valores sean lo más parecido posible ya que el software de control toma decisiones para orientar la alimentación al molino en base a la desviación de salida del silo.

Un aspecto importante que se debe evaluar es la forma de la cuantificación de la cantidad de material que se recircula, este valor se puede aproximar con base en una relación de cálculo con el incremento del consumo energético del elevador de cangilones que alimenta al silo de homogenización y el porcentaje de la válvula de recirculación.

En la Figura 13 en la sección de Anexos se muestra los resultados de la prueba con recirculación fija, donde efectivamente se observa que existe mayor variación y diferencia en harina cruda pero menor fluctuación en el LSF de alimentación al horno, ya que la recirculación funciona como un amortiguador de altas desviaciones de LSF provenientes del molino.

En su contraparte en la Figura 14 en la sección de anexos se observan los resultados gráficos de la prueba sin recirculación, en efecto se observa que las tres líneas de LSF tanto de Clk, RM y KF se mueven en conjunto, pero también se observa que existe mayor fluctuación tanto de alimentación como clínker en los valores de LSF y que las tendencias tardan más en corregir las desviaciones. Por lo mismo no se procedió a efectuar el cambio a no tener la recirculación fija ya que, aunque se presenta menor diferencia la desviación se incrementa considerablemente lo cual afecta en la estabilidad del horno porque cuando existe muchas fluctuaciones es necesario corregir la desviación en clínker lo antes posible para evitar producto no conforme con la calidad.

IX. CONCLUSIONES

1. Se estableció un plan de acción derivado de un análisis de causa donde se ponderaron las siguientes actividades con base en su impacto e implementación. Donde resaltaron: la modificación de la fineza 170, análisis de muestreador e ingreso de cenizas de industria calera en molino vertical de rodos; estudio del sistema de recirculación en silos de homogenización y modificación del procedimiento de formación de pilas.
2. Se alcanzó una diferencia máxima del LSF en harina cruda, alimentador y clínker de la línea operativa número de 3 de 0.700 cumpliendo el objetivo planteado de poseer una diferencia máxima de 1.000. Lo cual permite un mayor control de la calidad del producto, reduciendo consumo térmico y evitando la generación de producto no conforme con la calidad.
3. Se alcanzó una diferencia máxima del MS en harina cruda, alimentador y clínker de la línea operativa número de 3 de 0.086 cumpliendo el objetivo planteado de poseer una diferencia máxima de 0.100. Lo que permitió tener una mejor fase líquida dentro del horno y favoreció a la formación de mejores cristales de clínker.
4. Se alcanzó una diferencia máxima del MA en harina cruda, alimentador y clínker de la línea operativa número de 3 de 0.071 cumpliendo el objetivo planteado de poseer una diferencia máxima de 0.100.
5. Se estableció que la recirculación en el silo de homogenización presenta un factor significativo para incrementar la diferencia de LSF entre harina cruda y alimentación; sin embargo no se procedió a la eliminación de la recirculación ya que dicho criterio operacional disminuye la desviación del valor de LSF en la salida del silo de homogenización, mejorando la estabilidad operacional del horno de clínker.
6. La homogenización de los materiales varios en la elaboración de pilas pre homogenizadas redujo lo diferencia de MS de 0.094 a 0.060 y del módulo de MA de 0.110 0.090. Disminuyendo de esta forma la variación de la química a lo largo del proceso productivo; lo que permitió un mejor control en los equipos operativos.
7. La modificación al procedimiento de cambio de pila, relativo a la cantidad de caliza correctiva a añadir en la tercera etapa del procedimiento, redujo la diferencia de LSF de 1.09 a 0.94. Disminuyendo de esta forma no solo la diferencia sino la variación de la química en la salida del molino vertical de harina cruda; lo que a su vez se traduce en mejor desempeño de dicho molino.
8. El control operacional establecido para la inyección de cenizas provenientes de la industria calera a un flujo de inyección no mayor a 10 t/h en el molino vertical de harina cruda redujo la diferencia de LSF de 0.99 a 0.72. De esta forma se reducen costos de análisis extra en el laboratorio de control de calidad y se evitan paros operaciones del molino relativo al incremento de las vibraciones debido a una saturación de material dentro del molino.

X. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la posibilidad de ingresar la harina cruda que se utiliza en la recirculación en el muestreador para cuantificar el LSF exacto que ingrese al silo de homogenización con el objetivo de disminuir la diferencia y continuar con desviación baja en la salida del silo de homogenización.

2. Establecer una rutina de inspección del funcionamiento de los muestreadores durante paros prolongados del molino vertical y posterior a mantenimientos para evitar que la secuencia de muestreo cambie luego de una intervención al mismo.

XI. BIBLIOGRAFÍA

CPI. 2003. *Producción de Clinker*. Cement Performance International.

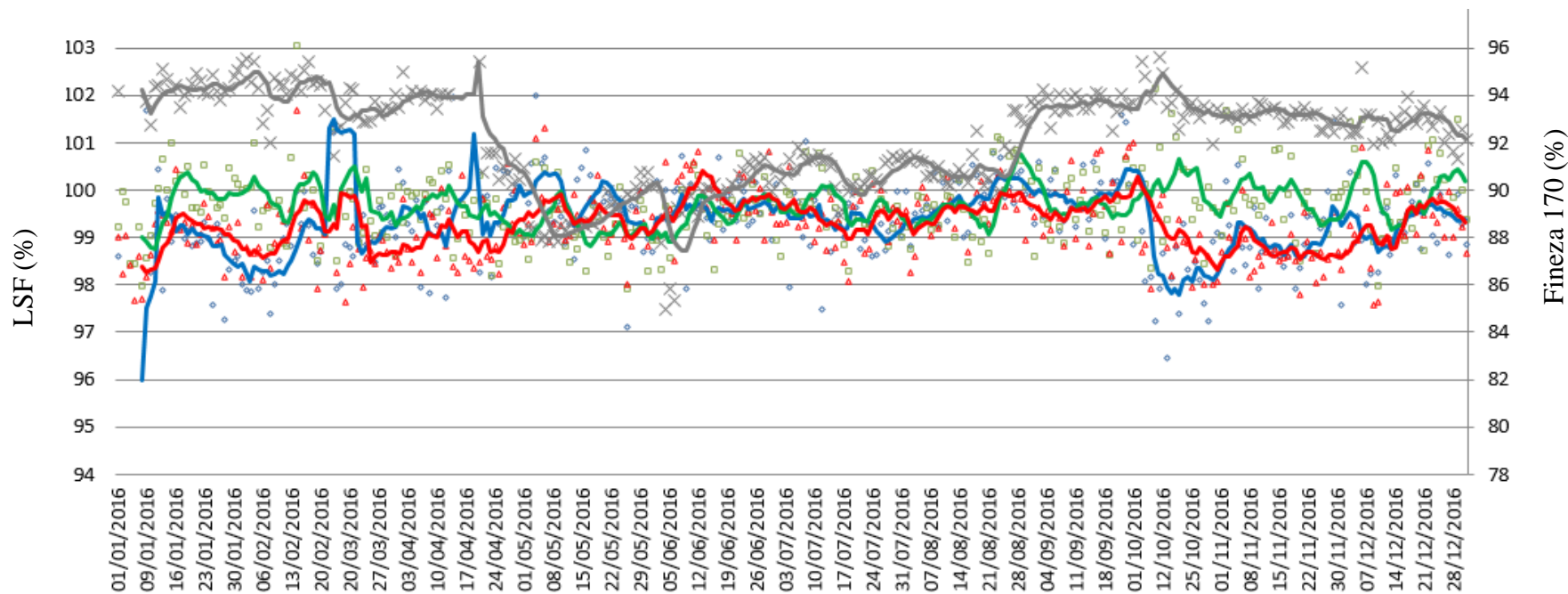
Holcim Grup. 2012. *Process Performer Engineer guide*. Mill grinder, homogenization silo and kiln.

Huntzinger, D; Eatmon, T. 2008. *A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies*.
En <http://www.sciencedirect.com/science/article> [Con consulta el 18 enero 2018]

McCabe, W. 2007. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Séptima edición: editorial McGraw-Hill. México. 1208 pp.

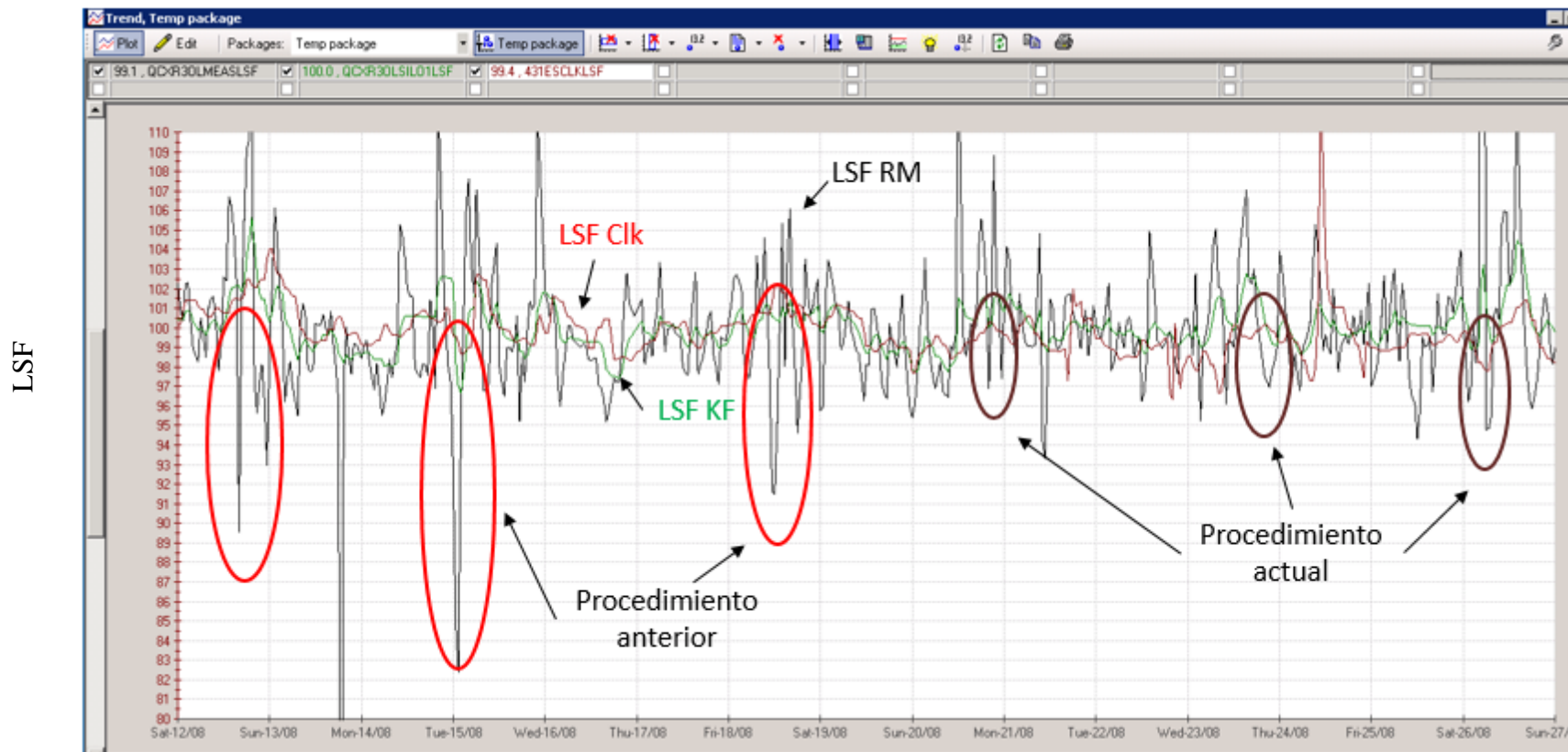
A. FIGURAS

Figura 8. Fineza 170 en molino vertical de harina cruda vrs LSF en harina cruda, alimentador y Clínker.



Nota: se utilizó un promedio diario histórico para determinar el valor promedio de cada segmento del tiempo y se comparó con la diferencia de LSF promedio en cada segmento del tiempo. Es importante mencionar que durante el último mes donde todavía se observa una diferencia de LSF entre los tres puntos de interés y donde la fineza 170 ya posee un valor superior a 102, pero las condiciones de operación del horno cambiaron: el mismo se trabajó a un rendimiento menor debido a que con dicha fineza y manteniendo el nivel de oxigenación en el horno no se lograban alcanzar los mismos niveles de estabilidad en el LSF en clínker.

Figura 9. Valores de LSF en harina cruda, alimentador y clínker posterior a las modificación en procedimiento de cambio de pila

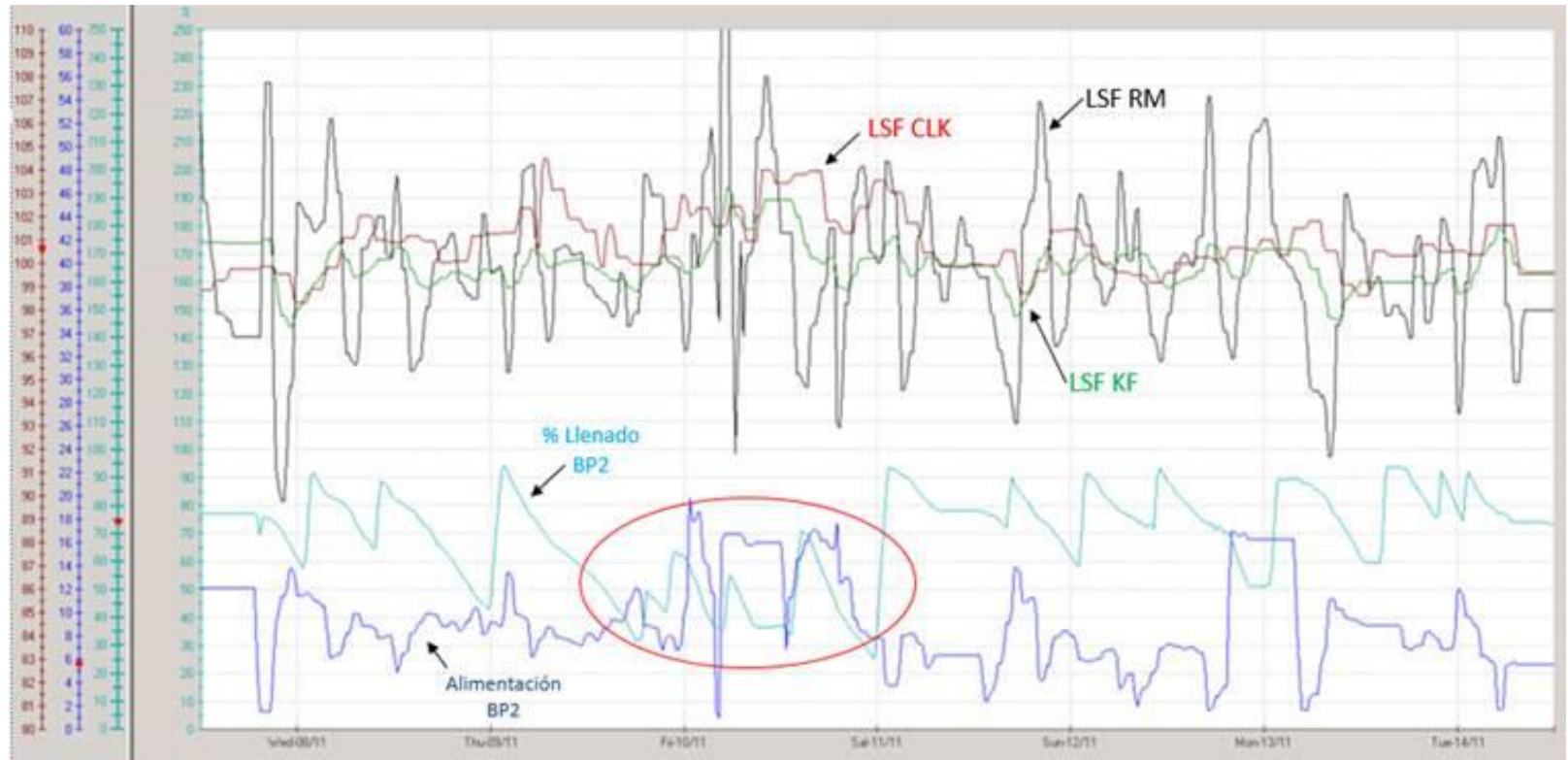


Nota: Se observa en los puntos señalados con color rojo que la desviación en harina cruda derivada de la segregación de esquisto en cambios de pila provocaba alta diferencia entre harina cruda y los otros dos puntos de interés. Luego de las modificación e introducción de mayor caliza correctiva durante la etapa tres del cambio de pila estas fluctuaciones de bajo LSF disminuyeron significativamente.

LSF

Alimentación de caliza correctiva en receta (%)

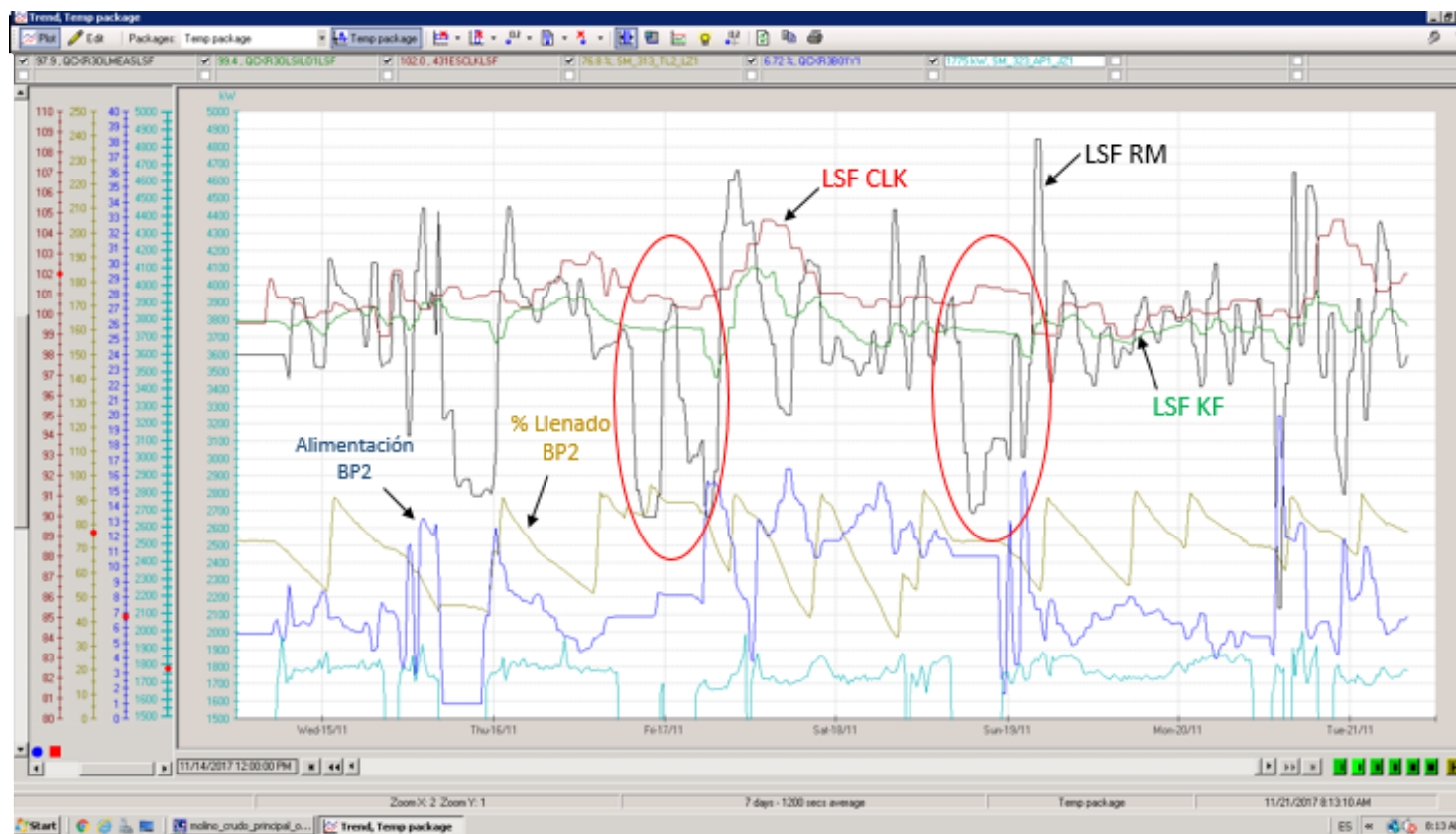
Llenado de tolva de caliza correctiva (%)



Nota: En la parte superior del gráfico se observan las tendencias de LSF en los tres puntos de interés y en la parte inferior se muestra en celeste la tendencia del porcentaje de llenado de la tolva y como este valor impacta en la fluctuación del LSF en harina cruda (RM por sus siglas en inglés) y a su vez el impacto que posee en el incremento de la proporción de caliza correctiva en receta. El segmento circulado es donde se encuentra el incumplimiento al nivel mínimo de la tolva de caliza.

Figura 11. Valores de LSF en RM, KF y Clk en comparación a alimentación de caliza, porcentaje de llenado de la tolva de caliza correctiva y operatividad del molino.

LSF
 Alimentación de caliza correctiva en receta (%)
 Llenado de tolva de caliza correctiva (%)
 Consumo energético del motor principal (kW/h)



Nota: En la parte superior del gráfico se observan las tendencias de LSF en los tres puntos de interés y en la parte inferior se muestra en azul la alimentación de caliza correctiva, en dorado el porcentaje de llenado de la tolva y en celeste los kW del motor principal del molino vertical de harina curda como prueba que dichas variables no intervinieron en los fenómenos observados y señalizados con rojo. Donde claramente se observa un bajón en el LSF de RM o harina cruda.

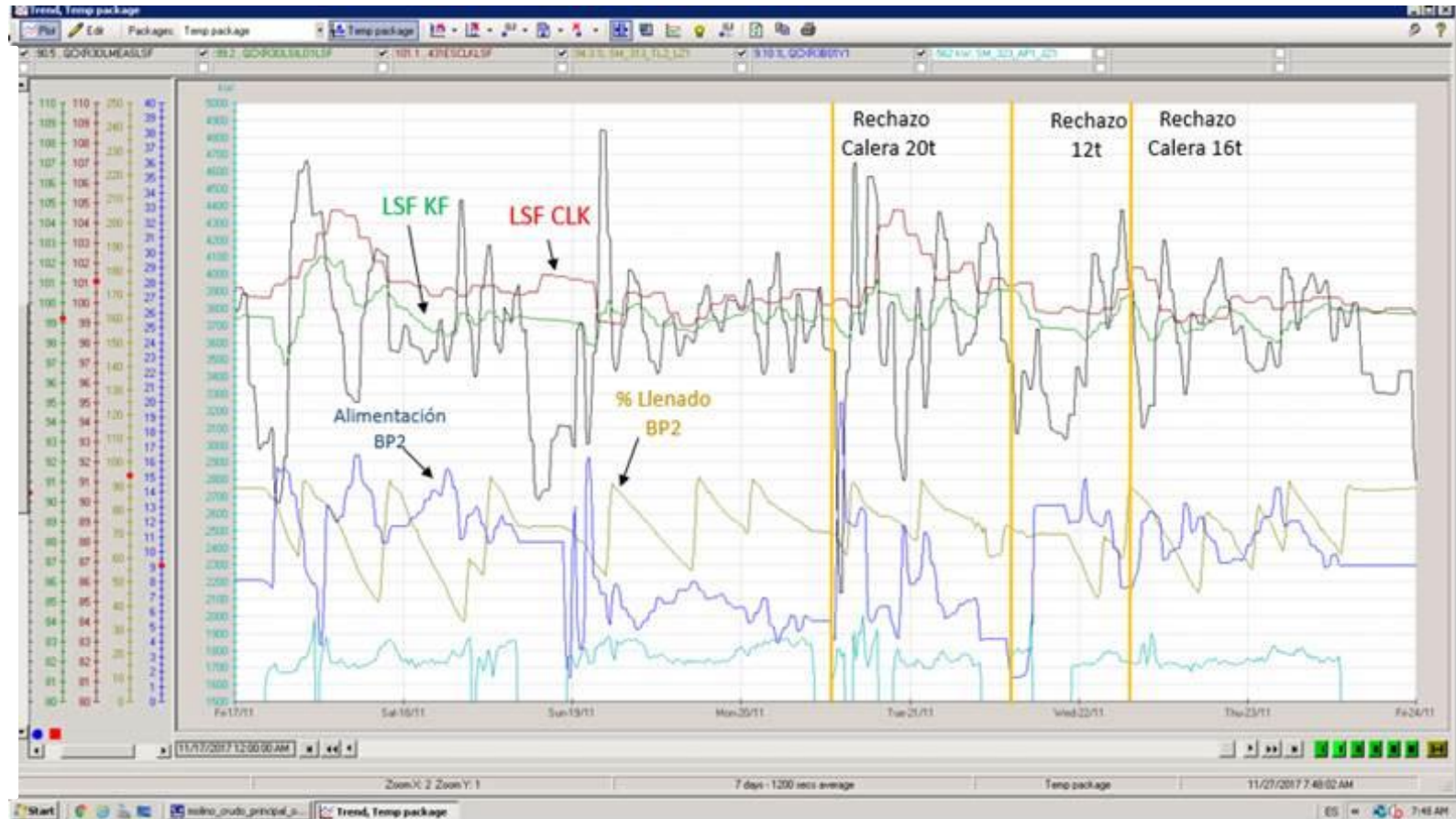
Figura 12. Valores de LSF en RM, KF y Clk en comparación a alimentación de caliza, porcentaje de llenado de la tolva de caliza correctiva, operatividad del molino e ingreso de cenizas provenientes de industria calera

LSF

Alimentación de caliza correctiva en receta (%)

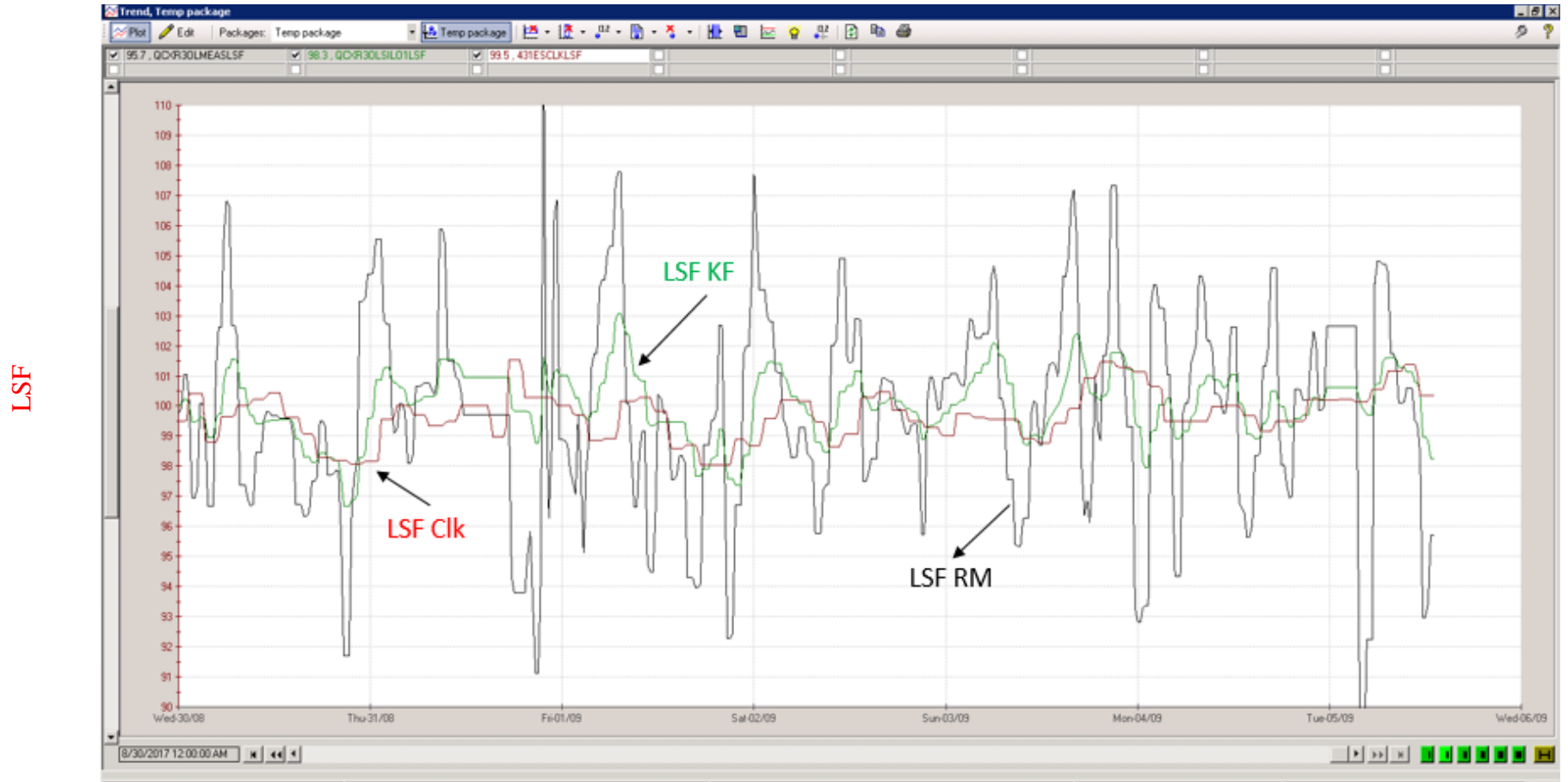
Llenado de tolva de caliza correctiva (%)

Consumo energético del motor principal (kW/h)



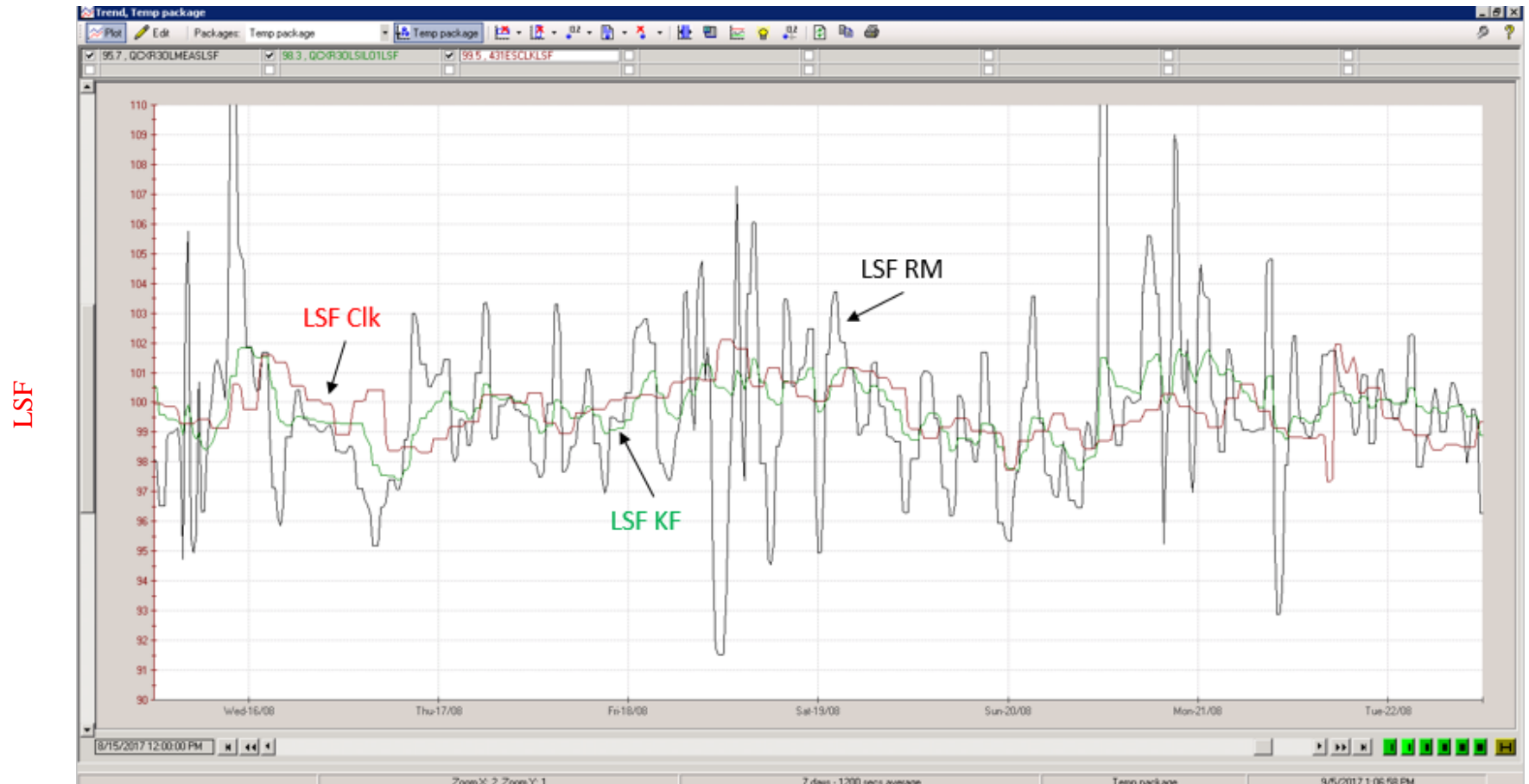
Nota: En la parte superior del gráfico se observan las tendencias de LSF en los tres puntos de interés y en la parte inferior se muestra en azul la alimentación de caliza correctiva, en dorado el porcentaje de llenado de la tolva y en celeste los kW del motor principal del molino vertical de harina curda como prueba que dichas variables no intervinieron en los fenómenos observados y señalizados con línea amarilla. Donde claramente se observa un bajón en el LSF de RM o harina cruda.

Figura 13. Valores de LSF en RM, KF y Clk durante prueba industrial con recirculación



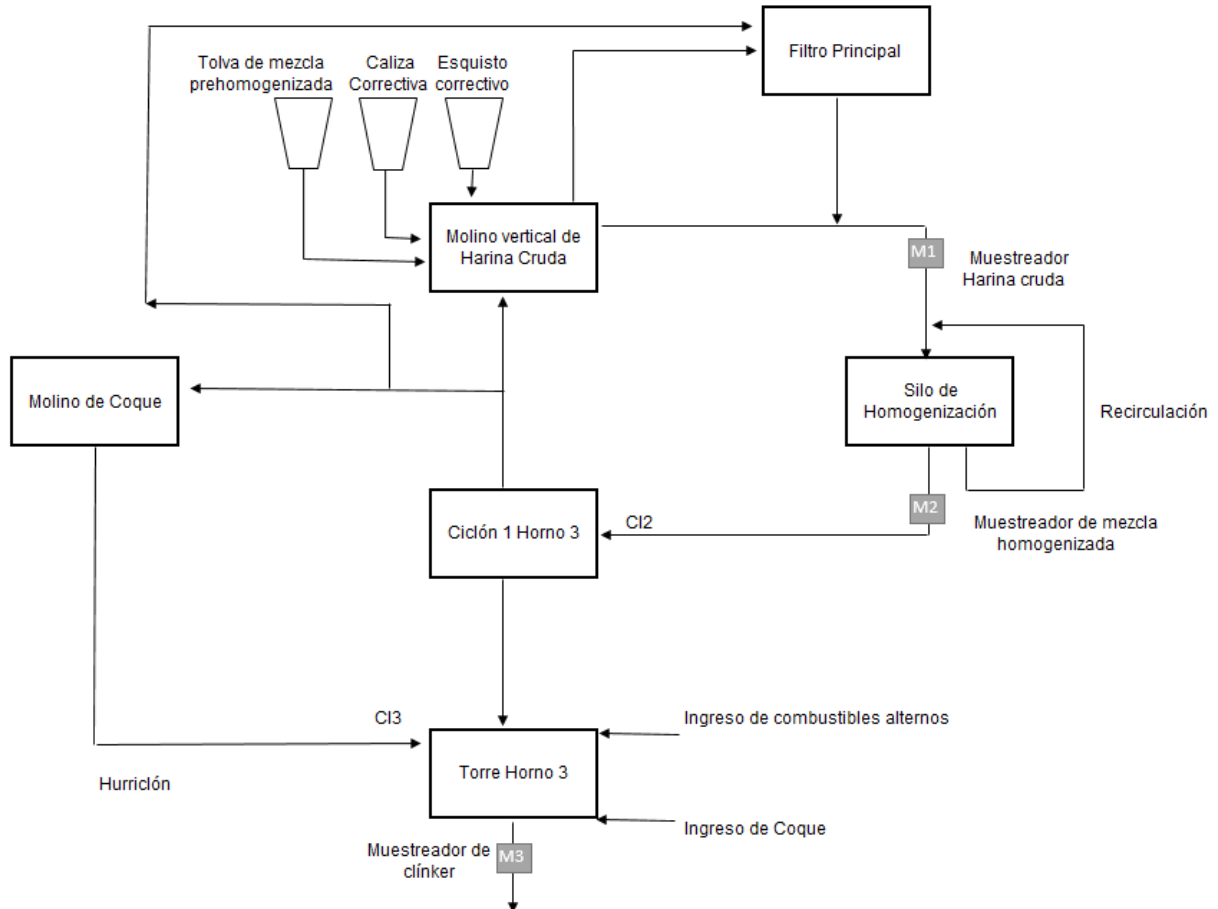
Nota: en el gráfico se muestra como la tendencia de harina cruda posee mayor desviación y no persigue el patrón de los valores de alimentación y clínker.

Figura 14. Valores de LSF en RM, KF y Clk durante prueba industrial sin recirculación



Nota: en el gráfico se muestra como la tendencia de harina cruda, alimentación y clínker poseen un mismo patrón derivado de tener una menor diferencia entre los tres puntos de interés.

Figura 15. Diagrama de corriente sólida a lo largo del proceso productivo de clínker de la línea operativa 3



Nota: M1, M2 y M3 son los puntos gráficos donde se muestrean los óxidos que establecen la composición química de la harina cruda saliente del molino vertical, del silo de homogenización y el producto final: clínker. También se muestra las tres tolvas de materiales que alimentan al molino vertical de harina cruda, siendo estas la tolva de mezcla pre homogenizada, caliza y esquisto correctivos para corregir la química de dicha mezcla pre homogenizada.

B. DATOS ORIGINALES

Cuadro 5. Datos de óxidos y fineza 170 obtenidos en harina cruda en molino vertical de harina cruda

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
01/01/2017	13.587413703704	3.207797814815	1.675342555556	42.731659259259	92.39333333
02/01/2017	13.602176666667	3.270462208333	1.696627041667	42.713857500000	91.70666667
03/01/2017	13.570640000000	3.250782846154	1.686012500000	42.748303076923	92.93000000
04/01/2017	13.484883225807	3.190787290323	1.675524870968	42.499451290323	93.51000000
05/01/2017	13.575223333333	3.168215500000	1.695141125000	42.425658333333	93.05333333
06/01/2017	13.620452500000	3.160322458333	1.688901083333	42.445418750000	92.94000000
07/01/2017	13.481131000000	3.163577633333	1.670895266667	42.330431333333	92.98800000
08/01/2017	13.683236250000	3.163708166667	1.687560625000	42.614728333333	93.11000000
09/01/2017	13.603668000000	3.300949750000	1.749090500000	42.425232500000	93.21666667
10/01/2017	13.559526206897	3.174528448276	1.691431000000	42.610342758621	93.54000000
11/01/2017	13.618492692308	3.133295615385	1.693204269231	42.657486923077	93.43000000
12/01/2017	13.661966363636	3.301683090909	1.760248000000	42.511078181818	92.72000000
13/01/2017	13.624194583333	3.117459375000	1.693358916667	42.632014583333	92.60000000
14/01/2017	13.553556666667	3.206493833333	1.690811966667	42.382546000000	92.51666667
15/01/2017	13.411724166667	3.305438708333	1.718730458333	42.365520000000	93.14333333
16/01/2017	13.457019000000	3.314121700000	1.719933500000	42.288391500000	92.86400000
17/01/2017	13.304530714286	3.217176928571	1.690029821429	42.271476071429	93.60666667
18/01/2017	13.364005416667	3.157202125000	1.726666625000	42.454867083333	93.09666667
19/01/2017	13.446950416667	3.196166083333	1.739004833333	42.322488333333	93.02000000
20/01/2017	13.402566666667	3.205210047619	1.753732619048	42.532005714286	92.56000000
21/01/2017	13.655198333333	3.248941166667	1.663730100000	42.618674333333	93.10800000
22/01/2017	13.585960416667	3.196998583333	1.538254583333	42.979830000000	93.54000000
23/01/2017	13.741212272727	3.224197590909	1.543758181818	42.942224090909	93.33333333
24/01/2017	13.563392812500	3.177448125000	1.567644406250	42.876060312500	93.48333333
25/01/2017	13.684714166667	3.322618375000	1.660126875000	42.684442500000	93.62000000
26/01/2017	13.561987500000	3.232882850000	1.655017950000	42.490497000000	93.61200000
27/01/2017	14.026464000000	3.323698350000	1.721683450000	42.145462500000	93.28000000
28/01/2017	13.496533333333	3.189696500000	1.673171333333	42.263426666667	93.20333333
29/01/2017	13.457931428571	3.175342571429	1.634376523810	42.270144761905	93.07000000
30/01/2017	13.505199939394	3.195132484848	1.635947030303	42.094658787879	93.74333333
31/01/2017	13.482541666667	3.085370583333	1.628987583333	42.388955416667	93.91333333
01/02/2017	13.665741250000	3.320640000000	1.726762875000	42.109439375000	94.00500000
02/02/2017	13.776593529412	3.464335941176	1.742081235294	41.768044117647	92.65000000
03/02/2017	13.523788750000	3.198416375000	1.620189875000	42.558839166667	92.69333333
04/02/2017	13.587679583333	3.282881250000	1.645603083333	42.569240000000	92.82500000
05/02/2017	13.353369090909	3.306422681818	1.659515227273	42.314626363636	92.82500000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
06/02/2017	13.504737083333	3.163525041667	1.646026833333	42.468884583333	92.76666667
07/02/2017	13.471720000000	3.162807583333	1.653857708333	42.440471250000	93.04666667
08/02/2017	13.402088000000	3.133058833333	1.632357533333	42.599675000000	93.08000000
09/02/2017	13.554614166667	3.210879166667	1.621576458333	42.605504166667	92.80666667
10/02/2017	13.536657500000	3.195294916667	1.636541416667	42.589386666667	92.16333333
11/02/2017	13.457781250000	3.155572666667	1.626339541667	42.632141250000	91.72333333
12/02/2017	13.530852083333	3.179066583333	1.638780541667	42.565082083333	92.09000000
13/02/2017	13.522748571429	3.247047000000	1.660012571429	42.658097857143	91.58000000
04/03/2017	13.363056875000	3.230063750000	1.672581875000	42.212099375000	92.76500000
05/03/2017	13.493783000000	3.139088633333	1.618473200000	42.239904333333	92.36000000
06/03/2017	13.355038181818	3.231053181818	1.637147000000	42.118974545455	94.26000000
07/03/2017	13.400055000000	3.132820350000	1.608975800000	42.238629500000	92.34000000
08/03/2017	13.326210000000	3.154743956522	1.623165565217	42.077338695652	92.85200000
09/03/2017	13.400370833333	3.123570083333	1.639204541667	42.232421666667	92.80333333
10/03/2017	13.501444166667	3.182554708333	1.656488208333	42.035719583333	93.18666667
11/03/2017	13.439472258065	3.171548903226	1.638280870968	42.102638064516	93.46000000
12/03/2017	13.521353750000	3.207299000000	1.664915375000	42.194149583333	93.60000000
13/03/2017	13.501832083333	3.166898625000	1.656127708333	42.131175416667	93.68333333
14/03/2017	13.450468787879	3.159726818182	1.640794575758	42.167020303030	93.43166667
15/03/2017	13.433407916667	3.166105958333	1.658662166667	42.034592916667	93.24333333
16/03/2017	13.427240909091	3.167962954545	1.658733272727	42.151781363636	92.63500000
17/03/2017	13.442913157895	3.240594421053	1.642027789474	42.083354210526	91.22000000
18/03/2017	13.380083333333	3.098401041667	1.591332375000	42.225580000000	91.58333333
19/03/2017	13.316931290323	3.089447709677	1.588798483871	42.315013548387	92.40000000
20/03/2017	13.581205500000	3.166177900000	1.599937250000	42.067582500000	92.12400000
22/03/2017	13.400730454546	3.133970181818	1.577517636364	42.031099545455	91.85200000
23/03/2017	13.417558076923	3.148323307692	1.613855076923	42.251925769231	91.81666667
24/03/2017	13.532801250000	3.178933000000	1.656882562500	42.554735625000	91.57500000
25/03/2017	13.599238750000	3.214079437500	1.671179562500	42.321177500000	92.22000000
26/03/2017	13.530436000000	3.133546350000	1.622128000000	42.203546500000	90.36666667
27/03/2017	13.682290555556	3.177135111111	1.658858833333	42.167945000000	91.13500000
28/03/2017	13.234710000000	3.662415444444	1.807824388889	42.138652222222	91.96000000
29/03/2017	13.288840550000	3.135502900000	1.611651400000	42.510304500000	91.72800000
30/03/2017	13.693365312500	3.068531156250	1.615834437500	42.823256875000	92.66666667
31/03/2017	13.890495833333	2.966601083333	1.616958416667	42.861792500000	92.78666667
01/04/2017	13.712513181818	2.997484181818	1.638260727273	42.839880909091	93.16000000
02/04/2017	13.649289615385	3.320980769231	1.734789653846	43.019477692308	92.26000000
03/04/2017	13.640792272727	3.414133318182	1.777517363636	42.943545454546	92.50000000
04/04/2017	13.612367826087	3.366634782609	1.767645695652	42.947635652174	92.31571429

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
05/04/2017	13.666589629630	3.460043185185	1.783159296296	42.826463703704	91.66600000
06/04/2017	13.620107916667	3.468778458333	1.772143458333	42.992241250000	91.49800000
07/04/2017	13.599266000000	3.606967400000	1.833550950000	42.765977500000	93.27600000
08/04/2017	13.515075000000	3.519448416667	1.813030000000	42.638340000000	93.06200000
09/04/2017	13.724715000000	3.485369055556	1.749574666667	42.589177777778	92.42500000
10/04/2017	13.678404117647	3.486753529412	1.787914058824	42.641815882353	92.43250000
11/04/2017	13.629806666667	3.440925750000	1.757628041667	42.734887083333	92.99833333
12/04/2017	13.628710000000	3.364910571429	1.776615392857	42.781166428571	94.20600000
13/04/2017	13.653569500000	3.347619700000	1.750037700000	42.795383000000	93.75666667
14/04/2017	13.683674137931	3.328374724138	1.752132827586	42.756278620690	93.37500000
15/04/2017	13.740992692308	3.323507192308	1.729162307692	42.664195000000	93.41571429
16/04/2017	13.771000833333	3.334309583333	1.766069416667	42.813478333333	93.91666667
17/04/2017	13.689047916667	3.318050333333	1.757710625000	42.798882916667	93.43000000
18/04/2017	13.659182962963	3.374212370370	1.761855740741	42.625386666667	93.28333333
19/04/2017	13.696956666667	3.278533791667	1.735939416667	42.823499166667	92.81500000
20/04/2017	13.600004545455	3.322921909091	1.754556090909	42.609968181818	92.26500000
26/04/2017	13.621782000000	3.383988100000	1.743523950000	42.621794500000	91.89200000
27/04/2017	13.665001666667	3.307765083333	1.697803333333	42.938289166667	91.94333333
28/04/2017	13.693467727273	3.349130636364	1.711713818182	42.653065909091	90.48666667
29/04/2017	13.707452222222	3.360577666667	1.716957111111	42.608601666667	91.73333333
30/04/2017	13.888659433962	3.360409660377	1.734139415094	42.646006603774	91.84000000
01/05/2017	13.544168750000	3.334786062500	1.753143812500	42.709601875000	92.55500000
02/05/2017	13.676561904762	3.332921904762	1.763344000000	42.815565714286	91.79833333
03/05/2017	13.657375769231	3.253458692308	1.725903230769	42.695272307692	91.15571429
04/05/2017	13.591612666667	3.276025200000	1.738419533333	42.701440666667	90.92000000
05/05/2017	13.647693529412	3.243093294118	1.736310588235	42.893708823529	90.12714286
06/05/2017	13.453330967742	3.176775645161	1.725390677419	42.685835806452	89.72375000
07/05/2017	13.622582380952	3.300661142857	1.752041047619	42.580725238095	90.47375000
08/05/2017	13.556461739130	3.228953913043	1.745417217391	42.648954782609	91.01600000
09/05/2017	13.584970000000	3.190249285714	1.699888761905	42.718902857143	90.69800000
10/05/2017	13.686326923077	3.181545615385	1.727232769231	42.850156153846	91.10000000
11/05/2017	13.593902941177	3.442629588235	1.837242176471	42.584388235294	89.75666667
12/05/2017	13.517593478261	3.154045391304	1.732392260870	42.907509130435	90.26750000
13/05/2017	13.704565000000	3.269925090909	1.737442454545	42.755716818182	89.94000000
14/05/2017	13.627617826087	3.268487826087	1.756997826087	42.389484347826	91.49000000
15/05/2017	13.710924000000	3.204883250000	1.704875600000	42.545371000000	90.56500000
16/05/2017	13.527702222222	3.173069777778	1.700367555556	42.658821666667	91.40200000
17/05/2017	13.448704347826	3.148249304348	1.728095434783	42.486236521739	91.89400000
18/05/2017	13.548980416667	3.196090958333	1.727276166667	42.598930000000	90.81200000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
19/05/2017	13.532830000000	3.149564800000	1.728475700000	42.562812500000	90.98000000
20/05/2017	13.611169130435	3.153047173913	1.736448869565	42.599495652174	90.26600000
21/05/2017	13.427218636364	3.113750636364	1.706328863636	42.555151818182	89.87200000
22/05/2017	13.603454347826	3.158711869565	1.719539652174	42.684160000000	90.60800000
23/05/2017	13.525238235294	3.166999647059	1.719587117647	42.475272941177	90.41750000
24/05/2017	13.504610000000	3.074837708333	1.694635166667	42.736670416667	90.50500000
25/05/2017	13.572488333333	3.085152625000	1.702303916667	42.796515416667	90.73500000
26/05/2017	13.544632068966	3.086267862069	1.748978724138	42.697493103448	91.11800000
27/05/2017	13.676341250000	3.090273000000	1.715429916667	42.899190000000	90.82833333
28/05/2017	13.660976842105	3.143857684211	1.736612052632	42.682924736842	90.59750000
29/05/2017	13.483297500000	3.153629250000	1.711934050000	42.745782000000	91.18200000
30/05/2017	13.512700000000	3.107967444444	1.714889444444	42.631651111111	90.60500000
31/05/2017	13.447059642857	3.166771357143	1.710431785714	42.639878571429	91.48166667
01/06/2017	13.439847777778	3.198753166667	1.702965666667	42.528392222222	91.33600000
02/06/2017	13.511066363636	3.200512090909	1.739120681818	42.653655000000	91.40800000
03/06/2017	13.471602692308	3.201467230769	1.726352115385	42.724276153846	91.65800000
04/06/2017	13.481483157895	3.192539736842	1.721674842105	42.537825789474	92.03000000
05/06/2017	13.434381666667	3.148557222222	1.705665166667	42.779095000000	90.75250000
09/06/2017	13.583608421053	3.256021421053	1.715533789474	42.673295263158	90.48400000
10/06/2017	13.545176250000	3.186047291667	1.696376208333	42.610105416667	89.20333333
11/06/2017	13.497785925926	3.162875925926	1.674724074074	42.614556666667	89.24000000
12/06/2017	13.575230454546	3.300452681818	1.715703545455	42.486109545455	90.65250000
13/06/2017	13.591010476191	3.190190238095	1.677773619048	42.803009523810	90.98000000
14/06/2017	13.571580000000	3.381066428571	1.732327428571	42.522654285714	90.46333333
15/06/2017	13.783677586207	3.255919206897	1.679242310345	42.711484482759	92.18333333
16/06/2017	13.705377142857	3.379618785714	1.710497928571	42.568385714286	92.07500000
17/06/2017	13.706849047619	3.319032047619	1.701190142857	42.574090000000	91.02400000
18/06/2017	13.607337894737	3.309689578947	1.691982842105	42.780636842105	92.02400000
19/06/2017	13.613272962963	3.265783629630	2.219186111111	42.587151851852	91.25750000
20/06/2017	13.639573333333	3.097355571429	1.710505761905	42.731839523810	90.09600000
21/06/2017	13.567070833333	3.107578500000	1.694533083333	42.691754583333	89.67166667
22/06/2017	13.601724210526	3.436819789474	1.825341736842	42.477171578947	89.63500000
23/06/2017	13.660493913044	3.186197695652	1.709939869565	42.896269565217	89.33333333
24/06/2017	13.673126363636	3.239660045455	1.750020772727	42.829245000000	88.55750000
25/06/2017	13.584940625000	3.138056531250	1.701941781250	42.879222812500	89.04000000
26/06/2017	13.477401304348	3.265363304348	1.718430869565	42.649135652174	89.00600000
27/06/2017	13.522006250000	3.175254333333	1.679693291667	42.620703750000	88.91666667
28/06/2017	13.565090000000	3.198172740741	1.673418259259	42.719785555556	89.02833333
29/06/2017	13.572276666667	3.389447833333	1.749408666667	42.684017916667	89.87000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
30/06/2017	13.747916206897	3.356451931034	1.724283620690	42.606496896552	89.50000000
01/07/2017	13.646695600000	3.236388680000	1.698461760000	42.697972000000	89.24400000
02/07/2017	13.654308260870	3.288187217391	1.720509782609	42.618818695652	89.05600000
03/07/2017	13.833995357143	3.381274035714	1.746234321429	42.570168928571	89.48800000
04/07/2017	13.610629166667	3.148475208333	1.675394916667	42.800982916667	90.58666667
05/07/2017	13.645280000000	3.143306458333	1.659789208333	42.759585833333	90.28833333
06/07/2017	13.768458333333	3.184051933333	1.674476100000	42.594027333333	90.76833333
07/07/2017	13.587700909091	3.393043863636	1.744742090909	42.738831818182	89.94333333
08/07/2017	13.510314347826	3.480467652174	1.787600173913	42.499063478261	90.97600000
09/07/2017	13.839695806452	3.559068806452	1.813145129032	42.338830645161	88.73200000
10/07/2017	13.505595416667	3.295780333333	1.705517916667	42.826624583333	89.60500000
11/07/2017	13.465800833333	3.377399333333	1.747444625000	42.685374166667	87.92600000
12/07/2017	13.637694827586	3.366341827586	1.748261310345	42.627698620690	89.72800000
13/07/2017	13.562744166667	3.184489291667	1.684012750000	42.783599583333	92.08833333
14/07/2017	13.559454166667	3.189731166667	1.683461083333	42.841564166667	91.79166667
15/07/2017	13.778821818182	3.256688969697	1.697190484848	42.597868787879	91.06666667
16/07/2017	13.550327916667	3.257829416667	1.667795208333	42.810695833333	90.50333333
17/07/2017	13.572525833333	3.432114958333	1.759604250000	42.674797083333	92.15666667
18/07/2017	13.750803548387	3.445293838710	1.769019354839	42.575517096774	91.86166667
19/07/2017	13.597100833333	3.330902125000	1.736076416667	42.782112500000	92.07200000
20/07/2017	13.660316818182	3.744698818182	1.904177272727	42.334530454546	92.63000000
21/07/2017	13.632669032258	3.265849612903	1.703238451613	42.721889677419	92.39333333
22/07/2017	13.624591666667	3.239169916667	1.704186333333	42.837094166667	92.18333333
23/07/2017	13.723296000000	3.341836833333	1.736004033333	42.664714333333	91.23000000
24/07/2017	13.526153750000	3.503149500000	1.747184583333	42.694067916667	91.47200000
25/07/2017	13.623358064516	3.328231483871	1.682690161290	42.665757419355	90.92666667
26/07/2017	13.600373600000	3.186203960000	1.687050120000	42.901010400000	89.93666667
27/07/2017	14.034904000000	3.362885120000	1.762419840000	43.202310400000	91.13500000
28/07/2017	13.613121250000	3.188392375000	1.703319125000	42.847872500000	90.58000000
29/07/2017	13.860032666667	3.186205600000	1.701856766667	42.619023333333	89.82666667
30/07/2017	13.654283750000	3.301078833333	1.756069375000	42.802150416667	89.53000000
31/07/2017	13.705611333333	3.261929600000	1.710399333333	42.873915333333	89.80500000
01/08/2017	13.632066250000	3.242741333333	1.709871458333	42.769751666667	90.08166667
02/08/2017	13.876673225807	3.338873774194	1.731030354839	42.518332580645	89.05000000
03/08/2017	13.577945833333	3.378588708333	1.732153250000	42.833977500000	90.29800000
04/08/2017	13.526433750000	3.351425916667	1.723646958333	42.680587083333	90.10750000
05/08/2017	13.661091666667	3.254158833333	1.680446083333	42.756177083333	90.48333333
06/08/2017	13.657940645161	3.237857322581	1.711709225806	42.580293225806	90.70800000
07/08/2017	13.696199166667	3.122272791667	1.692307250000	42.741852916667	91.80500000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
08/08/2017	13.650133750000	3.142289500000	1.714651291667	42.641540416667	91.68400000
09/08/2017	13.647003636364	3.127104333333	1.681967424242	42.622126969697	90.49200000
10/08/2017	13.706329583333	3.311463083333	1.729656125000	42.597088333333	90.81333333
11/08/2017	13.562516250000	3.215344875000	1.670493125000	42.770820000000	90.69142857
12/08/2017	13.449621470588	3.152315176471	1.640950205882	42.969398529412	91.25200000
13/08/2017	13.653927916667	3.226823625000	1.715033916667	42.808162916667	90.69500000
14/08/2017	13.380467500000	3.605522833333	1.839118625000	42.639603333333	91.04000000
15/08/2017	13.618990333333	3.210161900000	1.703173966667	42.958072000000	91.13333333
16/08/2017	13.706097500000	3.244751375000	1.757768125000	42.806448750000	89.70500000
17/08/2017	13.694733333333	3.111032333333	1.704358625000	42.937805833333	90.46571429
18/08/2017	13.583549354839	3.119395419355	1.674488096774	42.885139032258	91.00400000
19/08/2017	13.657805000000	3.113494625000	1.700417541667	42.713302916667	90.29833333
20/08/2017	13.593011000000	3.071964666667	1.680574766667	43.074108000000	90.57500000
21/08/2017	13.575205000000	3.028997423077	1.684631461538	42.707715769231	91.15333333
22/08/2017	13.656462500000	3.058855625000	1.705104500000	42.776760000000	90.57500000
23/08/2017	13.555166551724	2.987086827586	1.645438206897	42.870336551724	90.86166667
24/08/2017	13.720205000000	2.999844666667	1.657726041667	42.925538333333	89.41714286
25/08/2017	13.607020416667	3.128094666667	1.722349708333	42.790681250000	90.88600000
26/08/2017	13.632792000000	2.966417733333	1.624773800000	43.041396666667	90.82500000
27/08/2017	13.903006666667	3.173687666667	1.712147666667	43.031674583333	90.33333333
28/08/2017	13.544124827586	3.113722413793	1.668284310345	43.114626551724	90.83166667
29/08/2017	13.733395000000	3.102791083333	1.657282875000	43.058320833333	89.39500000
30/08/2017	13.758632500000	3.144760958333	1.671438916667	42.940195416667	90.87833333
31/08/2017	13.551093500000	3.188954450000	1.686995450000	42.888665500000	91.21600000
01/09/2017	13.682548518519	3.213903555556	1.768880370370	42.901470370370	90.14000000
02/09/2017	13.648309166667	2.988922916667	1.689122958333	42.835287500000	90.27333333
03/09/2017	13.631292903226	3.000812290323	1.682036516129	43.079495161290	90.38333333
04/09/2017	13.649685833333	2.997119250000	1.684254166667	42.895777916667	90.86000000
05/09/2017	13.737765454546	3.115566454545	1.723329227273	42.984175454546	90.43666667
06/09/2017	13.691903333333	3.011713233333	1.687823833333	42.952961333333	90.25333333
07/09/2017	13.756298181818	3.424885681818	1.883661863636	42.736840454546	90.74666667
08/09/2017	13.638256250000	2.984855250000	1.744069416667	42.932402916667	90.70666667
09/09/2017	13.296808620690	3.284941827586	1.760004655172	42.781017586207	90.54000000
10/09/2017	13.479209166667	3.271619583333	1.752448208333	42.929112083333	90.53600000
11/09/2017	13.351630909091	3.634964272727	1.915860545455	42.417889090909	91.23000000
12/09/2017	13.162984166667	3.373301083333	1.758070000000	42.438175833333	89.68500000
13/09/2017	13.469438095238	3.467629857143	1.790873285714	42.591176190476	91.62000000
14/09/2017	13.409944761905	3.288677619048	1.739738952381	42.569430476191	89.80800000
15/09/2017	13.643673600000	3.137774360000	1.688783360000	42.444123200000	90.83333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
16/09/2017	13.521753333333	3.145770958333	1.701234250000	42.729910416667	89.56400000
17/09/2017	13.578837333333	3.129713066667	1.677759333333	42.579037333333	90.16400000
18/09/2017	13.384799166667	3.127707625000	1.614659666667	42.483721666667	90.74666667
19/09/2017	13.457926666667	3.227050833333	1.681290875000	42.536946250000	90.92000000
20/09/2017	13.507420645161	3.206661064516	1.616141225806	42.784348387097	90.81500000
21/09/2017	13.562629166667	3.313389000000	1.609869875000	42.914205416667	90.41833333
22/09/2017	13.761514615385	3.405303807692	1.624632384615	42.921393076923	91.25400000
23/09/2017	13.448882222222	3.476317111111	1.684620407407	42.969514444444	91.10500000
24/09/2017	13.549174444444	3.326757814815	1.645926000000	42.858332222222	89.76500000
25/09/2017	13.489881111111	3.182564888889	1.615830925926	42.802789259259	90.00500000
26/09/2017	13.588969166667	3.168051208333	1.628576000000	42.819474166667	90.83166667
27/09/2017	13.737222068966	3.335790689655	1.653768758621	42.598576206897	90.18000000
28/09/2017	13.477066818182	3.243661000000	1.600984500000	42.775656818182	90.77000000
29/09/2017	13.544194166667	3.349919500000	1.643530250000	42.830266250000	90.43200000
30/09/2017	13.703046666667	3.289355000000	1.616934833333	42.705383333333	91.20000000
01/10/2017	13.798085652174	3.514945826087	1.711933695652	42.592373913044	91.60250000
02/10/2017	13.791590322581	3.376032806452	1.624972258065	42.621411612903	90.43333333
03/10/2017	13.593088333333	3.271033500000	1.617896541667	42.560750000000	91.40833333
04/10/2017	13.606667037037	3.356633740741	1.661711740741	42.474154814815	90.24400000
05/10/2017	13.633455000000	3.244380583333	1.671991041667	42.840322083333	90.80000000
06/10/2017	13.519385000000	3.237566107143	1.648578500000	42.734432142857	90.69800000
07/10/2017	13.779921250000	3.434055166667	1.714657541667	42.673507916667	91.02600000
08/10/2017	13.578809230769	3.203463923077	1.625805269231	42.759708076923	90.59666667
09/10/2017	13.685097200000	3.362119800000	1.661601240000	42.542461200000	90.36000000
10/10/2017	13.500285833333	3.370214666667	1.668411666667	42.879250000000	90.56600000
11/10/2017	13.540390833333	3.368704875000	1.669647791667	42.813610000000	89.05250000
12/10/2017	13.636598518519	3.736920111111	1.849203333333	42.741703703704	93.13666667
13/10/2017	13.608208400000	3.187568040000	1.625560440000	42.936777200000	90.11333333
14/10/2017	13.768290000000	3.355828000000	1.678908083333	42.877950000000	90.09333333
15/10/2017	13.706039583333	3.332916333333	1.674157166667	42.907543750000	91.42000000
16/10/2017	13.827189062500	3.382419625000	1.683589250000	42.726740000000	89.45000000
17/10/2017	13.550911250000	3.426083416667	1.708084833333	42.882234166667	92.05500000
18/10/2017	13.609319166667	3.416830875000	1.701854458333	42.500261666667	91.37000000
19/10/2017	13.433506250000	3.300734291667	1.655842833333	42.725782916667	90.35000000
20/10/2017	13.613962187500	3.337315312500	1.684750906250	42.686727187500	89.31500000
21/10/2017	13.158283750000	3.362510375000	1.686173666667	42.707868333333	91.70750000
22/10/2017	13.385976250000	3.299738625000	1.658406750000	42.690389166667	90.71833333
23/10/2017	13.373471250000	3.366658041667	1.686636750000	42.787256250000	74.90200000
24/10/2017	13.263118260870	3.432674478261	1.740436565217	42.588640869565	89.99000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)	Fineza ± 0.00000001 (%)
25/10/2017	13.547257419355	3.332268677419	1.682293451613	42.364351935484	90.35250000
26/10/2017	13.265020833333	3.397432250000	1.694948583333	42.501388750000	90.16000000
27/10/2017	13.468621111111	3.357678666667	1.672641777778	42.469675000000	90.02750000
28/10/2017	13.339651304348	3.713164652174	1.821039652174	42.257713913044	91.10333333
29/10/2017	13.438540416667	3.312826125000	1.675018000000	42.405797916667	91.37333333
30/10/2017	13.217838000000	3.309685266667	1.657240033333	42.595621333333	90.15800000
31/10/2017	13.401744166667	3.407940000000	1.664270208333	42.582040833333	90.71600000
01/11/2017	13.405263333333	3.313982875000	1.627270833333	42.521154166667	90.48333333
02/11/2017	13.420706666667	3.356472900000	1.614053400000	42.434649333333	90.75333333
03/11/2017	13.371504782609	3.542205173913	1.692281043478	42.417140869565	92.37166667
04/11/2017	13.370392666667	3.475698300000	1.663383566667	42.447499666667	90.02800000
05/11/2017	13.422482000000	3.300289120000	1.616159560000	42.528494800000	90.39666667
06/11/2017	13.405101666667	3.324073250000	1.627458750000	42.518270833333	90.87000000
07/11/2017	13.469312173913	3.457744652174	1.690181130435	42.579445652174	91.93200000
08/11/2017	13.513673750000	3.343304916667	1.606370125000	42.854016666667	90.55166667
09/11/2017	13.634877500000	3.386280708333	1.599501791667	43.117942083333	90.70000000
10/11/2017	13.286381666667	3.379895366667	1.587564900000	42.806520333333	89.66000000
11/11/2017	13.438422500000	3.564344041667	1.663270208333	42.742634583333	91.07400000
12/11/2017	13.430428076923	3.350802038462	1.586117500000	42.805107692308	90.29400000
13/11/2017	13.496343600000	3.698816320000	1.710816080000	42.580913600000	91.60500000
14/11/2017	13.388138750000	3.474157437500	1.618371125000	42.634763750000	90.79500000
15/11/2017	13.550891153846	3.535372769231	1.659160384615	42.307249230769	91.93400000
16/11/2017	13.549125217391	3.438352086957	1.637695608696	42.645756086957	92.71400000
17/11/2017	13.544227083333	3.591499208333	1.667447583333	42.716637500000	90.59400000
18/11/2017	13.665693928571	3.626917571429	1.672818035714	42.480223214286	91.39250000
19/11/2017	13.607363333333	3.320519000000	1.608945625000	42.713848333333	90.56000000
20/11/2017	13.667393333333	3.393480333333	1.642479208333	42.630897916667	89.11500000
21/11/2017	13.654845200000	3.537934760000	1.722073600000	42.609072400000	90.67750000
22/11/2017	13.662384400000	3.356913440000	1.633965560000	42.963077600000	89.78333333
23/11/2017	13.673095000000	3.527541700000	1.696464600000	42.768238500000	90.71000000
28/11/2017	13.476250000000	3.235833333333	1.620000000000	42.560416666667	91.29000000
29/11/2017	13.681250000000	3.690416666667	1.726666666667	43.188750000000	91.20750000
30/11/2017	13.380714285714	3.508928571429	1.648214285714	42.181785714286	90.23500000
01/12/2017	13.498750000000	3.428750000000	1.614166666667	42.583333333333	90.68166667
02/12/2017	13.429692068966	3.269220586207	1.585468862069	42.583118275862	90.85333333
03/12/2017	13.565870000000	3.458848416667	1.628260416667	42.402877916667	91.27666667
04/12/2017	13.351200000000	3.829955428571	1.808406000000	42.352964285714	90.65000000

Nota: Estos datos se recolectaron en base a la metodología y frecuencia de muestreo ya establecida en el sistema de gestión de calidad de la industria cementera.

Cuadro 6. Datos de óxidos obtenidos para harina cruda en salida de silo de homogenización

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
01/01/2017	13.67495333333333	3.19553283333333	1.69391016666667	42.78918166666667
02/01/2017	13.60147500000000	3.25474600000000	1.71424833333333	42.72878000000000
03/01/2017	13.55555333333333	3.25640150000000	1.70782366666667	42.74700833333333
04/01/2017	13.60328666666667	3.26867033333333	1.70839600000000	42.71265000000000
05/01/2017	13.59462166666667	3.24493850000000	1.70977933333333	42.43192333333333
06/01/2017	13.64385666666667	3.21599800000000	1.70969766666667	42.50549833333333
07/01/2017	13.65340333333333	3.17471700000000	1.68997666666667	42.56925833333333
08/01/2017	13.66817500000000	3.23597233333333	1.70072466666667	42.70219500000000
09/01/2017	13.64086000000000	3.19228450000000	1.69893800000000	42.64598166666667
10/01/2017	13.51363000000000	3.2099194285714	1.7023395714286	42.6107414285714
11/01/2017	13.62567000000000	3.17849050000000	1.71604283333333	42.79055833333333
12/01/2017	13.62489000000000	3.21447316666667	1.72722416666667	42.56255166666667
13/01/2017	13.70935333333333	3.17683350000000	1.71355383333333	42.77240000000000
14/01/2017	13.52375166666667	3.19405350000000	1.71419616666667	42.56115333333333
15/01/2017	13.41280333333333	3.34675450000000	1.73048633333333	42.53340833333333
16/01/2017	13.55160000000000	3.30498516666667	1.73799600000000	42.44171333333333
17/01/2017	13.50529333333333	3.33594766666667	1.72698550000000	42.38245500000000
18/01/2017	13.43430000000000	3.23631650000000	1.73144933333333	42.51051833333333
19/01/2017	13.41252500000000	3.22867816666667	1.74852333333333	42.47639833333333
20/01/2017	13.44493200000000	3.22347360000000	1.75850940000000	42.62637800000000
21/01/2017	13.61001166666667	3.23923100000000	1.71277466666667	42.69596833333333
22/01/2017	13.62068166666667	3.29086650000000	1.59548016666667	42.95799333333333
23/01/2017	13.73705333333333	3.23746100000000	1.57095816666667	43.04530333333333
24/01/2017	13.78461666666667	3.29632683333333	1.59143933333333	42.95626166666667
25/01/2017	13.63097500000000	3.28784350000000	1.64065783333333	42.76550666666667
26/01/2017	13.60063000000000	3.30040316666667	1.67277883333333	42.78899000000000
27/01/2017	13.51479000000000	3.26868100000000	1.69771850000000	42.73807250000000
28/01/2017	13.51267666666667	3.28014666666667	1.71580783333333	42.41412333333333
29/01/2017	13.53595666666667	3.20864200000000	1.65342216666667	42.34991833333333
30/01/2017	13.61769833333333	3.21720800000000	1.66054533333333	42.36876000000000
31/01/2017	13.60083000000000	3.15592000000000	1.66586166666667	42.37304333333333
01/02/2017	13.58446166666667	3.18879150000000	1.66539283333333	42.42019166666667
02/02/2017	13.54897500000000	3.27915516666667	1.68992850000000	42.46030000000000
03/02/2017	13.72137333333333	3.21690066666667	1.64236466666667	42.65620833333333
04/02/2017	13.68279000000000	3.29292000000000	1.64888683333333	42.68266000000000
05/02/2017	13.54034600000000	3.34831440000000	1.67497860000000	42.52887200000000
06/02/2017	13.60093500000000	3.22923333333333	1.64423333333333	42.58723500000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
07/02/2017	13.6757316666667	3.2535995000000	1.6650208333333	42.5184266666667
08/02/2017	13.5873900000000	3.1987826666667	1.6609940000000	42.6280583333333
09/02/2017	13.5576250000000	3.2394063333333	1.6235050000000	42.6863233333333
10/02/2017	13.5208833333333	3.1834208333333	1.6305485000000	42.7000433333333
11/02/2017	13.5249016666667	3.2078008333333	1.6408341666667	42.8082816666667
12/02/2017	13.5806416666667	3.2005750000000	1.6373008333333	42.6723350000000
13/02/2017	13.6190616666667	3.2711476666667	1.6587673333333	42.7519516666667
04/03/2017	13.3709557142857	3.2137932857143	1.6663372857143	42.3010328571429
05/03/2017	13.4749333333333	3.1785695000000	1.6558790000000	42.2396350000000
06/03/2017	13.5499275000000	3.1659102500000	1.6366300000000	42.1417600000000
07/03/2017	13.3377400000000	3.1154285000000	1.6190616666667	42.3925333333333
08/03/2017	13.2396900000000	3.1010031666667	1.6068856666667	42.2607383333333
09/03/2017	13.4375966666667	3.1480286666667	1.6531660000000	42.2106816666667
10/03/2017	13.3986866666667	3.1312311666667	1.6531493333333	41.9999300000000
11/03/2017	13.4767000000000	3.1645193333333	1.6490871666667	42.1852116666667
12/03/2017	13.5022716666667	3.2033571666667	1.6688746666667	42.0982600000000
13/03/2017	13.4073616666667	3.1971533333333	1.6592675000000	42.1241466666667
14/03/2017	13.4344516666667	3.1473056666667	1.6520710000000	42.1132283333333
15/03/2017	13.5366166666667	3.1646691666667	1.6507441666667	42.1267316666667
16/03/2017	13.3449683333333	3.0771903333333	1.6425956666667	42.3133466666667
17/03/2017	13.1713866666667	3.1488331666667	1.6336436666667	42.2840300000000
18/03/2017	13.3146216666667	3.0791400000000	1.6181301666667	42.0385350000000
19/03/2017	13.2366600000000	3.0919716666667	1.5898411666667	42.2848583333333
20/03/2017	13.2914620000000	3.0998060000000	1.5832140000000	42.2708220000000
22/03/2017	13.2199625000000	3.0962920000000	1.5937770000000	41.9385950000000
23/03/2017	13.3972966666667	3.1682885000000	1.6102091666667	42.0263383333333
24/03/2017	13.4932433333333	3.1765585000000	1.6447336666667	42.2617483333333
25/03/2017	13.4338116666667	3.1496016666667	1.6404506666667	42.1445783333333
26/03/2017	13.3647950000000	3.1551250000000	1.6447326666667	42.1978833333333
27/03/2017	13.5680066666667	3.1510580000000	1.6533598333333	42.1229433333333
28/03/2017	13.5495683333333	3.2357783333333	1.6345753333333	42.3411583333333
29/03/2017	13.4019816666667	3.2537093333333	1.6386625000000	42.3174350000000
30/03/2017	13.6517500000000	3.1819303333333	1.6538951666667	42.8203966666667
31/03/2017	13.9300033333333	3.0746436666667	1.6493533333333	42.9179166666667
01/04/2017	13.8646266666667	3.0133468333333	1.6322306666667	42.9408266666667
02/04/2017	13.6800700000000	3.1774195000000	1.6911400000000	43.0255366666667
03/04/2017	13.5673050000000	3.2784505000000	1.7425620000000	43.1039983333333
04/04/2017	13.6973400000000	3.3590991666667	1.7777660000000	42.9627200000000
05/04/2017	13.6294866666667	3.3839783333333	1.7787810000000	43.0111183333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
06/04/2017	13.60010833333333	3.42757083333333	1.76295566666667	42.9534366666667
07/04/2017	13.5752350000000	3.45474966666667	1.77355283333333	42.9237916666667
08/04/2017	13.63857333333333	3.49894333333333	1.79173766666667	42.7923566666667
09/04/2017	13.5822866666667	3.4084715000000	1.77428366666667	42.8348500000000
10/04/2017	13.6286066666667	3.4267615000000	1.76450233333333	42.8233033333333
11/04/2017	13.62112833333333	3.4366215000000	1.77457583333333	42.6211166666667
12/04/2017	13.6857666666667	3.4389935000000	1.7964995000000	42.8541216666667
13/04/2017	13.6572866666667	3.3829401666667	1.78423433333333	42.7006233333333
14/04/2017	13.7318650000000	3.40495483333333	1.76966566666667	42.9308933333333
15/04/2017	13.72728333333333	3.3696375000000	1.76161466666667	42.8176033333333
16/04/2017	13.7908166666667	3.37989033333333	1.7767455000000	42.8183566666667
17/04/2017	13.6384550000000	3.3400515000000	1.77092483333333	42.7971683333333
18/04/2017	13.63683833333333	3.33105466666667	1.7538975000000	42.8348683333333
19/04/2017	13.6908550000000	3.31689783333333	1.74383033333333	42.6960466666667
20/04/2017	13.5648966666667	3.2281986666667	1.72930933333333	42.6596633333333
26/04/2017	13.6585020000000	3.3874304000000	1.7620362000000	42.8350700000000
27/04/2017	13.7128460000000	3.3274060000000	1.7154020000000	42.9787280000000
28/04/2017	13.7355650000000	3.3712415000000	1.73839183333333	42.8414000000000
29/04/2017	13.76076333333333	3.3535321666667	1.72651633333333	42.7072683333333
30/04/2017	14.0601754545455	3.4209303636364	1.7714917272727	42.9224945454545
01/05/2017	13.63796333333333	3.29871433333333	1.7312765000000	43.0931866666667
02/05/2017	13.7068366666667	3.27615383333333	1.75079166666667	42.9645583333333
03/05/2017	13.7610650000000	3.26391233333333	1.74799266666667	42.8706683333333
04/05/2017	13.6141760000000	3.2534686000000	1.7302096000000	42.7597340000000
05/05/2017	13.6872040000000	3.2904190000000	1.7533036000000	42.8949700000000
06/05/2017	13.49295833333333	3.20225666666667	1.73419983333333	42.8034983333333
07/05/2017	13.5550400000000	3.2122140000000	1.74238416666667	42.8827133333333
08/05/2017	13.7087416666667	3.27261733333333	1.7492555000000	42.8973683333333
09/05/2017	13.6852700000000	3.2636262000000	1.7440050000000	42.9589700000000
10/05/2017	13.6830100000000	3.1906142500000	1.7337870000000	42.9886300000000
11/05/2017	13.6606416666667	3.2396825000000	1.74952766666667	42.7984366666667
12/05/2017	13.7418350000000	3.19523783333333	1.7515670000000	42.8536783333333
13/05/2017	13.6329616666667	3.21173733333333	1.71923316666667	42.8392033333333
14/05/2017	13.6721200000000	3.24137166666667	1.73341033333333	42.8538550000000
15/05/2017	13.8281850000000	3.32805616666667	1.76887883333333	42.8664383333333
16/05/2017	13.75860333333333	3.24813016666667	1.74382533333333	42.8995900000000
17/05/2017	13.76604333333333	3.22710283333333	1.73136933333333	42.7491900000000
18/05/2017	13.67496333333333	3.20669033333333	1.73683383333333	42.7436083333333
19/05/2017	13.65459833333333	3.20203183333333	1.75235666666667	42.7614166666667

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
20/05/2017	13.7175216666667	3.2036571666667	1.7476746666667	42.8041250000000
21/05/2017	13.6762216666667	3.1931475000000	1.7532535000000	42.7122166666667
22/05/2017	13.7533983333333	3.1603560000000	1.7316361666667	42.9380450000000
23/05/2017	13.8405840000000	3.2888466000000	1.7531722000000	42.9797120000000
24/05/2017	13.7808150000000	3.1772130000000	1.7510961666667	42.7906566666667
25/05/2017	13.7378366666667	3.1523448333333	1.7411985000000	42.8183100000000
26/05/2017	13.6633250000000	3.0973571666667	1.7443571666667	42.9419583333333
27/05/2017	13.7242133333333	3.1374250000000	1.7490818333333	43.0553700000000
28/05/2017	13.6882566666667	3.1081218333333	1.7210775000000	42.9181900000000
29/05/2017	13.6127550000000	3.1585475000000	1.7420446666667	42.8257916666667
30/05/2017	13.6010900000000	3.1640100000000	1.7379640000000	42.8672883333333
31/05/2017	13.4854400000000	3.1870576666667	1.7399763333333	42.7709300000000
01/06/2017	13.7578616666667	3.2288558333333	1.7357811666667	42.9248683333333
02/06/2017	13.7898883333333	3.2504673333333	1.7589835000000	42.7542400000000
03/06/2017	13.7703833333333	3.2361485000000	1.7510515000000	42.7962350000000
04/06/2017	13.8205983333333	3.2416626666667	1.7546973333333	42.8200116666667
05/06/2017	13.5872633333333	3.2020513333333	1.7294371666667	42.8915083333333
09/06/2017	13.5040750000000	3.2201986666667	1.6858471666667	42.8695400000000
10/06/2017	13.6556183333333	3.2430343333333	1.6961913333333	42.8017633333333
11/06/2017	13.6993033333333	3.2408328333333	1.7094311666667	42.7526550000000
12/06/2017	13.6466033333333	3.2385493333333	1.7014355000000	42.6579216666667
13/06/2017	13.7027233333333	3.2445588333333	1.6922961666667	42.8706933333333
14/06/2017	13.7690383333333	3.2992668333333	1.7089711666667	42.7261450000000
15/06/2017	13.9615883333333	3.3032550000000	1.7064403333333	42.7771550000000
16/06/2017	13.8182916666667	3.2949700000000	1.6814856666667	42.8243300000000
17/06/2017	13.7459550000000	3.2786376666667	1.6752593333333	42.8867366666667
18/06/2017	13.7195866666667	3.2750451666667	1.6763615000000	42.8191900000000
19/06/2017	13.7370300000000	3.2565555000000	1.6896685000000	42.8148083333333
20/06/2017	13.7903150000000	3.1620380000000	1.7244380000000	42.7288166666667
21/06/2017	13.7861283333333	3.1442813333333	1.7189306666667	42.8652633333333
22/06/2017	13.7268633333333	3.1956978333333	1.7076060000000	42.8262033333333
23/06/2017	13.6919300000000	3.2003486666667	1.7140511666667	42.7922583333333
24/06/2017	13.7419716666667	3.1782755000000	1.7061371666667	42.8649500000000
25/06/2017	13.7894483333333	3.1706526666667	1.7036851666667	42.9823400000000
26/06/2017	13.7029166666667	3.1852200000000	1.6777496666667	42.7493150000000
27/06/2017	13.6302783333333	3.1506666666667	1.6862440000000	42.5623250000000
28/06/2017	13.7902033333333	3.2288635000000	1.6846081666667	42.7606250000000
29/06/2017	13.7862083333333	3.2519901666667	1.6958213333333	42.9299016666667
30/06/2017	13.7870400000000	3.2935068333333	1.7087585000000	42.8482083333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
01/07/2017	13.7913633333333	3.2712536666667	1.7070371666667	42.7490016666667
02/07/2017	13.7693466666667	3.2385918333333	1.7160346666667	42.8272583333333
03/07/2017	13.8257850000000	3.2522728333333	1.6977625000000	42.8745333333333
04/07/2017	13.6596850000000	3.2257716666667	1.6959351666667	42.6468416666667
05/07/2017	13.7736633333333	3.1996963333333	1.6811423333333	42.7181433333333
06/07/2017	13.6421916666667	3.1950601666667	1.6659108333333	42.6515416666667
07/07/2017	13.8616840000000	3.2512316000000	1.6906250000000	42.9281700000000
08/07/2017	13.6697183333333	3.2219186666667	1.6899211666667	42.7870150000000
09/07/2017	13.7779316666667	3.2830341666667	1.7143625000000	42.7628433333333
10/07/2017	13.7990450000000	3.3030751666667	1.7062393333333	42.8570233333333
11/07/2017	13.7552183333333	3.2525723333333	1.7075730000000	42.9026383333333
12/07/2017	13.6535333333333	3.2537771666667	1.7024418333333	42.9196766666667
13/07/2017	13.6788416666667	3.2520798333333	1.7057856666667	42.7600583333333
14/07/2017	13.5847283333333	3.2149591666667	1.6906626666667	42.7836650000000
15/07/2017	13.6634583333333	3.2343150000000	1.6996290000000	42.8444083333333
16/07/2017	13.6333466666667	3.2568645000000	1.6834170000000	42.8159333333333
17/07/2017	13.5168350000000	3.2704445000000	1.6559290000000	42.8249916666667
18/07/2017	13.6474133333333	3.3245415000000	1.7085653333333	42.7414316666667
19/07/2017	13.5687400000000	3.2685768333333	1.7080471666667	42.7775183333333
20/07/2017	13.5677666666667	3.2600788333333	1.7137938333333	42.8060566666667
21/07/2017	13.6061133333333	3.2991326666667	1.7227833333333	42.9026600000000
22/07/2017	13.6501183333333	3.2493486666667	1.7057475000000	42.7980266666667
23/07/2017	13.5610366666667	3.2192038333333	1.7141636666667	42.7609816666667
24/07/2017	13.6563950000000	3.3639523333333	1.7047850000000	42.7420050000000
25/07/2017	13.5944666666667	3.3678118333333	1.6946258333333	42.8391216666667
26/07/2017	13.6214266666667	3.3094000000000	1.6974695000000	42.8145016666667
27/07/2017	13.6004616666667	3.2093588333333	1.6927875000000	42.7467500000000
28/07/2017	13.6956116666667	3.2483693333333	1.7114920000000	42.7950700000000
29/07/2017	13.6882200000000	3.2030663333333	1.6997540000000	42.9575100000000
30/07/2017	13.6964533333333	3.1902840000000	1.7065843333333	42.9003533333333
31/07/2017	13.7375150000000	3.2309702500000	1.7226682500000	42.8233300000000
01/08/2017	13.5947071428571	3.2478112857143	1.7050144285714	42.8573300000000
02/08/2017	13.6588200000000	3.2383011666667	1.6958090000000	42.5715766666667
03/08/2017	13.6326350000000	3.2182251666667	1.6749320000000	42.3338050000000
04/08/2017	13.4600883333333	3.2077581666667	1.6669078333333	42.5155966666667
05/08/2017	13.5338350000000	3.1653625000000	1.6564720000000	42.2179300000000
06/08/2017	13.3186866666667	3.1434446666667	1.6523835000000	42.0973016666667
07/08/2017	13.5148700000000	3.0998913333333	1.6622020000000	42.3619333333333
08/08/2017	13.5733450000000	3.0827038333333	1.6752111666667	42.3360083333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
09/08/2017	13.4590485714286	3.0919008571429	1.6793478571429	42.2652657142857
10/08/2017	13.5478733333333	3.1486846666667	1.6649455000000	42.1983466666667
11/08/2017	13.4027700000000	3.1677548333333	1.6536265000000	42.4148516666667
12/08/2017	13.2642100000000	3.1078993333333	1.6197863333333	42.5338150000000
13/08/2017	13.4706283333333	3.1649468333333	1.6687443333333	42.7823050000000
14/08/2017	13.4048533333333	3.2167458333333	1.6816701666667	42.4771850000000
15/08/2017	13.3454550000000	3.1483558333333	1.6682063333333	42.2776233333333
16/08/2017	13.5002850000000	3.1599606666667	1.6850660000000	42.5908900000000
17/08/2017	13.5856300000000	3.1253211666667	1.6772323333333	42.5294750000000
18/08/2017	13.5193700000000	3.1011260000000	1.6572207142857	42.5555885714286
19/08/2017	13.4358533333333	3.1209718333333	1.6673241666667	42.4930166666667
20/08/2017	13.4592533333333	3.1182018333333	1.6696566666667	42.4583050000000
21/08/2017	13.4205033333333	3.1070696666667	1.6713115000000	42.6215766666667
22/08/2017	13.5104200000000	3.0722180000000	1.6894653333333	42.5966650000000
23/08/2017	13.3548700000000	3.0475146000000	1.6686496000000	42.4748500000000
24/08/2017	13.4110833333333	3.0286183333333	1.6496718333333	42.5175883333333
25/08/2017	13.4054133333333	3.0701728333333	1.6666338333333	42.6400383333333
26/08/2017	13.4764983333333	3.0316310000000	1.6544006666667	42.5624233333333
27/08/2017	13.4325585714286	3.0560570000000	1.6718495714286	42.5328871428571
28/08/2017	13.5519900000000	3.1336540000000	1.6852332000000	42.7410280000000
29/08/2017	13.5095450000000	3.0904748333333	1.6592943333333	42.6605200000000
30/08/2017	13.4321750000000	3.0946810000000	1.6607318333333	42.5193433333333
31/08/2017	13.4715000000000	3.1129162000000	1.6571274000000	42.5766280000000
01/09/2017	13.6041750000000	3.1323040000000	1.6945608333333	42.5901583333333
02/09/2017	13.4872900000000	2.9782566666667	1.7011626666667	42.4276083333333
03/09/2017	13.5668883333333	2.9979988333333	1.6977903333333	42.6132183333333
04/09/2017	13.5272833333333	3.0106801666667	1.6916698333333	42.5734883333333
05/09/2017	13.5184933333333	2.9859891666667	1.6807946666667	42.4932883333333
06/09/2017	13.4286900000000	2.9657815000000	1.6721426666667	42.4700400000000
07/09/2017	13.5806483333333	3.0205750000000	1.7149226666667	42.3567150000000
08/09/2017	13.4542283333333	2.9401790000000	1.7145965000000	42.4729900000000
09/09/2017	13.4163250000000	3.0452398333333	1.7181850000000	42.5001200000000
10/09/2017	13.5162366666667	3.2128060000000	1.7360715000000	42.5602583333333
11/09/2017	13.5581200000000	3.2256003333333	1.7464913333333	42.3122400000000
12/09/2017	13.5166666666667	3.2633333333333	1.7633333333333	42.6866666666667
13/09/2017	13.5362916666667	3.2693351666667	1.7232981666667	42.5913100000000
14/09/2017	13.2235866666667	3.1794636666667	1.7002701666667	42.4699500000000
15/09/2017	13.7150416666667	3.2283418333333	1.7043751666667	42.3819633333333
16/09/2017	13.5327200000000	3.0659211666667	1.6763163333333	42.6147800000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
17/09/2017	13.6379766666667	3.1080161666667	1.6887330000000	42.6649266666667
18/09/2017	13.4132250000000	3.0973113333333	1.6427475000000	42.5665583333333
19/09/2017	13.5421400000000	3.1210591666667	1.6531148333333	42.5995366666667
20/09/2017	13.6793683333333	3.2150886666667	1.6636456666667	42.8558216666667
21/09/2017	13.6583016666667	3.2983806666667	1.6297565000000	42.8922950000000
22/09/2017	13.7105583333333	3.3188830000000	1.6242418333333	42.9758183333333
23/09/2017	13.5614600000000	3.2683538333333	1.6254590000000	42.9108683333333
24/09/2017	13.5663583333333	3.2522590000000	1.6339645000000	42.6568583333333
25/09/2017	13.4777533333333	3.2362946666667	1.6162331666667	42.8354166666667
26/09/2017	13.6808816666667	3.2534341666667	1.6362018333333	42.8917233333333
27/09/2017	13.6694433333333	3.2128418333333	1.6269033333333	42.7252033333333
28/09/2017	13.5581350000000	3.2698115000000	1.6204490000000	42.6813666666667
29/09/2017	13.6134083333333	3.2818853333333	1.6172725000000	42.8721350000000
30/09/2017	13.4586900000000	3.3178495000000	1.6453710000000	42.9592100000000
01/10/2017	13.5840716666667	3.3128991666667	1.6284771666667	42.5735200000000
02/10/2017	13.6949983333333	3.3304081666667	1.6105396666667	42.6090433333333
03/10/2017	13.5494300000000	3.2937210000000	1.6097155000000	42.6450366666667
04/10/2017	13.5449685714286	3.2914591428571	1.6159404285714	42.5820985714286
05/10/2017	13.5929600000000	3.2230008333333	1.6312546666667	42.9071566666667
06/10/2017	13.5475316666667	3.1986040000000	1.6300826666667	42.7782933333333
07/10/2017	13.6911200000000	3.2694300000000	1.6415526666667	42.9181166666667
08/10/2017	13.5289916666667	3.2000380000000	1.6233571666667	42.6742816666667
09/10/2017	13.6196900000000	3.2575010000000	1.6243188000000	42.8973260000000
10/10/2017	13.5731800000000	3.2629814000000	1.6163610000000	42.7987800000000
11/10/2017	13.4474650000000	3.1944386666667	1.6163406666667	42.6652050000000
12/10/2017	13.3971116666667	3.1841846666667	1.6108471666667	42.2360266666667
13/10/2017	13.3757966666667	3.2181448333333	1.6248006666667	42.2975600000000
14/10/2017	13.6029683333333	3.1744295000000	1.6231136666667	42.2053650000000
15/10/2017	13.5530116666667	3.1834868333333	1.6320816666667	42.2245266666667
16/10/2017	13.6751266666667	3.2109610000000	1.6331170000000	42.4215666666667
17/10/2017	13.4983466666667	3.1917935000000	1.6190571666667	42.1816866666667
18/10/2017	13.3963966666667	3.2071425000000	1.6264678333333	42.3092433333333
19/10/2017	13.3860866666667	3.1433306666667	1.6043306666667	42.2258883333333
20/10/2017	13.5795866666667	3.1763753333333	1.6299085000000	42.4088266666667
21/10/2017	13.4853716666667	3.1975788333333	1.6307136666667	42.4736300000000
22/10/2017	13.5643866666667	3.1899601666667	1.6157918333333	42.4373983333333
23/10/2017	13.5149666666667	3.1834308333333	1.6085736666667	42.5752833333333
24/10/2017	13.5283183333333	3.2144088333333	1.6414653333333	42.5418450000000
25/10/2017	13.5414200000000	3.1748596666667	1.6357721666667	42.3677783333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
26/10/2017	13.4105766666667	3.2890196666667	1.6198665000000	42.4702233333333
27/10/2017	13.3924120000000	3.2579454000000	1.6235712000000	42.3380200000000
28/10/2017	13.4237100000000	3.2635376666667	1.6235441666667	42.2034816666667
29/10/2017	13.4284383333333	3.2671788333333	1.6065106666667	42.4470600000000
30/10/2017	13.4000000000000	3.2733333333333	1.6433333333333	42.4733333333333
31/10/2017	13.2431966666667	3.2934770000000	1.6061226666667	42.3117083333333
01/11/2017	13.3680300000000	3.3148956666667	1.6180203333333	42.3988500000000
02/11/2017	13.2531350000000	3.3217333333333	1.5901805000000	42.2361300000000
03/11/2017	13.3555200000000	3.3439518000000	1.6117312000000	42.4618800000000
04/11/2017	13.2452233333333	3.3428563333333	1.6037905000000	42.2453166666667
05/11/2017	13.2505783333333	3.2745458333333	1.5838513333333	42.2834466666667
06/11/2017	13.4013583333333	3.2848251666667	1.5978321666667	42.2333383333333
07/11/2017	13.5017666666667	3.3118805000000	1.6244061666667	42.2356483333333
08/11/2017	13.4356700000000	3.3185255000000	1.6059268333333	42.2759583333333
09/11/2017	13.3863100000000	3.3143638571429	1.5938251428571	42.3388628571429
10/11/2017	13.3048466666667	3.2968145000000	1.5849493333333	42.4866366666667
11/11/2017	13.2809700000000	3.3316516666667	1.5782050000000	42.5355483333333
12/11/2017	13.3124583333333	3.3630035000000	1.5827548333333	42.3915116666667
13/11/2017	13.2799133333333	3.3533673333333	1.5874538333333	42.4827100000000
14/11/2017	13.3809100000000	3.3828370000000	1.5885977500000	42.6139725000000
15/11/2017	13.4742866666667	3.4041436666667	1.6012180000000	42.6603483333333
16/11/2017	13.3263250000000	3.3668465000000	1.6052803333333	42.3484233333333
17/11/2017	13.2501350000000	3.3240960000000	1.5912401666667	42.5328133333333
18/11/2017	13.3426766666667	3.3367590000000	1.5869446666667	42.1943050000000
19/11/2017	13.4389050000000	3.3360111666667	1.6123715000000	42.2488266666667
20/11/2017	13.4745416666667	3.2761640000000	1.6069058333333	42.4756566666667
21/11/2017	13.5241400000000	3.3156483333333	1.6201893333333	42.5109933333333
22/11/2017	13.5381550000000	3.3632815000000	1.6440490000000	42.4564966666667
23/11/2017	13.4397100000000	3.3460986666667	1.6304488333333	42.5613866666667
28/11/2017	13.2650000000000	3.2266666666667	1.6250000000000	42.1600000000000
29/11/2017	13.3700000000000	3.2883333333333	1.6150000000000	42.3516666666667
30/11/2017	13.1983333333333	3.6200000000000	1.6266666666667	41.8633333333333
01/12/2017	13.4516666666667	3.5083333333333	1.6366666666667	42.6116666666667
02/12/2017	13.4403633333333	3.3630650000000	1.6156216666667	42.5186700000000
03/12/2017	13.5248400000000	3.3926947142857	1.6187197142857	42.2090557142857
04/12/2017	13.3190600000000	3.3633010000000	1.6081690000000	41.9864900000000

Nota: Estos datos se recolectaron en base a la metodología y frecuencia de muestreo ya establecida en el sistema de gestión de calidad de la industria cementera.

Cuadro 7. Datos de óxidos obtenidos para muestra de clínker en la salida de la enfriadora de horno de clínkerización

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
01/01/2017	21.33333333333333	4.97583333333333	2.51416666666667	67.55166666666667
02/01/2017	21.30000000000000	5.07916666666667	2.54250000000000	67.33833333333333
03/01/2017	21.14472083333333	5.06293458333333	2.51077033333333	67.29442500000000
04/01/2017	21.35250000000000	5.01750000000000	2.50666666666667	67.34583333333333
05/01/2017	21.09583333333333	4.97416666666667	2.53416666666667	66.23333333333333
06/01/2017	20.94250000000000	4.91500000000000	2.49166666666667	66.10333333333333
07/01/2017	20.96083333333333	4.89833333333333	2.48416666666667	66.33000000000000
08/01/2017	21.0030769230769	4.9023076923077	2.4715384615385	66.1876923076923
09/01/2017	21.0218181818182	4.9154545454546	2.49000000000000	66.1527272727273
10/01/2017	20.99833333333333	4.94250000000000	2.50250000000000	65.97500000000000
11/01/2017	20.97916666666667	4.89333333333333	2.51250000000000	66.05166666666667
12/01/2017	21.03416666666667	4.96250000000000	2.54333333333333	65.96666666666667
13/01/2017	21.09233000000000	4.90634733333333	2.51403441666667	66.10436916666667
14/01/2017	21.09666666666667	4.95000000000000	2.51000000000000	66.01083333333333
15/01/2017	20.87333333333333	5.13833333333333	2.53500000000000	65.46083333333333
16/01/2017	20.91736363636363	5.1114730909091	2.5371824545455	65.4711490909091
17/01/2017	20.99833333333333	5.11500000000000	2.52833333333333	65.39083333333333
18/01/2017	20.7846153846154	4.9492307692308	2.5361538461539	65.6453846153846
19/01/2017	20.83833333333333	4.97333333333333	2.58333333333333	65.55583333333333
20/01/2017	20.7769230769231	4.9630769230769	2.5830769230769	65.6392307692308
21/01/2017	20.8285714285714	4.9785714285714	2.4921428571429	65.9978571428571
22/01/2017	20.78333333333333	4.93733333333333	2.32133333333333	66.75666666666667
23/01/2017	20.98333333333333	4.92583333333333	2.31500000000000	66.69916666666667
24/01/2017	20.8714492307692	4.9464033076923	2.3335879230769	66.5849684615385
25/01/2017	20.93750000000000	4.93500000000000	2.43833333333333	66.38166666666667
26/01/2017	20.8946153846154	4.9569230769231	2.4646153846154	66.5123076923077
27/01/2017	20.68000000000000	4.98666666666667	2.46555555555556	66.24000000000000
28/01/2017	20.92916666666667	4.96250000000000	2.41333333333333	65.67750000000000
29/01/2017	21.07166666666667	4.98666666666667	2.40666666666667	65.60416666666667
30/01/2017	21.0617053846154	4.9869443846154	2.39670400000000	66.3944576923077
31/01/2017	21.3889046153846	4.9489934615385	2.4405439230769	67.0844515384615
01/02/2017	21.26833333333333	4.95416666666667	2.45750000000000	66.99833333333333
02/02/2017	21.42833333333333	5.03083333333333	2.51750000000000	66.76416666666667
03/02/2017	21.41916666666667	5.02583333333333	2.45750000000000	66.57416666666667
04/02/2017	21.35284916666667	5.12039483333333	2.44423858333333	66.87161416666667
05/02/2017	21.1507692307692	5.1461538461539	2.4730769230769	66.82000000000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
06/02/2017	21.4942441666667	5.0472180833333	2.4576593333333	66.6660600000000
07/02/2017	21.6175000000000	5.0133333333333	2.4633333333333	66.7858333333333
08/02/2017	21.3657533333333	4.9628151666667	2.4500002500000	67.0063341666667
09/02/2017	21.2216666666667	5.0150000000000	2.4300000000000	67.1841666666667
10/02/2017	21.3791666666667	5.0033333333333	2.4350000000000	67.1308333333333
11/02/2017	21.1049033333333	4.9543416666667	2.4172641666667	67.4229883333333
12/02/2017	21.2991666666667	4.9458333333333	2.4325000000000	67.2141666666667
13/02/2017	21.1145242857143	5.0446173571429	2.4629309285714	67.1776235714286
04/03/2017	20.9150000000000	4.9800000000000	2.4808333333333	65.8900000000000
05/03/2017	20.9896708333333	4.9767157500000	2.4470794166667	65.7872825000000
06/03/2017	20.7300000000000	4.9663636363636	2.3763636363636	66.1545454545455
07/03/2017	20.9302656250000	4.9706119375000	2.4005682500000	66.0640125000000
08/03/2017	20.8305958333333	4.9309490000000	2.4078710000000	66.1080216666667
09/03/2017	20.8908333333333	4.9591666666667	2.4550000000000	65.9133333333333
10/03/2017	20.9608333333333	4.9541666666667	2.4375000000000	65.7625000000000
11/03/2017	20.8358333333333	4.9475000000000	2.4208333333333	65.9183333333333
12/03/2017	20.9208333333333	5.0091666666667	2.4583333333333	65.7258333333333
13/03/2017	20.8953066666667	4.9854512500000	2.4582018333333	65.6635866666667
14/03/2017	20.8864285714286	4.9564285714286	2.4235714285714	65.7435714285714
15/03/2017	20.9957142857143	5.0078571428571	2.4807142857143	65.7642857142857
16/03/2017	20.8358333333333	4.9058333333333	2.4441666666667	66.2983333333333
17/03/2017	20.7124635714286	5.0057422857143	2.4284115714286	66.2984585714286
18/03/2017	20.9721361538462	4.9404950769231	2.3966946923077	65.9224230769231
19/03/2017	20.6933333333333	4.9058333333333	2.3633333333333	66.2350000000000
20/03/2017	20.7260000000000	4.9220000000000	2.3570000000000	65.9610000000000
22/03/2017	20.8733333333333	4.9822222222222	2.4011111111111	65.4722222222222
23/03/2017	20.9466666666667	4.9791666666667	2.3950000000000	65.7425000000000
24/03/2017	21.1257836363636	4.9883684545455	2.4500931818182	66.0976645454545
25/03/2017	21.1015384615385	5.0053846153846	2.4453846153846	65.9284615384615
26/03/2017	20.8836363636364	4.9227272727273	2.4300000000000	65.7409090909091
27/03/2017	21.0933333333333	4.9158333333333	2.4441666666667	65.3700000000000
28/03/2017	20.9133333333333	4.9175000000000	2.4541666666667	65.2275000000000
29/03/2017	20.9523545454545	5.0669840000000	2.4409144545455	65.9434181818182
30/03/2017	21.1184615384615	4.9692307692308	2.4100000000000	66.5053846153846
31/03/2017	21.5150000000000	4.7966666666667	2.4116666666667	66.4450000000000
01/04/2017	21.2858333333333	4.8241666666667	2.4083333333333	66.4625000000000
02/04/2017	20.9916666666667	5.0050000000000	2.5183333333333	66.6008333333333
03/04/2017	20.9141666666667	5.0966666666667	2.5550000000000	66.7233333333333
04/04/2017	21.1700000000000	5.0350000000000	2.5616666666667	66.4750000000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
05/04/2017	20.9392307692308	5.0769230769231	2.5569230769231	66.5446153846154
06/04/2017	20.8483333333333	5.0650000000000	2.5583333333333	66.2975000000000
07/04/2017	20.9483333333333	5.1258333333333	2.5775000000000	66.4041666666667
08/04/2017	21.0325000000000	5.1666666666667	2.5950000000000	66.2158333333333
09/04/2017	20.8266666666667	5.1311111111111	2.5766666666667	66.4888888888889
10/04/2017	20.9153846153846	5.1830769230769	2.5615384615385	66.4215384615385
11/04/2017	21.0258333333333	5.2433333333333	2.6050000000000	66.2216666666667
12/04/2017	21.1100000000000	5.1884615384615	2.6030769230769	66.4407692307692
13/04/2017	21.0316666666667	5.1741666666667	2.5941666666667	66.5341666666667
14/04/2017	20.9388841666667	5.1389470833333	2.6371041666667	66.2892400000000
15/04/2017	21.1366666666667	5.0925000000000	2.5433333333333	66.4291666666667
16/04/2017	21.0708333333333	5.1225000000000	2.5633333333333	66.3975000000000
17/04/2017	21.0007142857143	5.0750000000000	2.5507142857143	66.4057142857143
18/04/2017	20.7889093750000	5.0730570000000	2.5430000000000	66.4064631250000
19/04/2017	21.0898183333333	5.0620236666667	2.5476363333333	66.0444683333333
20/04/2017	21.1500000000000	5.0460000000000	2.5720000000000	66.2700000000000
26/04/2017	21.0133333333333	5.0983333333333	2.6058333333333	66.3750000000000
27/04/2017	21.0840000000000	5.1010000000000	2.5190000000000	66.3820000000000
28/04/2017	21.1100000000000	5.1300000000000	2.5366666666667	66.1575000000000
29/04/2017	21.1044690909091	5.1305482727273	2.5506017272727	66.1468309090909
30/04/2017	21.3257142857143	5.1504761904762	2.5661904761905	65.9661904761905
01/05/2017	20.8022350000000	5.0424032500000	2.5318022500000	66.7111908333333
02/05/2017	21.0050000000000	5.0841666666667	2.5608333333333	66.5791666666667
03/05/2017	21.1258263636364	5.0421193636364	2.5509508181818	66.4646090909091
04/05/2017	20.9700000000000	5.0312500000000	2.5400000000000	66.4675000000000
05/05/2017	20.9600000000000	5.0760000000000	2.5826666666667	66.3640000000000
06/05/2017	20.9658333333333	5.0066666666667	2.5675000000000	66.4400000000000
07/05/2017	21.0761538461538	5.0084615384615	2.5630769230769	66.3715384615385
08/05/2017	21.1800000000000	5.0308333333333	2.5458333333333	66.4741666666667
09/05/2017	21.0918181818182	4.9781818181818	2.5609090909091	66.4309090909091
10/05/2017	21.2266666666667	4.9833333333333	2.5455555555556	66.7577777777778
11/05/2017	21.2241666666667	4.9825000000000	2.5558333333333	66.4225000000000
12/05/2017	21.1880975000000	4.9320229166667	2.5766939166667	66.3180558333333
13/05/2017	21.0410825000000	5.0082622500000	2.5311503333333	66.2032350000000
14/05/2017	20.9702416666667	5.0480680833333	2.5209580833333	66.0879833333333
15/05/2017	21.1383016666667	5.0293277500000	2.5537023333333	65.8395666666667
16/05/2017	21.0091666666667	4.9683333333333	2.5083333333333	65.9341666666667
17/05/2017	21.0533333333333	5.0000000000000	2.5166666666667	65.8900000000000
18/05/2017	20.9023230769231	4.9648090000000	2.5360123076923	65.9700092307692

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
19/05/2017	20.9319991666667	4.9858440000000	2.5477046666667	65.8723133333333
20/05/2017	20.9441666666667	4.9741666666667	2.5208333333333	65.9275000000000
21/05/2017	21.0691666666667	4.9275000000000	2.5358333333333	65.7908333333333
22/05/2017	21.4746508333333	4.9948133333333	2.5432660833333	66.6721233333333
23/05/2017	21.6290909090909	5.0945454545455	2.5872727272727	67.0654545454545
24/05/2017	21.5430725000000	4.9434120833333	2.5087967500000	67.0292575000000
25/05/2017	21.5245516666667	4.9244440000000	2.5117185000000	66.9570825000000
26/05/2017	21.3466666666667	4.9250000000000	2.5383333333333	67.0300000000000
27/05/2017	21.4008333333333	4.9475000000000	2.5300000000000	67.3191666666667
28/05/2017	21.4161046153846	4.9843249230769	2.5286719230769	67.3794561538462
29/05/2017	21.2638214285714	5.0537044285714	2.5346327142857	67.2157457142857
30/05/2017	21.4100741666667	5.0595743333333	2.5536996666667	67.1437358333333
31/05/2017	21.3058333333333	5.0050000000000	2.5583333333333	66.9833333333333
01/06/2017	21.4533333333333	5.0325000000000	2.5466666666667	66.7391666666667
02/06/2017	21.5541666666667	5.0675000000000	2.5483333333333	66.5833333333333
03/06/2017	21.3983333333333	5.0625000000000	2.5700000000000	66.5275000000000
04/06/2017	21.5307692307692	5.1046153846154	2.5853846153846	66.5415384615385
05/06/2017	21.2163636363636	5.0727272727273	2.5245454545455	66.7454545454545
09/06/2017	21.1133333333333	5.1041666666667	2.5583333333333	66.9791666666667
10/06/2017	21.2557142857143	5.0971428571429	2.5714285714286	66.9235714285714
11/06/2017	21.0900000000000	5.0775000000000	2.6100000000000	66.8350000000000
12/06/2017	21.3241666666667	5.0925000000000	2.5625000000000	66.7333333333333
13/06/2017	21.3207625000000	5.0324079166667	2.5501890000000	67.2204150000000
14/06/2017	21.4450000000000	5.1441666666667	2.5650000000000	67.0666666666667
15/06/2017	21.6153846153846	5.1423076923077	2.5315384615385	66.8253846153846
16/06/2017	21.3700000000000	5.1620000000000	2.5170000000000	67.2000000000000
17/06/2017	21.2123076923077	5.0030769230769	2.5007692307692	67.1653846153846
18/06/2017	21.2429850000000	4.9923763333333	2.4950270833333	67.1391758333333
19/06/2017	21.1530807692308	5.0354011538462	2.5376087692308	67.0190053846154
20/06/2017	21.4551216666667	4.9339976666667	2.5733691666667	66.9978991666667
21/06/2017	21.2608333333333	4.9358333333333	2.5600000000000	66.4708333333333
22/06/2017	20.9878733333333	4.9665945833333	2.5866073333333	66.4579150000000
23/06/2017	20.9864285714286	4.9778571428571	2.5864285714286	66.7028571428572
24/06/2017	21.1666666666667	4.8883333333333	2.5925000000000	66.5108333333333
25/06/2017	21.0178571428571	4.9700000000000	2.5578571428571	66.5928571428571
26/06/2017	21.0997375000000	4.9725043333333	2.5414390833333	66.3209925000000
27/06/2017	21.1643383333333	5.0255670000000	2.5541850833333	66.3259283333333
28/06/2017	20.8639575000000	4.9565274166667	2.4873246666667	66.1154675000000
29/06/2017	20.7283333333333	5.0075000000000	2.5391666666667	66.0850000000000

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
30/06/2017	20.7475000000000	4.9916666666667	2.5308333333333	66.0033333333333
01/07/2017	20.8900000000000	5.0025000000000	2.5325000000000	65.7408333333333
02/07/2017	20.7908333333333	4.9841666666667	2.5308333333333	65.9241666666667
03/07/2017	20.8612153846154	5.0021582307692	2.5398778461539	65.9442892307692
04/07/2017	20.9808333333333	4.9650000000000	2.5200000000000	65.9100000000000
05/07/2017	21.0508333333333	4.9308333333333	2.4925000000000	65.9550000000000
06/07/2017	21.0790216666667	4.9807778333333	2.5140220000000	65.9394558333333
07/07/2017	20.9040000000000	4.9880000000000	2.5280000000000	66.0490000000000
08/07/2017	20.9925000000000	4.9908333333333	2.5283333333333	65.9383333333333
09/07/2017	21.1344038461538	5.0751143846154	2.5789862307692	65.6402753846154
10/07/2017	21.0830158333333	4.9566780000000	2.5329835833333	65.8802325000000
11/07/2017	20.9383333333333	4.9650000000000	2.5408333333333	65.9616666666667
12/07/2017	21.0226725000000	4.9292332500000	2.5333088333333	66.0533058333333
13/07/2017	21.0275000000000	5.0075000000000	2.5508333333333	65.9508333333333
14/07/2017	20.8918991666667	4.9822313333333	2.5561514166667	66.1932016666667
15/07/2017	20.9797100000000	5.0011339166667	2.5575186666667	66.1565691666667
16/07/2017	20.8358641666667	5.0344625000000	2.5235490833333	66.1917225000000
17/07/2017	20.8327708333333	5.0568925833333	2.5372052500000	66.2994191666667
18/07/2017	20.9275000000000	5.0966666666667	2.5791666666667	65.9516666666667
19/07/2017	20.8241666666667	5.0700000000000	2.5425000000000	66.3066666666667
20/07/2017	20.8400000000000	5.0976923076923	2.5392307692308	66.2907692307692
21/07/2017	20.9408333333333	5.0383333333333	2.5358333333333	66.2250000000000
22/07/2017	21.1516666666667	5.0616666666667	2.5550000000000	66.5675000000000
23/07/2017	21.1511441666667	5.0639419166667	2.5776460833333	66.4846516666667
24/07/2017	21.2058333333333	5.1941666666667	2.5491666666667	66.4583333333333
25/07/2017	21.0942233333333	5.1597274166667	2.5136880000000	66.7152150000000
26/07/2017	21.0008333333333	5.0333333333333	2.5400000000000	66.3816666666667
27/07/2017	20.9291666666667	4.9958333333333	2.5683333333333	66.4850000000000
28/07/2017	21.0018583333333	5.0050852500000	2.5786156666667	66.3370266666667
29/07/2017	21.1884225000000	4.9881270833333	2.5618444166667	66.2713566666667
30/07/2017	21.0734058333333	4.9921742500000	2.5699572500000	66.3070258333333
31/07/2017	21.0512500000000	5.0012500000000	2.5875000000000	66.2650000000000
01/08/2017	20.9006416666667	5.0190402500000	2.5719134166667	66.3149950000000
02/08/2017	21.2125000000000	5.0608333333333	2.5641666666667	65.8916666666667
03/08/2017	21.1316116666667	5.0823315000000	2.5457063333333	65.9266966666667
04/08/2017	20.8851366666667	5.0661347500000	2.5052643333333	66.1258333333333
05/08/2017	21.0036675000000	5.0709817500000	2.5229111666667	66.0040883333333
06/08/2017	21.0510150000000	5.0460875833333	2.5291740833333	66.0870375000000
07/08/2017	21.1421650000000	4.9252882500000	2.5309806666667	66.1122133333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
08/08/2017	21.1834050000000	4.95683783333333	2.54780133333333	66.0312891666667
09/08/2017	21.24653083333333	4.95792066666667	2.54859341666667	65.9707600000000
10/08/2017	21.17581083333333	5.0427387500000	2.5566787500000	65.9341450000000
11/08/2017	21.02572583333333	5.02687158333333	2.5157837500000	66.3130100000000
12/08/2017	20.7466691666667	4.97462891666667	2.4517837500000	66.6568458333333
13/08/2017	20.94130333333333	5.04481983333333	2.55391533333333	66.4280341666667
14/08/2017	20.9486300000000	5.07718191666667	2.5689970000000	66.3480650000000
15/08/2017	20.9676541666667	5.07516858333333	2.58629833333333	66.4620708333333
16/08/2017	21.0758616666667	4.9845450000000	2.59289366666667	66.4018183333333
17/08/2017	21.2115791666667	4.94266816666667	2.57676383333333	66.7486266666667
18/08/2017	21.0772416666667	4.91442691666667	2.54814483333333	66.9799558333333
19/08/2017	21.2309616666667	4.9299925000000	2.5489207500000	66.7094166666667
20/08/2017	21.2520525000000	4.94854858333333	2.5662555000000	66.5534591666667
21/08/2017	21.2169220000000	4.92522833333333	2.5458484000000	66.7548453333333
22/08/2017	21.4223442857143	4.8996627142857	2.5823020714286	66.4356942857143
23/08/2017	21.26357833333333	4.85658308333333	2.5857650000000	66.3210683333333
24/08/2017	21.0819380000000	4.7958488000000	2.5393326000000	66.6423026666667
25/08/2017	21.27958333333333	4.81927133333333	2.59658133333333	66.5039883333333
26/08/2017	21.2834041666667	4.83423491666667	2.55037908333333	66.5809658333333
27/08/2017	21.30108583333333	4.84770516666667	2.56165916666667	66.3687500000000
28/08/2017	21.2285766666667	4.92621258333333	2.59242566666667	66.4206666666667
29/08/2017	21.2283041666667	4.9179805000000	2.57202691666667	66.5204008333333
30/08/2017	21.27620083333333	4.90717733333333	2.55974791666667	66.5149316666667
31/08/2017	21.1303972727273	4.8926734545455	2.5491642727273	66.5476663636364
01/09/2017	21.2574366666667	4.89965833333333	2.60455866666667	66.3638558333333
02/09/2017	21.21673833333333	4.81639633333333	2.62100483333333	66.5477175000000
03/09/2017	21.1518050000000	4.8147742500000	2.6032255000000	66.6174833333333
04/09/2017	21.1627625000000	4.83917483333333	2.6030872500000	66.5114491666667
05/09/2017	21.1359075000000	4.82596333333333	2.60595358333333	66.4480850000000
06/09/2017	21.0963750000000	4.79678966666667	2.59062491666667	66.5226383333333
07/09/2017	21.2744550000000	4.85473041666667	2.6361370000000	66.3041466666667
08/09/2017	21.0922316666667	4.78412058333333	2.67456491666667	66.5011808333333
09/09/2017	20.9199741666667	4.9202377500000	2.65908191666667	66.4941158333333
10/09/2017	20.9030750000000	5.07591908333333	2.69327091666667	66.3746000000000
11/09/2017	20.9307000000000	5.1384124000000	2.7024264000000	66.1385060000000
12/09/2017	20.8984916666667	5.0073525000000	2.66302483333333	66.3725866666667
13/09/2017	20.9790691666667	4.93124983333333	2.63488783333333	66.3670366666667
14/09/2017	20.8322475000000	4.9943655000000	2.5863912500000	66.3466758333333
15/09/2017	21.2635530769231	5.0064027692308	2.5824346153846	65.7187769230769

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
16/09/2017	21.1391325000000	4.8839030000000	2.5371515000000	66.4634550000000
17/09/2017	21.1939158333333	4.9280130833333	2.5316980000000	66.2460533333334
18/09/2017	21.1269800000000	4.9364515000000	2.4622555833333	66.4411758333333
19/09/2017	21.0555283333333	4.9648217500000	2.4815640000000	66.3621991666667
20/09/2017	20.9941483333333	5.0008919166667	2.4702918333333	66.5941441666667
21/09/2017	21.0817891666667	5.1336844166667	2.4833305833333	66.5272441666667
22/09/2017	21.1127225000000	5.1481012500000	2.4530621666667	66.6506208333333
23/09/2017	21.1647666666667	5.1869623333333	2.4691477500000	66.6832866666667
24/09/2017	21.0607133333333	5.1247107500000	2.4735335000000	66.6109975000000
25/09/2017	21.0294475000000	5.0924146666667	2.4699464166667	66.5307458333333
26/09/2017	21.0908958333333	5.0608921666667	2.4749091666667	66.3636125000000
27/09/2017	21.2278154545455	5.0567050000000	2.4761053636364	66.2551045454545
28/09/2017	21.1363650000000	5.1342264166667	2.4494103333333	66.3494133333333
29/09/2017	20.9222358333333	5.1366248333333	2.4484617500000	66.3143991666667
30/09/2017	20.7681550000000	5.1906967500000	2.4666852500000	66.3954900000000
01/10/2017	21.1342416666667	5.2630120000000	2.4894483333333	65.9348183333333
02/10/2017	21.1370283333333	5.2782530833333	2.4596315833333	65.9511183333333
03/10/2017	20.9578150000000	5.1942334166667	2.4444163333333	66.0981683333333
04/10/2017	20.9738941666667	5.1830592500000	2.4584393333333	65.9140116666667
05/10/2017	21.0123483333333	5.0706246666667	2.4998965833333	66.0209675000000
06/10/2017	21.0013073333333	5.0502028666667	2.5016448000000	66.2888053333333
07/10/2017	21.0096358333333	5.0978920833333	2.5002237500000	66.2250375000000
08/10/2017	20.8367315384615	5.0543794615385	2.4779610000000	66.6029800000000
09/10/2017	20.8709477777778	5.1135596666667	2.4957266666667	66.2517622222222
10/10/2017	20.8336266666667	5.1423654166667	2.4483613333333	66.4253658333333
11/10/2017	20.5852884615385	5.1314758461539	2.4598338461539	66.5000153846154
12/10/2017	20.6792958333333	5.2095502500000	2.4904301666667	66.5770600000000
13/10/2017	21.0846976470588	5.1317195882353	2.4719222941177	66.3389058823529
14/10/2017	21.1049221739130	5.1205274782609	2.4823156086957	66.1989382608696
15/10/2017	21.0453591666667	5.1239395000000	2.4625045833333	66.1626404166667
16/10/2017	21.1168716666667	5.1840056666667	2.4980087083333	66.0738312500000
17/10/2017	20.9809895833333	5.1293583750000	2.4843625833333	66.3388741666667
18/10/2017	21.0539037500000	5.1295969166667	2.4819666666667	66.2003287500000
19/10/2017	21.0390733333333	5.0274278333333	2.4860483750000	66.3697095833333
20/10/2017	21.0942725000000	5.0820070000000	2.5079587500000	66.2095554166666
21/10/2017	21.1030120833333	5.0930426250000	2.4758251666667	66.2503912500000
22/10/2017	21.1468083333333	5.0679774583333	2.4653567083333	66.2812183333334
23/10/2017	21.0999833333333	5.0819805833333	2.4759752500000	66.3328320833333
24/10/2017	21.0949054166667	5.0764526666667	2.4710979166667	66.3429333333333

Fecha	SiO ₂ ± 0.000000000001 (%)	Al ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	Fe ₂ O ₃ ± 0.000000000001 (%)	CaO ± 0.000000000001 (%)
25/10/2017	21.0136859090909	5.0798527272727	2.4820093636364	66.3708122727273
26/10/2017	20.8833813043478	5.0772028260870	2.4392109130435	66.5995904347826
27/10/2017	21.0053672727273	5.1022213181818	2.4302761363636	66.6392927272727
28/10/2017	20.9134187500000	5.1319046250000	2.4300431666667	66.6943150000000
29/10/2017	20.9702769565217	5.0785796521739	2.4401910000000	66.5960404347826
30/10/2017	20.8654645833333	5.0760958750000	2.4451394166667	66.6807466666667
31/10/2017	20.8062479166667	5.1426580000000	2.4229379583333	66.7347216666667
01/11/2017	20.9776325000000	5.1568386250000	2.4340652083333	66.6433595833333
02/11/2017	20.9217637500000	5.1909747083333	2.4240842500000	66.7505525000000
03/11/2017	21.0662238888889	5.1802488333333	2.4735958333333	66.5188527777778
04/11/2017	20.8541608333333	5.2308675833333	2.4539330000000	66.6665700000000
05/11/2017	20.8472800000000	5.2101859166667	2.4082568333333	66.6663533333333
06/11/2017	20.9429571428571	5.2853145000000	2.4392560000000	66.3907450000000
07/11/2017	21.0973163636364	5.2202635454546	2.4561917272727	66.3916054545455
08/11/2017	20.8753250000000	5.2553976666667	2.4325837500000	66.6893075000000
09/11/2017	20.7712633333333	5.2550650000000	2.4422512666667	66.9599020000000
10/11/2017	20.5998075000000	5.2084817500000	2.4106935833333	67.1061041666667
11/11/2017	20.8958425000000	5.2421347500000	2.4658995000000	66.6523783333333
12/11/2017	20.9349475000000	5.2901322500000	2.4763344166667	66.5356725000000
13/11/2017	20.9377983333333	5.3031843333333	2.4473308333333	66.7408875000000
14/11/2017	20.8148544444444	5.2733232222222	2.4406623333333	66.5303500000000
15/11/2017	20.8611984615385	5.2649150000000	2.4738095384615	66.6594576923077
16/11/2017	20.7740350000000	5.2114061428571	2.4337020714286	66.9002350000000
17/11/2017	20.7106541666667	5.1683900000000	2.4253046666667	67.0053508333333
18/11/2017	20.8751700000000	5.2172235000000	2.4319771666667	66.6963900000000
19/11/2017	21.0041058333333	5.2530404166667	2.4693370833333	66.4944358333333
20/11/2017	20.8490450000000	5.1797700833333	2.4660879166667	66.8602550000000
21/11/2017	20.9242766666667	5.1976307500000	2.4653537500000	66.8156575000000
22/11/2017	21.0606566666667	5.2222736666667	2.4843671666667	66.7006166666667
23/11/2017	21.0895916666667	5.2199989166667	2.4804782500000	66.7459450000000
28/11/2017	20.9683333333333	5.3141666666667	2.4658333333333	66.4925000000000
29/11/2017	20.8525000000000	5.1891666666667	2.4733333333333	66.3050000000000
30/11/2017	21.0000000000000	5.1436363636364	2.4545454545455	65.9781818181818
01/12/2017	20.9841666666667	5.2650000000000	2.5100000000000	66.1450000000000
02/12/2017	20.8701333333333	5.2664045000000	2.4499340000000	66.3159616666667
03/12/2017	21.0056241666667	5.3008735000000	2.4366301666667	66.1848083333333

Nota: Estos datos se recolectaron en base a la metodología y frecuencia de muestreo ya establecida en el sistema de gestión de calidad de la industria cementera.

C. CÁLCULOS DE MUESTRA

Cálculo 1: Lime Saturation Factor (LSF) en harina cruda

Con base en los óxidos analizados en muestra automática, porcentaje de óxidos determinados con el método de rayos x. El cálculo se determinó utilizando como referencia la guía técnica: *Cement Process Engineering Vade – Mecum* para procesos donde no se considera el óxido de magnesio en la mezcla pre homogenizada. Dicho cálculo es utilizado para determinar la saturación de cal en alimentación y clínker.

$$LSF = \frac{100 (\% CaO)}{2.8 (\% SiO_2) + 1.18(\% Al_2O_3) + 0.65(\% Fe_2O_3)}$$

$$= \frac{100 (42.731659259259)}{2.8 (13.587417703704) + 1.18(3.207797814815) + 0.65(1.67534255556)} = 99.56366$$

Cálculo 2: Módulo de Sílice (MS) en harina cruda

Con base en los óxidos analizados en muestra automática, porcentaje de óxidos determinados con el método de rayos x. El cálculo se determinó utilizando como referencia la guía técnica: *Cement Process Engineering Vade – Mecum*. Dicho cálculo es utilizado para determinar el módulo de sílice en alimentación y Clínker.

$$MS = \frac{\% SiO_2}{\% Al_2O_3 + \% Fe_2O_3} = \frac{13.587417703704}{3.207797814815 + 1.67534255556} = 2.78252$$

Cálculo 3: Módulo de Aluminio (MA) en harina cruda

Con base en los óxidos analizados en muestra automática, porcentaje de óxidos determinados con el método de rayos x. El cálculo se determinó utilizando como referencia la guía técnica: *Cement Process Engineering Vade – Mecum*. Dicho cálculo es utilizado para determinar el módulo de aluminio en alimentación y Clínker.

$$MA = \frac{\% Al_2O_3}{\% Fe_2O_3} = \frac{3.207797814815}{1.67534255556} = 1.91471$$

Cálculo 4: Diferencia máxima de LSF entre puntos de muestreo (RM, KF y Clk)

Utilizando los resultados promedio de LSF por día para harina cruda, alimentación y Clínker se determinó la diferencia máxima entre los tres valores.

$$Dif\ mayor = Max (Dif (LSF\ RM - LSF\ Clk); Dif (LSF\ RM - KF); Dif (LSF\ Clk - KF))$$

$$= Max((0.8158474); (0.5121941); (1.3280415)) = 1.32804$$

D. DATOS CALCULADOS

Cuadro 8. Datos de LSF de RM, KF, Clk y la diferencia máxima entre los tres valores

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
01/01/2017	99.65327	100.46911	99.14107	0.81585	0.51219	1.32804	1.32804
02/01/2017	99.33694	100.08098	99.29198	0.74404	0.04497	0.78901	0.78901
03/01/2017	99.72539	100.72606	99.62872	1.00066	0.09667	1.09733	1.09733
04/01/2017	99.80612	100.02084	99.21627	0.21473	0.58985	0.80457	0.80457
05/01/2017	99.26468	99.47875	98.66856	0.21407	0.59613	0.81019	0.81019
06/01/2017	98.92749	100.07654	98.61109	1.14905	0.31640	1.46545	1.46545
07/01/2017	99.59752	100.37244	98.83339	0.77492	0.76413	1.53905	1.53905
08/01/2017	98.82485	99.98893	98.86192	1.16407	0.03707	1.12701	1.16407
09/01/2017	98.43050	99.80990	99.03355	1.37940	0.60304	0.77636	1.37940
10/01/2017	99.58430	99.58155	99.72914	0.00276	0.14484	0.14760	0.14760
11/01/2017	99.52281	99.86907	99.49845	0.34626	0.02436	0.37062	0.37062
12/01/2017	98.24043	99.34157	98.83584	1.10114	0.59541	0.50573	1.10114
13/01/2017	99.37723	99.44268	98.90365	0.06545	0.47358	0.53903	0.53903
14/01/2017	99.14018	99.20737	99.57846	0.06720	0.43828	0.37108	0.43828
15/01/2017	99.59465	98.95346	99.78086	0.64119	0.18621	0.82740	0.82740
16/01/2017	99.12444	98.82766	98.76570	0.29677	0.35874	0.06196	0.35874
17/01/2017	100.55896	98.37846	98.86145	2.18050	1.69751	0.48299	2.18050
18/01/2017	100.69573	99.95636	99.89945	0.73937	0.79628	0.05691	0.79628
19/01/2017	99.57218	99.49973	99.94716	0.07246	0.37498	0.44744	0.44744
20/01/2017	100.42620	99.89833	100.08982	0.52787	0.33638	0.19149	0.52787
21/01/2017	99.07423	100.28517	99.20143	1.21094	0.12720	1.08374	1.21094
22/01/2017	100.57530	101.90452	99.77264	1.32922	0.80265	2.13187	2.13187
23/01/2017	99.36991	100.97405	99.40408	1.60415	0.03417	1.56997	1.60415
24/01/2017	100.90021	101.22778	98.72603	0.32757	2.17419	2.50176	2.50176
25/01/2017	98.78882	100.53985	99.19606	1.75103	0.40724	1.34379	1.75103
26/01/2017	99.30496	100.85215	99.37957	1.54720	0.07462	1.47258	1.54720
27/01/2017	95.44044	101.30963	99.85714	5.86918	4.41669	1.45249	5.86918
28/01/2017	99.26938	99.49919	99.06294	0.22980	0.20645	0.43625	0.43625
29/01/2017	99.71878	98.73302	99.04723	0.98576	0.67155	0.31420	0.98576
30/01/2017	99.50709	99.97849	98.53067	0.47140	0.97642	1.44782	1.44782
31/01/2017	100.01094	99.66085	98.80623	0.35009	1.20471	0.85462	1.20471
01/02/2017	97.32907	100.01092	98.92472	2.68184	1.59564	1.08620	2.68184
02/02/2017	95.61555	98.81771	98.98668	3.20216	3.37113	0.16897	3.37113
03/02/2017	99.74122	98.63189	98.55926	1.10933	1.18197	0.07263	1.18197
04/02/2017	99.12723	99.19519	98.64741	0.06796	0.47983	0.54778	0.54778
05/02/2017	100.11949	99.89698	99.02304	0.22251	1.09645	0.87394	1.09645

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
06/02/2017	99.71066	98.42395	99.13609	1.28671	0.57457	0.71214	1.28671
07/02/2017	99.83618	98.15006	98.39508	1.68612	1.44111	0.24502	1.68612
08/02/2017	100.88330	99.61316	99.37037	1.27013	1.51292	0.24279	1.51292
09/02/2017	99.74656	100.41663	99.64943	0.67007	0.09712	0.76720	0.76720
10/02/2017	99.70694	99.68733	100.06998	0.01962	0.36304	0.38265	0.38265
11/02/2017	100.47381	101.37641	100.21199	0.90260	0.26183	1.16442	1.16442
12/02/2017	99.72256	100.24551	99.56582	0.52295	0.15674	0.67969	0.67969
13/02/2017	99.78703	100.76006	99.26051	0.97303	0.52652	1.49956	1.49956
04/03/2017	99.99680	99.76950	100.01170	0.22731	0.01489	0.24220	0.24220
05/03/2017	99.50780	99.34787	99.28162	0.15993	0.22618	0.06625	0.22618
06/03/2017	99.76255	101.12443	98.62186	1.36187	1.14069	2.50257	2.50257
07/03/2017	100.15557	100.13842	100.77178	0.01715	0.61621	0.63336	0.63336
08/03/2017	101.81041	101.14788	100.53544	0.66253	1.27497	0.61245	1.27497
09/03/2017	100.07910	99.96213	99.54607	0.11697	0.53302	0.41605	0.53302
10/03/2017	98.67220	99.46065	99.32500	0.78844	0.65280	0.13564	0.78844
11/03/2017	99.50316	100.25514	99.17069	0.75198	0.33247	1.08445	1.08445
12/03/2017	98.83356	99.45800	98.66493	0.62443	0.16864	0.79307	0.79307
13/03/2017	98.95273	99.51257	99.37415	0.55984	0.42143	0.13842	0.55984
14/03/2017	99.44793	99.76540	99.31992	0.31747	0.12802	0.44549	0.44549
15/03/2017	99.26222	99.19066	98.66134	0.07156	0.60088	0.52932	0.60088
16/03/2017	99.48921	100.88978	100.59751	1.40057	1.10830	0.29227	1.40057
17/03/2017	99.52433	101.30942	101.50650	1.78510	1.98217	0.19708	1.98217
18/03/2017	100.20398	99.71835	100.17544	0.48563	0.02854	0.45709	0.48563
19/03/2017	101.03288	101.49094	101.30522	0.45806	0.27234	0.18572	0.45806
20/03/2017	98.47136	100.91280	100.90372	2.44143	2.43235	0.00908	2.44143
22/03/2017	99.69301	99.38181	100.57374	0.31121	0.88072	1.19193	1.19193
23/03/2017	100.06045	99.49146	99.36296	0.56899	0.69749	0.12850	0.69749
24/03/2017	99.79915	99.22196	99.21196	0.57720	0.58719	0.01000	0.58719
25/03/2017	98.67890	99.02345	99.40554	0.34455	0.72664	0.38209	0.72664
26/03/2017	99.17153	99.81551	99.96615	0.64398	0.79462	0.15064	0.79462
27/03/2017	98.74895	98.51221	99.43229	0.23674	0.68334	0.92008	0.92008
27/03/2017	97.88366	98.37612	98.46358	0.49246	0.57992	0.08746	0.57992
28/03/2017	99.03702	98.90324	98.88512	0.13378	0.15190	0.01811	0.15190
29/03/2017	102.40338	99.56590	99.73640	2.83748	2.66698	0.17050	2.83748
30/03/2017	100.08793	99.92859	99.46491	0.15934	0.62303	0.46368	0.62303
31/03/2017	98.80504	98.48360	98.20183	0.32144	0.60322	0.28178	0.60322
01/04/2017	100.00122	99.41615	98.86149	0.58507	1.13973	0.55466	1.13973
02/04/2017	99.65198	100.42752	99.71055	0.77554	0.05857	0.71697	0.77554
03/04/2017	99.17979	100.73887	100.26905	1.55908	1.08925	0.46982	1.55908

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
04/04/2017	99.43372	99.39345	98.83383	0.04027	0.59988	0.55961	0.59988
05/04/2017	99.04380	100.40747	99.31446	1.36368	0.27067	1.09301	1.36368
06/04/2017	99.23919	100.43688	99.27246	1.19769	0.03327	1.16442	1.19769
07/04/2017	98.40537	100.04030	99.27127	1.63492	0.86590	0.76903	1.63492
08/04/2017	99.10535	99.31758	98.42613	0.21222	0.67922	0.89145	0.89145
09/04/2017	97.61004	100.67481	99.14687	3.06477	1.53684	1.52793	3.06477
10/04/2017	97.96645	100.12140	98.79768	2.15495	0.83123	1.32372	2.15495
11/04/2017	98.58037	99.20720	98.32403	0.62683	0.25634	0.88317	0.88317
12/04/2017	99.23504	99.28262	98.41863	0.04759	0.81641	0.86400	0.86400
13/04/2017	98.86994	99.78209	98.41086	0.91216	0.45908	1.37124	1.37124
14/04/2017	98.69993	99.82357	98.43272	1.12363	0.26722	1.39085	1.39085
15/04/2017	98.14471	99.38283	98.31240	1.23811	0.16769	1.07042	1.23811
16/04/2017	98.22356	99.53608	97.85682	1.31252	0.36674	1.67926	1.67926
17/04/2017	98.68101	99.94568	98.89375	1.26468	0.21275	1.05193	1.26468
18/04/2017	98.40413	100.85787	99.03583	2.45373	0.63170	1.82203	2.45373
19/04/2017	98.82912	99.04980	98.42982	0.22067	0.39930	0.61997	0.61997
20/04/2017	98.77915	99.13933	99.42387	0.36018	0.64473	0.28454	0.64473
26/04/2017	98.82034	99.74998	98.73159	0.92965	0.08874	1.01839	1.01839
27/04/2017	99.39703	99.54412	98.94701	0.14709	0.45002	0.59711	0.59711
28/04/2017	98.37597	99.02590	98.33658	0.64992	0.03939	0.68932	0.68932
29/04/2017	98.21787	99.02003	97.93806	0.80217	0.27980	1.08197	1.08197
30/04/2017	98.02459	97.90609	96.14729	0.11850	1.87730	1.75880	1.87730
01/05/2017	99.44141	101.32288	99.75330	1.88147	0.31189	1.56959	1.88147
02/05/2017	98.77715	100.15734	99.04793	1.38019	0.27078	1.10941	1.38019
03/05/2017	99.23002	99.56397	98.51753	0.33395	0.71249	1.04644	1.04644
04/05/2017	99.30462	100.25275	99.25251	0.94813	0.05211	1.00024	1.00024
05/05/2017	99.38887	100.07854	98.95853	0.68967	0.43034	1.12001	1.12001
06/05/2017	100.40181	100.24028	100.27776	0.16154	0.12405	0.03749	0.16154
07/05/2017	98.64285	99.67394	100.01797	1.03109	1.37512	0.34404	1.37512
08/05/2017	99.62443	99.37244	98.88846	0.25199	0.73597	0.48398	0.73597
09/05/2017	99.62485	99.75494	99.20790	0.13009	0.41695	0.54704	0.54704
10/05/2017	99.42790	99.68957	99.51396	0.26166	0.08605	0.17561	0.26166
11/05/2017	98.33136	99.18881	99.05121	0.85745	0.71985	0.13760	0.85745
12/05/2017	100.56211	99.25649	98.78256	1.30562	1.77955	0.47393	1.77955
13/05/2017	98.63171	99.59913	99.45231	0.96743	0.82061	0.14682	0.96743
14/05/2017	98.29193	99.66446	99.12648	1.37253	0.83454	0.53799	1.37253
15/05/2017	98.59098	98.59120	97.88188	0.00022	0.70910	0.70932	0.70932
16/05/2017	99.97279	99.42352	98.64425	0.54927	1.32855	0.77927	1.32855
17/05/2017	100.16907	99.10915	98.33014	1.05993	1.83893	0.77901	1.83893

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
18/05/2017	99.59305	99.90712	98.94293	0.31407	0.65012	0.96418	0.96418
19/05/2017	99.65859	99.58437	99.10467	0.07422	0.55392	0.47970	0.55392
20/05/2017	99.29099	99.66288	98.80244	0.37188	0.48855	0.86044	0.86044
21/05/2017	100.58661	98.99931	98.87371	1.58730	1.71290	0.12560	1.71290
22/05/2017	99.51349	98.51966	99.02074	0.99383	0.49276	0.50108	0.99383
23/05/2017	99.50963	98.26079	98.18849	1.24885	1.32115	0.07230	1.32115
24/05/2017	100.51200	98.89196	98.44062	1.62004	2.07138	0.45134	2.07138
25/05/2017	100.21265	98.88627	98.85558	1.32638	1.35707	0.03069	1.35707
26/05/2017	100.22034	99.70255	99.77303	0.51779	0.44732	0.07048	0.51779
27/05/2017	99.72793	99.87725	99.52095	0.14932	0.20698	0.35630	0.35630
28/05/2017	99.24183	99.84679	99.56130	0.60496	0.31947	0.28550	0.60496
29/05/2017	100.48211	100.11050	99.65554	0.37161	0.82656	0.45496	0.82656
30/05/2017	100.04295	99.35819	99.82792	0.68477	0.21503	0.46973	0.68477
31/05/2017	100.64660	99.64403	100.28945	1.00257	0.35715	0.64542	1.00257
01/06/2017	100.17800	98.63715	98.78099	1.54085	1.39701	0.14384	1.54085
02/06/2017	99.89523	97.94285	98.09733	1.95239	1.79790	0.15448	1.95239
03/06/2017	100.41709	98.48014	98.35728	1.93695	2.05982	0.12286	2.05982
04/06/2017	99.98437	97.87488	98.07917	2.10949	1.90520	0.20429	2.10949
05/06/2017	100.90252	99.57890	99.87633	1.32362	1.02619	0.29743	1.32362
09/06/2017	99.29627	100.28742	100.39381	0.99115	1.09754	0.10639	1.09754
10/06/2017	99.63047	99.60767	99.16262	0.02279	0.46785	0.44506	0.46785
11/06/2017	100.08342	100.15307	98.76040	0.06965	1.32302	1.39267	1.39267
12/06/2017	99.00701	99.03743	98.88981	0.03042	0.11721	0.14763	0.14763
13/06/2017	99.79543	99.89326	99.02131	0.09783	0.77411	0.87195	0.87195
14/06/2017	98.67136	98.94626	98.09847	0.27490	0.57289	0.84779	0.84779
15/06/2017	98.42055	97.94652	97.02038	0.47403	1.40017	0.92613	1.40017
16/06/2017	98.13771	99.46858	98.06155	1.33087	0.07616	1.40703	1.40703
17/06/2017	98.33843	100.38430	98.71840	2.04587	0.37997	1.66590	2.04587
18/06/2017	99.33379	100.22386	98.73997	0.89007	0.59382	1.48389	1.48389
19/06/2017	98.60276	100.31564	98.64471	1.71288	0.04195	1.67093	1.71288
20/06/2017	99.55646	99.15778	98.31227	0.39869	1.24419	0.84551	1.24419
21/06/2017	99.89024	99.18811	98.70525	0.70213	1.18499	0.48286	1.18499
22/06/2017	98.25417	100.23059	98.87716	1.97642	0.62299	1.35343	1.97642
23/06/2017	99.54590	100.67176	98.99302	1.12586	0.55288	1.67874	1.67874
24/06/2017	99.11827	99.68892	98.91342	0.57066	0.20485	0.77550	0.77550
25/06/2017	100.37201	100.32848	98.90468	0.04353	1.46733	1.42380	1.46733
26/06/2017	99.96364	99.58411	98.92195	0.37953	1.04169	0.66216	1.04169
27/06/2017	99.99556	99.22020	99.03773	0.77537	0.95783	0.18247	0.95783
28/06/2017	99.84782	100.35971	98.26370	0.51188	1.58412	2.09600	2.09600

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
29/06/2017	99.03367	100.74785	98.59856	1.71419	0.43511	2.14929	2.14929
30/06/2017	97.96552	100.57349	98.28102	2.60797	0.31550	2.29247	2.60797
01/07/2017	99.03728	99.55325	98.09340	0.51597	0.94388	1.45985	1.45985
02/07/2017	98.62685	100.28285	98.47402	1.65601	0.15283	1.80883	1.80883
03/07/2017	97.32474	99.98261	98.21841	2.65787	0.89367	1.76420	2.65787
04/07/2017	99.78969	99.50244	98.85331	0.28725	0.93638	0.64912	0.93638
05/07/2017	99.50881	99.36361	98.35592	0.14520	1.15289	1.00769	1.15289
06/07/2017	98.32268	99.11506	99.08199	0.79238	0.75932	0.03307	0.79238
07/07/2017	99.02619	99.99154	98.12682	0.96535	0.89937	1.86472	1.86472
08/07/2017	98.67481	99.43878	99.11206	0.76397	0.43725	0.32672	0.76397
09/07/2017	96.22485	98.24632	98.16645	2.02148	1.94160	0.07988	2.02148
10/07/2017	100.08924	99.03541	98.19889	1.05383	1.89035	0.83652	1.89035
11/07/2017	99.75643	99.73885	98.71927	0.01758	1.03716	1.01958	1.03716
12/07/2017	98.54232	99.59174	99.40880	1.04942	0.86649	0.18294	1.04942
13/07/2017	99.94810	99.26274	98.88264	0.68536	1.06545	0.38009	1.06545
14/07/2017	100.06660	100.23802	99.66897	0.17142	0.39763	0.56905	0.56905
15/07/2017	98.49012	99.78526	99.24736	1.29514	0.75724	0.53790	1.29514
16/07/2017	99.89890	100.41685	99.32368	0.51794	0.57522	1.09317	1.09317
17/07/2017	98.84743	100.53447	100.10283	1.68704	1.25540	0.43164	1.68704
18/07/2017	97.75139	99.50345	98.84856	1.75206	1.09716	0.65490	1.75206
19/07/2017	99.22750	100.55749	99.57835	1.33000	0.35086	0.97914	1.33000
20/07/2017	96.54011	100.41514	99.67090	3.87504	3.13079	0.74425	3.87504
21/07/2017	99.27543	100.01262	99.53508	0.73720	0.25965	0.47755	0.73720
22/07/2017	99.46698	99.56677	99.15988	0.09980	0.30710	0.40690	0.40690
23/07/2017	98.20992	99.42474	99.73363	1.21482	1.52371	0.30889	1.52371
24/07/2017	99.04244	98.95473	98.68069	0.08771	0.36175	0.27404	0.36175
25/07/2017	99.14408	99.89524	99.30793	0.75116	0.16385	0.58732	0.75116
26/07/2017	100.00150	99.98742	99.23537	0.01408	0.76612	0.75204	0.76612
27/07/2017	98.31651	100.48478	99.49568	2.16827	1.17917	0.98910	2.16827
28/07/2017	99.77185	99.92877	98.86099	0.15692	0.91087	1.06778	1.06778
29/07/2017	97.72983	99.10455	99.43608	1.37472	1.70625	0.33153	1.70625
30/07/2017	99.00172	99.61055	99.26255	0.60883	0.26082	0.34800	0.60883
31/07/2017	99.14511	100.03436	99.01250	0.88924	0.13261	1.02185	1.02185
01/07/2017	99.24615	100.30229	99.65749	1.05614	0.41134	0.64480	1.05614
02/08/2017	96.93460	98.30275	98.62315	1.36815	1.68855	0.32041	1.68855
03/08/2017	99.34287	98.66382	98.32190	0.67905	1.02097	0.34192	1.02097
04/08/2017	99.45404	100.06354	99.90660	0.60949	0.45256	0.15694	0.60949
05/08/2017	99.03947	99.35559	98.87241	0.31612	0.16706	0.48318	0.48318
06/08/2017	98. 81434	99.32310	100.05749	0.50876	1.24315	0.73440	1.24315

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
07/08/2017	99.17127	99.18629	99.51025	0.01502	0.33897	0.32395	0.33897
08/08/2017	99.14920	98.82325	99.09237	0.32594	0.05682	0.26912	0.32594
09/08/2017	99.51988	98.47196	99.64021	1.04792	0.12033	1.16825	1.16825
10/08/2017	98.18279	98.55136	98.77692	0.36857	0.59413	0.22556	0.59413
11/08/2017	99.85986	99.81339	100.17805	0.04647	0.31819	0.36466	0.36466
12/08/2017	101.39338	101.68827	101.65666	0.29489	0.26328	0.03161	0.29489
13/08/2017	99.25211	100.28009	100.58835	1.02797	1.33624	0.30827	1.33624
14/08/2017	99.50981	100.04930	100.13189	0.53949	0.62208	0.08259	0.62208
15/08/2017	100.08898	100.13533	100.26821	0.04635	0.17922	0.13287	0.17922
16/08/2017	99.50152	99.74273	99.93689	0.24121	0.43537	0.19417	0.43537
17/08/2017	99.59110	99.77608	99.33238	0.18498	0.25872	0.44370	0.44370
18/08/2017	100.29923	100.76775	99.93243	0.46852	0.36680	0.83531	0.83531
19/08/2017	99.32429	99.69124	100.26154	0.36695	0.93725	0.57030	0.93725
20/08/2017	100.82838	99.31610	100.01944	1.51227	0.80894	0.70333	1.51227
21/08/2017	100.10907	99.83117	100.70272	0.27790	0.59365	0.87156	0.87156
22/08/2017	99.61291	98.51629	100.10849	1.09661	0.49558	1.59220	1.59220
23/08/2017	100.84386	99.07036	100.96299	1.77350	0.11912	1.89263	1.89263
24/08/2017	99.78579	100.54565	100.76313	0.75986	0.97734	0.21748	0.97734
25/08/2017	99.77600	99.32418	100.95776	0.45182	1.18176	1.63358	1.63358
26/08/2017	101.27343	99.45025	100.41969	1.82318	0.85375	0.96943	1.82318
27/08/2017	98.33177	99.02149	100.56969	0.68972	2.23792	1.54820	2.23792
28/08/2017	101.24148	99.24107	100.02705	2.00041	1.21443	0.78598	2.00041
29/08/2017	99.77761	99.42801	100.27675	0.34961	0.49914	0.84875	0.84875
30/08/2017	99.20810	99.24339	100.43127	0.03530	1.22317	1.18788	1.22317
31/08/2017	100.38149	99.93155	100.25746	0.44993	0.12403	0.32591	0.44993
01/09/2017	99.51245	99.06123	99.33129	0.45122	0.18115	0.27007	0.45122
02/09/2017	100.03404	99.63371	100.10625	0.40033	0.07222	0.47255	0.47255
03/09/2017	100.74608	100.03423	99.97033	0.71185	0.77574	0.06390	0.77574
04/09/2017	100.18576	99.78146	100.11582	0.40430	0.06994	0.33436	0.40430
05/09/2017	99.60368	99.82573	100.06338	0.22206	0.45970	0.23764	0.45970
06/09/2017	100.05951	100.16552	100.68370	0.10602	0.62419	0.51817	0.62419
07/09/2017	97.68099	98.96740	99.22012	1.28641	1.53912	0.25271	1.53912
08/09/2017	100.25705	100.09604	100.51757	0.16100	0.26052	0.42152	0.42152
09/09/2017	101.43899	100.58261	100.55417	0.85637	0.88482	0.02845	0.88482
10/09/2017	100.53125	100.16484	99.54522	0.36641	0.98603	0.61962	0.98603
11/09/2017	98.97705	99.56992	98.62961	0.59287	0.34743	0.94031	0.94031
12/09/2017	101.22328	100.33225	99.63887	0.89102	1.58441	0.69339	1.58441
13/09/2017	99.20689	100.14620	99.33032	0.93931	0.12343	0.81588	0.93931
14/09/2017	100.19987	100.71288	101.41708	0.51301	1.21720	0.70420	1.21720

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
15/09/2017	98.88473	97.93488	97.84524	0.94985	1.03948	0.08964	1.03948
16/09/2017	100.22058	99.79493	100.04622	0.42565	0.17436	0.25129	0.42565
17/09/2017	99.85424	99.16818	99.33844	0.68606	0.51581	0.17026	0.68606
18/09/2017	100.72316	99.79243	100.68289	0.93073	0.04027	0.89046	0.93073
19/09/2017	100.00551	99.90604	99.82722	0.09947	0.17829	0.07882	0.17829
20/09/2017	100.37272	100.46240	99.26053	0.08968	1.11219	1.20187	1.20187
21/09/2017	100.00156	99.74333	99.31084	0.25823	0.69072	0.43249	0.69072
22/09/2017	98.51453	99.80203	99.11122	1.28750	0.59669	0.69081	1.28750
23/09/2017	100.38654	99.55533	100.06789	0.83121	0.31865	0.51256	0.83121
24/09/2017	99.93195	99.98139	99.46716	0.04944	0.46479	0.51423	0.51423
25/09/2017	100.72334	100.05397	100.54087	0.66937	0.18247	0.48690	0.66937
26/09/2017	99.96964	99.59341	99.27907	0.37623	0.69056	0.31434	0.69056
27/09/2017	98.13433	98.87495	99.08936	0.74062	0.95504	0.21441	0.95504
28/09/2017	100.58266	99.28700	99.55320	1.29566	1.02946	0.26620	1.29566
29/09/2017	99.84055	100.12327	99.61225	0.28272	0.22830	0.51102	0.51102
30/09/2017	100.09938	100.78538	100.68462	0.68599	0.58524	0.10075	0.68599
01/10/2017	98.15701	98.40896	99.02344	0.25194	0.86643	0.61448	0.86643
02/10/2017	97.77529	98.42699	98.36289	0.65170	0.58760	0.06411	0.65170
03/10/2017	99.08876	99.54594	99.48343	0.45717	0.39467	0.06251	0.45717
04/10/2017	98.61894	99.21209	99.36527	0.59315	0.74634	0.15319	0.74634
05/10/2017	99.53112	99.36832	99.96519	0.16280	0.43408	0.59688	0.59688
06/10/2017	100.02362	99.93734	100.05121	0.08628	0.02759	0.11387	0.11387
07/10/2017	98.50249	99.64648	99.23046	1.14399	0.72797	0.41603	1.14399
08/10/2017	99.87107	101.05166	99.92847	1.18059	0.05741	1.12319	1.18059
09/10/2017	100.37063	100.24160	99.68467	0.12903	0.68596	0.55693	0.68596
10/10/2017	100.26370	100.65591	99.75312	0.39221	0.51058	0.90279	0.90279
11/10/2017	100.47221	101.86117	100.45689	1.38897	0.01532	1.40429	1.40429
12/10/2017	99.46628	101.38652	99.81287	1.92024	0.34658	1.57366	1.92024
13/10/2017	100.04981	99.47654	99.98695	0.57326	0.06286	0.51040	0.57326
14/10/2017	98.37950	99.17772	98.41199	0.79822	0.03249	0.76573	0.79822
15/10/2017	98.90157	99.38393	98.73771	0.48236	0.16386	0.64622	0.64622
16/10/2017	97.64699	98.81996	98.33412	1.17297	0.68713	0.48584	1.17297
17/10/2017	99.57597	99.89268	98.99383	0.31670	0.58215	0.89885	0.89885
18/10/2017	98.31632	99.37720	99.90445	1.06088	1.58814	0.52725	1.58814
19/10/2017	100.39857	99.87061	99.99222	0.52796	0.40635	0.12161	0.52796
20/10/2017	99.25190	99.28723	99.02953	0.03533	0.22237	0.25770	0.25770
21/10/2017	101.04417	99.31872	99.73150	1.72546	1.31268	0.41278	1.72546
22/10/2017	99.85042	99.23729	99.19149	0.61313	0.65893	0.04579	0.65893
23/10/2017	100.77606	99.47490	99.84574	1.30116	0.93032	0.37084	1.30116

Fecha	LSF RM \pm 0.00003	LSF Clk \pm 0.00003	LSF KF \pm 0.00003	Dif RM- Clk \pm 0.00008	Dif RM-KF \pm 0.00008	Dif Clk-KF \pm 0.00008	Dif mayor \pm 0.00002
24/10/2017	100.71748	99.52492	99.54069	1.19256	1.17679	0.01578	1.19256
25/10/2017	98.96101	99.89047	99.16623	0.92946	0.20522	0.72424	0.92946
26/10/2017	100.65341	100.84961	99.97306	0.19620	0.68035	0.87655	0.87655
27/10/2017	99.45915	100.34372	99.87698	0.88457	0.41783	0.46674	0.88457
28/10/2017	99.16770	100.76618	99.32591	1.59848	0.15821	1.44026	1.59848
29/10/2017	99.52145	100.45885	99.87985	0.93740	0.35839	0.57900	0.93740
30/10/2017	101.56577	101.04051	100.06833	0.52526	1.49744	0.97218	1.49744
31/10/2017	99.96896	101.27429	100.72230	1.30533	0.75334	0.55200	1.30533
01/11/2017	100.06444	100.36081	100.01921	0.29637	0.04523	0.34160	0.34160
02/11/2017	99.74453	100.71862	100.42775	0.97409	0.68322	0.29087	0.97409
03/11/2017	99.45529	99.72642	100.17514	0.27113	0.71986	0.44872	0.71986
04/11/2017	99.70799	100.77237	100.41568	1.06438	0.70768	0.35669	1.06438
05/11/2017	100.05686	100.88301	100.69528	0.82615	0.63843	0.18772	0.82615
06/11/2017	100.08442	99.89387	99.52043	0.19055	0.56399	0.37345	0.56399
07/11/2017	99.41309	99.34755	98.75759	0.06554	0.65550	0.58996	0.65550
08/11/2017	100.12213	100.69312	99.28945	0.57099	0.83268	1.40367	1.40367
09/11/2017	99.84473	101.54835	99.78968	1.70361	0.05506	1.75867	1.75867
10/11/2017	101.62401	102.62808	100.74649	1.00407	0.87751	1.88159	1.88159
11/11/2017	99.69386	100.54465	100.94122	0.85079	1.24736	0.39657	1.24736
12/11/2017	100.58590	100.10122	100.28788	0.48469	0.29802	0.18666	0.48469
13/11/2017	99.66930	100.40622	100.73888	0.73691	1.06957	0.33266	1.06957
14/11/2017	100.07244	100.67153	100.29208	0.59910	0.21965	0.37945	0.59910
15/11/2017	99.34442	100.64875	99.70891	1.30433	0.36449	0.93984	1.30433
16/11/2017	100.08909	101.52542	100.04759	1.43633	0.04150	1.47783	1.47783
17/11/2017	100.77099	102.05543	101.13714	1.28444	0.36615	0.91830	1.28444
18/11/2017	99.32662	100.76966	99.68832	1.44304	0.36170	1.08134	1.44304
19/11/2017	99.25130	99.82242	99.15540	0.57112	0.09590	0.66702	0.66702
20/11/2017	99.22740	101.18137	99.62944	1.95398	0.40204	1.55193	1.95398
21/11/2017	98.87515	100.74849	99.24784	1.87334	0.37269	1.50065	1.87334
22/11/2017	99.33033	99.93483	98.86550	0.60450	0.46483	1.06933	1.06933
23/11/2017	99.27856	99.88563	99.82887	0.60707	0.55031	0.05676	0.60707
24/11/2017	90.70295	100.54588	99.04622	9.84293	8.34328	1.49966	9.84293
28/11/2017	100.02219	99.88011	100.38186	0.14208	0.35967	0.50175	0.50175
29/11/2017	98.72581	100.29063	99.98592	1.56482	1.26011	0.30472	1.56482
30/11/2017	98.95514	99.27875	99.01620	0.32361	0.06106	0.26255	0.32361
01/12/2017	99.38562	99.31796	99.40183	0.06767	0.01620	0.08387	0.08387
02/12/2017	100.37076	100.11482	99.69181	0.25594	0.67896	0.42302	0.67896
03/12/2017	98.43628	99.29794	98.33878	0.86167	0.09750	0.95916	0.95916
04/12/2017	98.34983	99.72564	99.24154	1.37581	0.89172	0.48410	1.37581

Cuadro 9. Datos de MS, MA y la diferencia máxima entre los tres puntos evaluados para cada variable

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
01/01/2017	2.78258	2.84868	2.79719	0.06611	1.91514	1.97940	1.88649	0.09291
02/01/2017	2.73881	2.79474	2.73766	0.05708	1.92804	1.99774	1.89847	0.09927
03/01/2017	2.74908	2.79191	2.73092	0.06100	1.92866	2.01660	1.90674	0.10986
04/01/2017	2.77119	2.83816	2.73340	0.10476	1.90531	2.00215	1.91351	0.09685
05/01/2017	2.79064	2.80968	2.74409	0.06559	1.86991	1.96323	1.89807	0.09332
06/01/2017	2.80860	2.82757	2.77011	0.05746	1.87112	1.97278	1.88092	0.10166
07/01/2017	2.79155	2.83930	2.80666	0.04776	1.89311	1.97203	1.87861	0.09342
08/01/2017	2.82053	2.84844	2.76904	0.07940	1.87474	1.98356	1.90269	0.10882
09/01/2017	2.71815	2.83880	2.78905	0.12065	1.88410	1.97420	1.87893	0.09527
10/01/2017	2.78680	2.82049	2.75095	0.06954	1.87715	1.97507	1.88569	0.09792
11/01/2017	2.82183	2.83274	2.78384	0.04889	1.85073	1.94782	1.85246	0.09709
12/01/2017	2.72253	2.80344	2.75781	0.08091	1.87278	1.95116	1.86102	0.09014
13/01/2017	2.83230	2.84245	2.80389	0.03856	1.84300	1.95165	1.85382	0.10866
14/01/2017	2.76936	2.82835	2.75607	0.07228	1.89834	1.97256	1.86380	0.10876
15/01/2017	2.66948	2.72058	2.64191	0.07868	1.92337	2.02719	1.93395	0.10382
16/01/2017	2.67357	2.73484	2.68724	0.06127	1.92662	2.01475	1.90161	0.11314
17/01/2017	2.71116	2.74731	2.66755	0.07976	1.90384	2.02309	1.93164	0.11925
18/01/2017	2.73713	2.77660	2.70426	0.07235	1.82876	1.95185	1.86946	0.12309
19/01/2017	2.72644	2.75764	2.69490	0.06274	1.83783	1.92524	1.84653	0.08741
20/01/2017	2.70557	2.75350	2.69873	0.05477	1.82700	1.92156	1.83304	0.09456
21/01/2017	2.78148	2.78897	2.74939	0.03958	1.96110	2.00223	1.89440	0.10783
22/01/2017	2.86893	2.86388	2.78793	0.08101	2.07846	2.12793	2.06321	0.06472
23/01/2017	2.88185	2.89795	2.85723	0.04071	2.08847	2.12811	2.06191	0.06620
24/01/2017	2.85834	2.86711	2.82048	0.04664	2.02548	2.11988	2.07142	0.09441
25/01/2017	2.75165	2.83965	2.76673	0.08800	2.00069	2.02412	2.00385	0.02343
26/01/2017	2.77427	2.81569	2.73581	0.07987	1.95359	2.01183	1.97304	0.05824
27/01/2017	2.78158	2.77516	2.72250	0.05907	1.93051	2.02286	1.92625	0.09661
28/01/2017	2.77585	2.83753	2.70513	0.13239	1.90664	2.05637	1.91195	0.14973
29/01/2017	2.79789	2.85022	2.78422	0.06599	1.94276	2.07217	1.94056	0.13161
30/01/2017	2.79688	2.85239	2.79191	0.06048	1.95130	2.08096	1.93741	0.14355
31/01/2017	2.85998	2.89455	2.82117	0.07338	1.89500	2.02813	1.89431	0.13382
01/02/2017	2.72638	2.86983	2.79937	0.14345	1.92012	2.01612	1.91461	0.10151
02/02/2017	2.67403	2.83939	2.72682	0.16536	1.98653	1.99846	1.94040	0.05806
03/02/2017	2.80794	2.86245	2.82393	0.05451	1.97381	2.04556	1.95869	0.08687
04/02/2017	2.75733	2.82279	2.76892	0.06547	1.99476	2.09537	1.99707	0.10061

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
05/02/2017	2.69755	2.77673	2.69582	0.08091	1.99078	2.08104	1.99899	0.09025
06/02/2017	2.80878	2.86405	2.79094	0.07311	1.92160	2.05372	1.96415	0.13212
07/02/2017	2.79706	2.89168	2.78054	0.11113	1.91246	2.03536	1.95420	0.12290
08/02/2017	2.81244	2.88235	2.79598	0.08637	1.91965	2.02587	1.92622	0.10622
09/02/2017	2.80530	2.85047	2.78807	0.06240	1.98062	2.06399	1.99556	0.08336
10/02/2017	2.80163	2.87420	2.80880	0.07258	1.95360	2.05485	1.95273	0.10212
11/02/2017	2.81437	2.86304	2.79025	0.07279	1.94023	2.04966	1.95493	0.10944
12/02/2017	2.80836	2.88688	2.80713	0.07975	1.94062	2.03351	1.95489	0.09288
13/02/2017	2.75593	2.81270	2.76286	0.05677	1.95627	2.04850	1.97208	0.09222
04/03/2017	2.73023	2.80364	2.74097	0.07342	1.93149	2.00741	1.92816	0.07925
05/03/2017	2.83716	2.82755	2.78741	0.04975	1.93871	2.03397	1.91962	0.11435
06/03/2017	2.75263	2.82317	2.82166	0.07054	1.97170	2.09005	1.93424	0.15581
07/03/2017	2.82675	2.83912	2.81767	0.02146	1.94669	2.07124	1.92417	0.14707
08/03/2017	2.79352	2.83841	2.81222	0.04489	1.94372	2.04806	1.92997	0.11808
09/03/2017	2.81336	2.81799	2.79920	0.01878	1.90534	2.02176	1.90424	0.11753
10/03/2017	2.79266	2.83574	2.80077	0.04308	1.92065	2.03251	1.89415	0.13837
11/03/2017	2.79520	2.82778	2.79992	0.03258	1.93501	2.04377	1.91897	0.12480
12/03/2017	2.77550	2.80160	2.77123	0.03037	1.92640	2.03772	1.91957	0.11814
13/03/2017	2.80019	2.80714	2.76083	0.04631	1.91235	2.02809	1.92681	0.11574
14/03/2017	2.80215	2.83015	2.79934	0.03081	1.92621	2.04516	1.90506	0.14010
15/03/2017	2.78747	2.80410	2.81108	0.02360	1.90818	2.02040	1.91704	0.11223
16/03/2017	2.78424	2.83488	2.82748	0.05064	1.90926	2.00722	1.87348	0.13374
17/03/2017	2.76015	2.78613	2.75488	0.03125	1.97217	2.06157	1.92770	0.13387
18/03/2017	2.85333	2.85917	2.83456	0.02461	1.94720	2.06196	1.90296	0.15900
19/03/2017	2.84770	2.84677	2.82734	0.02036	1.94348	2.07584	1.94492	0.13236
20/03/2017	2.85033	2.84737	2.83806	0.01227	1.97868	2.08834	1.95790	0.13044
22/03/2017	2.84498	2.82723	2.81877	0.02621	1.98697	2.07508	1.94284	0.13225
23/03/2017	2.82074	2.84076	2.80377	0.03700	1.95081	2.07941	1.96778	0.12861
24/03/2017	2.80470	2.84013	2.79882	0.04131	1.91788	2.03596	1.93144	0.11808
25/03/2017	2.79148	2.83257	2.80466	0.04108	1.92243	2.04706	1.91998	0.12708
26/03/2017	2.84621	2.84043	2.78468	0.06153	1.93154	2.02583	1.91823	0.10761
27/03/2017	2.83160	2.86631	2.82424	0.04207	1.91509	2.01148	1.90578	0.10570
28/03/2017	2.45677	2.83774	2.78254	0.38097	2.02051	2.00398	1.98042	0.04009
29/03/2017	2.80035	2.79074	2.73935	0.06101	1.94289	2.07591	1.98576	0.13302
30/03/2017	2.92508	2.86278	2.82479	0.10030	1.89827	2.06189	1.92359	0.16362
31/03/2017	3.03022	2.98487	2.94899	0.08123	1.83519	1.98908	1.86415	0.15390
01/04/2017	2.97428	2.94328	2.98455	0.04126	1.82635	2.00323	1.84617	0.17688
02/04/2017	2.70042	2.79082	2.81353	0.11311	1.91495	1.98774	1.87863	0.10911

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
03/04/2017	2.63478	2.73340	2.70228	0.09861	1.91981	1.99489	1.88143	0.11346
04/04/2017	2.65195	2.78691	2.66672	0.13496	1.90493	1.96555	1.88950	0.07605
05/04/2017	2.61132	2.74289	2.64007	0.13158	1.93856	1.98576	1.90263	0.08313
06/04/2017	2.59943	2.73480	2.62034	0.13536	1.95739	1.98027	1.94425	0.03602
07/04/2017	2.51169	2.71959	2.59651	0.20790	1.96529	1.98871	1.94801	0.04070
08/04/2017	2.55287	2.70981	2.57826	0.15694	1.93708	1.99112	1.95270	0.05404
09/04/2017	2.62200	2.70212	2.62070	0.08142	1.99236	1.99149	1.92116	0.07121
10/04/2017	2.60058	2.70071	2.62547	0.10014	1.94897	2.02369	1.94206	0.08163
11/04/2017	2.62211	2.67905	2.61390	0.06516	1.96023	2.01287	1.93712	0.07575
12/04/2017	2.65205	2.70961	2.61404	0.09557	1.89383	1.99348	1.91443	0.09965
13/04/2017	2.67884	2.70747	2.64307	0.06440	1.91340	1.99484	1.89601	0.09883
14/04/2017	2.69400	2.69309	2.65392	0.04008	1.89973	1.95005	1.92412	0.05032
15/04/2017	2.71977	2.76810	2.67557	0.09253	1.92213	2.00245	1.91274	0.08971
16/04/2017	2.70061	2.74160	2.67489	0.06672	1.88801	1.99844	1.90218	0.11044
17/04/2017	2.69735	2.75410	2.66877	0.08533	1.88773	1.98984	1.88592	0.10392
18/04/2017	2.66680	2.72964	2.68188	0.06283	1.91381	1.99542	1.89923	0.09618
19/04/2017	2.73166	2.77151	2.70537	0.06614	1.88882	1.98698	1.90212	0.09816
20/04/2017	2.69098	2.77643	2.73664	0.08545	1.89233	1.96218	1.86712	0.09506
26/04/2017	2.67151	2.72776	2.65243	0.07533	1.93877	1.95702	1.92252	0.03450
27/04/2017	2.73230	2.76705	2.71980	0.04726	1.94763	2.02538	1.93972	0.08567
28/04/2017	2.70789	2.75356	2.68853	0.06503	1.95665	2.02262	1.93947	0.08314
29/04/2017	2.70388	2.74769	2.70914	0.04381	1.95662	2.01160	1.94257	0.06903
30/04/2017	2.72720	2.76366	2.70781	0.05585	1.93812	2.00716	1.93121	0.07595
01/05/2017	2.67187	2.74657	2.71143	0.07470	1.90062	1.99170	1.90527	0.09108
02/05/2017	2.69198	2.74769	2.72686	0.05571	1.88871	1.98545	1.87112	0.11433
03/05/2017	2.74780	2.78277	2.74579	0.03698	1.88394	1.97660	1.86751	0.10909
04/05/2017	2.71922	2.76985	2.73184	0.05063	1.88339	1.98144	1.88036	0.10107
05/05/2017	2.74218	2.73671	2.71397	0.02821	1.86780	1.96602	1.87668	0.09822
06/05/2017	2.74477	2.76820	2.73341	0.03479	1.84302	1.95021	1.84657	0.10719
07/05/2017	2.70365	2.78374	2.73598	0.08009	1.88315	1.95454	1.84361	0.11093
08/05/2017	2.72601	2.79571	2.72996	0.06970	1.85090	1.97634	1.87082	0.12544
09/05/2017	2.77868	2.79801	2.73303	0.06498	1.87690	1.94415	1.87131	0.07284
10/05/2017	2.78795	2.81954	2.77916	0.04038	1.84225	1.95812	1.83998	0.11814
11/05/2017	2.61304	2.81591	2.73888	0.20287	1.86973	1.94955	1.85161	0.09794
12/05/2017	2.76695	2.82205	2.77827	0.05510	1.82206	1.91515	1.82415	0.09309
13/05/2017	2.74315	2.79092	2.76493	0.04777	1.88140	1.97877	1.86809	0.11068
14/05/2017	2.71795	2.77063	2.74842	0.05268	1.86119	2.00247	1.86997	0.14128
15/05/2017	2.79312	2.78789	2.71338	0.07974	1.88144	1.96966	1.88166	0.08823

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
16/05/2017	2.77713	2.81025	2.75650	0.05375	1.86602	1.98105	1.86263	0.11842
17/05/2017	2.75906	2.80106	2.77666	0.04200	1.82214	1.98680	1.86408	0.16466
18/05/2017	2.75501	2.78676	2.76630	0.03175	1.85000	1.95778	1.84645	0.11133
19/05/2017	2.77453	2.77858	2.75615	0.02243	1.82242	1.95715	1.82723	0.13473
20/05/2017	2.78414	2.79469	2.77052	0.02417	1.81595	1.97337	1.83309	0.15742
21/05/2017	2.78743	2.82362	2.76499	0.05863	1.82423	1.94334	1.82124	0.12209
22/05/2017	2.79139	2.84885	2.81155	0.05746	1.83728	1.96394	1.82502	0.13891
23/05/2017	2.77014	2.81655	2.74598	0.07057	1.84135	1.96919	1.87581	0.12784
24/05/2017	2.83205	2.89083	2.79699	0.09384	1.81448	1.97050	1.81522	0.15602
25/05/2017	2.83470	2.89485	2.80765	0.08720	1.81233	1.96068	1.81040	0.15028
26/05/2017	2.80250	2.86039	2.82219	0.05789	1.76512	1.94059	1.77574	0.17547
27/05/2017	2.84575	2.86212	2.80874	0.05338	1.80160	1.95567	1.79402	0.16165
28/05/2017	2.80711	2.85099	2.83448	0.04388	1.80895	1.97174	1.80586	0.16588
29/05/2017	2.77249	2.80228	2.77799	0.02979	1.84203	1.99423	1.81318	0.18105
30/05/2017	2.80209	2.81252	2.77468	0.03784	1.81287	1.98151	1.82052	0.16864
31/05/2017	2.76543	2.81794	2.73737	0.08057	1.85025	1.95651	1.83165	0.12486
01/06/2017	2.74267	2.83133	2.77121	0.08866	1.87839	1.97674	1.86015	0.11659
02/06/2017	2.73935	2.83035	2.75328	0.09100	1.83993	1.98878	1.84766	0.14884
03/06/2017	2.73702	2.80364	2.76172	0.06662	1.85383	1.96996	1.84795	0.12201
04/06/2017	2.74455	2.80014	2.76652	0.05559	1.85371	1.97460	1.84726	0.12734
05/06/2017	2.77032	2.79309	2.75601	0.03708	1.84516	2.00992	1.85132	0.16476
09/06/2017	2.73466	2.75584	2.75266	0.02118	1.89804	1.99525	1.91013	0.09722
10/06/2017	2.77455	2.77256	2.76509	0.00946	1.87799	1.98254	1.91205	0.10455
11/06/2017	2.79015	2.74364	2.76744	0.04651	1.88853	1.94620	1.89580	0.05767
12/06/2017	2.71138	2.78569	2.76263	0.07431	1.92260	1.98744	1.90351	0.08393
13/06/2017	2.79206	2.81203	2.77583	0.03621	1.90139	1.97371	1.91721	0.07232
14/06/2017	2.66328	2.78221	2.74995	0.11893	1.94995	2.00580	1.93061	0.07519
15/06/2017	2.79364	2.81712	2.78741	0.02971	1.93818	2.03150	1.93562	0.09587
16/06/2017	2.71034	2.78311	2.77705	0.07278	1.97110	2.05123	1.95967	0.09156
17/06/2017	2.73815	2.82733	2.77498	0.08917	1.94828	2.00093	1.95709	0.05265
18/06/2017	2.72767	2.83725	2.77117	0.10958	1.95495	2.00110	1.95360	0.04750
19/06/2017	2.66318	2.79326	2.77759	0.13009	1.81195	1.98454	1.92747	0.17259
20/06/2017	2.83736	2.85801	2.82234	0.03567	1.81044	1.91744	1.83357	0.10700
21/06/2017	2.82529	2.83660	2.83487	0.01131	1.83420	1.92828	1.82949	0.09879
22/06/2017	2.60822	2.77911	2.79993	0.19170	1.87914	1.92030	1.87133	0.04897
23/06/2017	2.79338	2.77473	2.78641	0.01865	1.86304	1.92509	1.86718	0.06205
24/06/2017	2.75062	2.82982	2.81382	0.07919	1.85003	1.88572	1.86277	0.03569
25/06/2017	2.81779	2.79234	2.82910	0.03676	1.84284	1.94378	1.86107	0.10094

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
26/06/2017	2.71738	2.80851	2.81807	0.10069	1.89931	1.95660	1.89842	0.05818
27/06/2017	2.78859	2.79223	2.81805	0.02946	1.89011	1.96766	1.86846	0.09919
28/06/2017	2.78434	2.80337	2.80691	0.02257	1.91106	1.99279	1.91663	0.08173
29/06/2017	2.66217	2.74680	2.78704	0.12487	1.93402	1.97232	1.91756	0.05476
30/06/2017	2.71842	2.75815	2.75632	0.03973	1.94377	1.97245	1.92736	0.04509
01/07/2017	2.76989	2.77254	2.77050	0.00265	1.90469	1.97531	1.91628	0.07062
02/07/2017	2.73627	2.76674	2.77930	0.04304	1.90992	1.96948	1.88735	0.08213
03/07/2017	2.71153	2.76623	2.79325	0.08172	1.93451	1.96965	1.91563	0.05402
04/07/2017	2.82160	2.80330	2.77628	0.04533	1.87934	1.97042	1.90170	0.09108
05/07/2017	2.84135	2.83584	2.82260	0.01875	1.89357	1.97834	1.90317	0.08477
06/07/2017	2.83475	2.81252	2.80651	0.02824	1.90104	1.98129	1.91795	0.08026
07/07/2017	2.66697	2.78143	2.80522	0.13826	1.94019	1.97317	1.92305	0.05012
08/07/2017	2.58606	2.79198	2.78338	0.20592	1.94337	1.97416	1.90648	0.06768
09/07/2017	2.60820	2.76109	2.75703	0.15289	1.95667	1.96795	1.91505	0.05290
10/07/2017	2.71079	2.81507	2.75615	0.10429	1.93071	1.95714	1.93550	0.02643
11/07/2017	2.65158	2.78969	2.77327	0.13811	1.92899	1.95423	1.90478	0.04945
12/07/2017	2.68001	2.81728	2.75494	0.13727	1.92395	1.94583	1.91122	0.03461
13/07/2017	2.78621	2.78214	2.75935	0.02685	1.89097	1.96319	1.90650	0.07222
14/07/2017	2.78274	2.77145	2.76949	0.01325	1.89462	1.94916	1.90149	0.05454
15/07/2017	2.78266	2.77583	2.76939	0.01327	1.91613	1.95560	1.90276	0.05284
16/07/2017	2.75105	2.75702	2.75981	0.00876	1.95330	1.99524	1.93471	0.06053
17/07/2017	2.62965	2.74334	2.74416	0.11451	1.94902	1.99314	1.98032	0.04412
18/07/2017	2.65006	2.72643	2.71213	0.07637	1.94585	1.97613	1.94567	0.03046
19/07/2017	2.69183	2.73567	2.72657	0.04383	1.91769	1.99413	1.91364	0.08049
20/07/2017	2.61469	2.72937	2.72883	0.11469	1.96273	2.00754	1.90213	0.10541
21/07/2017	2.74468	2.76493	2.71025	0.05468	1.91713	1.98699	1.91480	0.07219
22/07/2017	2.75645	2.77721	2.75502	0.02219	1.90087	1.98116	1.90492	0.08029
23/07/2017	2.70876	2.76795	2.74943	0.05920	1.92524	1.96460	1.87773	0.08686
24/07/2017	2.59189	2.73876	2.69452	0.14687	2.00492	2.03766	1.97331	0.06436
25/07/2017	2.71844	2.74908	2.68541	0.06367	1.97730	2.05271	1.98738	0.07541
26/07/2017	2.79076	2.77342	2.72047	0.07029	1.88855	1.98169	1.94972	0.09314
27/07/2017	2.73769	2.76698	2.77446	0.03677	1.89945	1.94522	1.89606	0.04916
28/07/2017	2.78750	2.76942	2.76132	0.02617	1.87128	1.94118	1.89817	0.06990
29/07/2017	2.83622	2.80650	2.79198	0.04424	1.87164	1.94715	1.88441	0.07550
30/07/2017	2.71344	2.78676	2.79697	0.08353	1.87821	1.94254	1.86967	0.07287
31/07/2017	2.75655	2.77402	2.77318	0.01747	1.91013	1.93293	1.87579	0.05713
01/08/2017	2.75619	2.75340	2.74491	0.01128	1.89579	1.95154	1.90485	0.05575
02/08/2017	2.74468	2.78201	2.76831	0.03732	1.92768	1.97369	1.90963	0.06406

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
03/08/2017	2.66974	2.77040	2.78618	0.11644	1.94965	1.99647	1.92139	0.07508
04/08/2017	2.67579	2.75848	2.75843	0.08270	1.94387	2.02222	1.92039	0.10183
05/08/2017	2.76853	2.76611	2.80681	0.04071	1.93646	2.01014	1.91094	0.09921
06/08/2017	2.77501	2.77910	2.77738	0.00409	1.89008	1.99522	1.90233	0.10514
07/08/2017	2.84536	2.83564	2.83804	0.00972	1.84464	1.94622	1.86493	0.10157
08/08/2017	2.81820	2.82284	2.85283	0.03463	1.83139	1.94560	1.84017	0.11421
09/08/2017	2.83879	2.83049	2.82084	0.01795	1.85749	1.94544	1.84120	0.10424
10/08/2017	2.72531	2.78683	2.81439	0.08907	1.91363	1.97248	1.89117	0.08131
11/08/2017	2.77945	2.78764	2.78013	0.00819	1.92437	1.99826	1.91565	0.08261
12/08/2017	2.80917	2.79411	2.80552	0.01506	1.92158	2.02908	1.91877	0.11031
13/08/2017	2.76298	2.75602	2.78691	0.03089	1.88146	1.97547	1.89672	0.09401
14/08/2017	2.55237	2.73992	2.73698	0.18754	1.95642	1.97635	1.91296	0.06338
15/08/2017	2.77295	2.73689	2.77100	0.03606	1.88397	1.96263	1.88725	0.07865
16/08/2017	2.75482	2.78142	2.78649	0.03167	1.84344	1.92247	1.87561	0.07903
17/08/2017	2.84506	2.82103	2.82889	0.02404	1.82512	1.91821	1.86337	0.09310
18/08/2017	2.83691	2.82465	2.84116	0.01651	1.86309	1.92896	1.87133	0.06587
19/08/2017	2.83724	2.83891	2.80613	0.03278	1.83106	1.93425	1.87180	0.10319
20/08/2017	2.86166	2.82819	2.81112	0.05054	1.82779	1.92833	1.86758	0.10055
21/08/2017	2.88043	2.84000	2.80868	0.07175	1.79790	1.93499	1.85896	0.13710
22/08/2017	2.86675	2.86353	2.83732	0.02943	1.79392	1.89799	1.81853	0.10407
23/08/2017	2.92782	2.85724	2.83223	0.09559	1.81854	1.87831	1.82643	0.05977
24/08/2017	2.94672	2.87451	2.86678	0.07994	1.80985	1.88883	1.83594	0.07898
25/08/2017	2.81527	2.86969	2.83012	0.05442	1.81436	1.85601	1.84228	0.04166
26/08/2017	2.97227	2.88235	2.87659	0.09569	1.82431	1.89576	1.83250	0.07145
27/08/2017	2.84997	2.87505	2.84147	0.03358	1.85312	1.89260	1.82782	0.06478
28/08/2017	2.83358	2.82351	2.81213	0.02145	1.86604	1.90031	1.85961	0.04071
29/08/2017	2.88612	2.83443	2.84423	0.05169	1.87173	1.91220	1.86242	0.04978
30/08/2017	2.85740	2.84959	2.82489	0.03252	1.88102	1.91712	1.86327	0.05385
31/08/2017	2.79677	2.83974	2.82437	0.04297	1.88641	1.91942	1.87848	0.04093
01/09/2017	2.76387	2.83314	2.81846	0.06928	1.81386	1.88133	1.84861	0.06747
02/09/2017	2.91763	2.85293	2.88256	0.06471	1.77026	1.83769	1.75072	0.08697
03/09/2017	2.91080	2.85156	2.88942	0.05924	1.78398	1.84970	1.76579	0.08391
04/09/2017	2.91589	2.84374	2.87682	0.07215	1.77928	1.85918	1.77964	0.07990
05/09/2017	2.85118	2.84404	2.89708	0.05304	1.80576	1.85202	1.77649	0.07553
06/09/2017	2.91455	2.85585	2.89537	0.05870	1.78419	1.85163	1.77362	0.07802
07/09/2017	2.78344	2.84036	2.86795	0.08451	1.81482	1.84161	1.76125	0.08036
08/09/2017	2.88592	2.82806	2.89044	0.06239	1.71110	1.78881	1.71486	0.07771
09/09/2017	2.71035	2.76084	2.81719	0.10684	1.86380	1.85036	1.77229	0.09151

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
10/09/2017	2.68302	2.69085	2.73128	0.04825	1.86682	1.88474	1.85078	0.03396
11/09/2017	2.61406	2.66962	2.72700	0.11294	1.89800	1.90150	1.84705	0.05445
12/09/2017	2.69823	2.72491	2.68901	0.03590	1.91693	1.88044	1.85114	0.06579
13/09/2017	2.70741	2.77632	2.71253	0.06891	1.93490	1.87478	1.89690	0.06012
14/09/2017	2.68000	2.74815	2.71081	0.06816	1.88724	1.93115	1.87031	0.06084
15/09/2017	2.83306	2.80195	2.78098	0.05207	1.85743	1.93897	1.89421	0.08155
16/09/2017	2.80033	2.84919	2.85419	0.05386	1.84813	1.92688	1.82892	0.09795
17/09/2017	2.83233	2.84128	2.84337	0.01104	1.86338	1.94665	1.84044	0.10622
18/09/2017	2.82718	2.85582	2.83005	0.02864	1.93679	2.00502	1.88589	0.11913
19/09/2017	2.75482	2.82775	2.83679	0.08197	1.91692	2.00079	1.88796	0.11283
20/09/2017	2.80220	2.81018	2.80411	0.00798	1.98429	2.02454	1.93275	0.09179
21/09/2017	2.75529	2.76784	2.77155	0.01626	2.05851	2.06751	2.02395	0.04356
22/09/2017	2.73919	2.77765	2.77382	0.03847	2.09541	2.09872	2.04330	0.05542
23/09/2017	2.70978	2.76453	2.77115	0.06137	2.06169	2.10081	2.01076	0.09005
24/09/2017	2.73647	2.77183	2.77655	0.04008	2.01976	2.07186	1.99040	0.08146
25/09/2017	2.81209	2.78085	2.77750	0.03459	1.96948	2.06201	2.00237	0.09253
26/09/2017	2.83327	2.79888	2.79829	0.03498	1.94513	2.04494	1.98834	0.09981
27/09/2017	2.75984	2.81828	2.82435	0.06451	2.01593	2.04219	1.97476	0.06743
28/09/2017	2.78358	2.78723	2.77251	0.01472	2.02648	2.09642	2.01783	0.07859
29/09/2017	2.72130	2.75836	2.77871	0.05742	2.03773	2.09794	2.02940	0.06854
30/09/2017	2.79322	2.71221	2.71185	0.08137	2.03332	2.10435	2.01709	0.08726
01/10/2017	2.65507	2.72637	2.74909	0.09402	2.05272	2.11463	2.03429	0.08034
02/10/2017	2.75844	2.73200	2.77177	0.03977	2.07735	2.14619	2.06779	0.07840
03/10/2017	2.78170	2.74390	2.76328	0.03780	2.02132	2.12498	2.04607	0.10367
04/10/2017	2.72192	2.74485	2.76001	0.03809	2.01833	2.10831	2.03686	0.08998
05/10/2017	2.77900	2.77558	2.80033	0.02476	1.93921	2.02847	1.97601	0.08927
06/10/2017	2.77452	2.78104	2.80546	0.03094	1.96284	2.01951	1.96232	0.05720
07/10/2017	2.69045	2.76524	2.78791	0.09746	2.00115	2.03904	1.99168	0.04736
08/10/2017	2.81176	2.76631	2.80483	0.04545	1.97019	2.03987	1.97110	0.06967
09/10/2017	2.73262	2.74289	2.79043	0.05781	2.02250	2.04944	2.00555	0.04389
10/10/2017	2.69097	2.74474	2.78202	0.09105	2.01899	2.10044	2.01875	0.08168
11/10/2017	2.69921	2.71178	2.79571	0.09651	2.01759	2.08651	1.97719	0.10932
12/10/2017	2.66660	2.68573	2.79406	0.12746	2.02058	2.09183	1.97671	0.11512
13/10/2017	2.82768	2.77352	2.76202	0.06566	1.96082	2.07676	1.98061	0.11594
14/10/2017	2.74467	2.77603	2.83535	0.09068	1.99792	2.06291	1.95575	0.10716
15/10/2017	2.74681	2.77423	2.81447	0.06766	1.98981	2.08090	1.95088	0.13002
16/10/2017	2.73914	2.74893	2.82312	0.08398	2.00775	2.07530	1.96611	0.10919
17/10/2017	2.75333	2.75598	2.80594	0.05260	2.00410	2.06491	1.97137	0.09354

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
18/10/2017	2.67682	2.76632	2.77161	0.09479	2.00655	2.06696	1.97180	0.09517
19/10/2017	2.72400	2.80069	2.81962	0.09562	1.99186	2.02245	1.95926	0.06319
20/10/2017	2.74719	2.77951	2.82542	0.07823	1.97923	2.02654	1.94890	0.07764
21/10/2017	2.74565	2.78830	2.79307	0.04742	1.99268	2.05715	1.96088	0.09627
22/10/2017	2.71397	2.80726	2.82254	0.10857	1.98880	2.05582	1.97423	0.08159
23/10/2017	2.76691	2.79189	2.82030	0.05340	1.99469	2.05261	1.97907	0.07354
24/10/2017	2.70148	2.79515	2.78634	0.09367	1.97115	2.05442	1.95829	0.09612
25/10/2017	2.71466	2.77936	2.81521	0.10055	1.97899	2.04713	1.94116	0.10597
26/10/2017	2.74453	2.77842	2.73265	0.04577	2.00301	2.08196	2.03221	0.07895
27/10/2017	2.68710	2.78876	2.74376	0.10166	2.00593	2.09975	2.00654	0.09382
28/10/2017	2.64796	2.76569	2.74714	0.11773	2.03461	2.11203	2.01012	0.10192
29/10/2017	2.70063	2.78917	2.75584	0.08853	1.97690	2.08149	2.03653	0.10459
30/10/2017	2.67054	2.77438	2.72551	0.10385	1.99609	2.07621	1.99185	0.08436
31/10/2017	2.65330	2.75021	2.70303	0.09691	2.04607	2.12274	2.05057	0.07667
01/11/2017	2.71307	2.76366	2.70999	0.05367	2.03658	2.11870	2.04912	0.08212
02/11/2017	2.70039	2.74752	2.69816	0.04936	2.07939	2.14148	2.08901	0.06210
03/11/2017	2.68746	2.75294	2.69499	0.06548	2.09099	2.09432	2.07475	0.01957
04/11/2017	2.61501	2.71389	2.67761	0.09888	2.08817	2.13187	2.08435	0.04751
05/11/2017	2.73052	2.73661	2.72729	0.00932	2.04200	2.16353	2.06753	0.12153
06/11/2017	2.70874	2.71148	2.74467	0.03593	2.04238	2.16701	2.05581	0.12462
07/11/2017	2.69749	2.74840	2.73531	0.05091	2.04378	2.12539	2.03920	0.08620
08/11/2017	2.73057	2.71555	2.72882	0.01502	2.08161	2.16055	2.06641	0.09414
09/11/2017	2.73457	2.69875	2.72755	0.03582	2.11698	2.15272	2.07974	0.07298
10/11/2017	2.68571	2.70373	2.72585	0.04014	2.12706	2.16079	2.08009	0.08070
11/11/2017	2.67944	2.71098	2.70557	0.03154	2.13806	2.12603	2.11131	0.02675
12/11/2017	2.72518	2.69574	2.69204	0.03314	2.11151	2.13649	2.12500	0.02497
13/11/2017	2.63462	2.70228	2.68791	0.06766	2.15773	2.16707	2.11237	0.05469
14/11/2017	2.64315	2.69844	2.69217	0.05529	2.14324	2.16113	2.13033	0.03080
15/11/2017	2.62791	2.69595	2.69198	0.06805	2.12658	2.12908	2.12604	0.00304
16/11/2017	2.68338	2.71741	2.68042	0.03700	2.09710	2.14167	2.09728	0.04457
17/11/2017	2.65046	2.72792	2.69604	0.07746	2.14731	2.13096	2.08895	0.05836
18/11/2017	2.60833	2.72917	2.71000	0.12084	2.16181	2.14537	2.10260	0.05921
19/11/2017	2.76070	2.72001	2.71590	0.04480	2.06365	2.12739	2.06900	0.06374
20/11/2017	2.72259	2.72698	2.75949	0.03690	2.06383	2.10056	2.03883	0.06173
21/11/2017	2.62010	2.73069	2.74028	0.12018	2.05202	2.10837	2.04656	0.06181
22/11/2017	2.73764	2.73295	2.70396	0.03367	2.05501	2.10218	2.04570	0.05648
23/11/2017	2.63530	2.73883	2.70049	0.10353	2.07671	2.10456	2.05231	0.05225
28/11/2017	2.78139	2.69521	2.73711	0.08618	1.99642	2.15532	1.98637	0.16895

Fecha	MS RM ± 0.00005	MS Clk ± 0.00005	MS KF ± 0.00005	Dif mayor MS ± 0.00009	MA RM ± 0.00005	MA Clk ± 0.00005	MA KF ± 0.00005	Dif mayor MA ± 0.00008
29/11/2017	2.55407	2.72263	2.73187	0.17780	2.13668	2.09833	2.03624	0.10044
30/11/2017	2.61024	2.76541	2.52095	0.24446	2.12700	2.09552	2.22457	0.12905
01/12/2017	2.67811	2.69944	2.61731	0.08214	2.12463	2.09762	2.14354	0.04593
02/12/2017	2.77004	2.70511	2.70018	0.06986	2.06081	2.14966	2.08161	0.08885
03/12/2017	2.66756	2.71507	2.69942	0.04750	2.12417	2.17553	2.09586	0.07967
04/12/2017	2.38629	2.67834	2.67910	0.29281	2.11672	2.18061	2.09139	0.08922

Cuadro 10. Resultados de prueba de recirculación en silo de homogenización con recirculación y sin recirculación

	Diferencia	Cal libre	MJ/t	% Caliza	Dev 5a
1. Sin recirculación	0.604	1.404	3242.718	8.303	0.382
2. Con recirculación	1.465	1.528	3299.103	3.989	1.066
3. Con recirculación	0.932	1.198	3259.134	7.401	0.355

	Dev RM	Dev Clk	Dev KF	Ave KF	Ave Clk
1. Sin recirculación	0.826	0.807	0.754	100.106	100.050
2. Con recirculación	0.929	0.566	0.347	100.532	99.381
3. Con recirculación	0.819	0.370	0.333	100.115	99.520