



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO  
ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR –  
PLANTA LATACUNGA”**

---

Trabajo de titulación bajo la modalidad Estudio Técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

**Autor (a)**

Maigua Valenzuela Willian Patricio

**Tutor (a)**

Ing. Cumbajín Alférez Myriam Emperatriz, MSc.

AMBATO – ECUADOR

2019

## **AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Maigua Valenzuela Willian Patricio, declaro ser el autor del Estudio Técnico, titulado: **“ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR – PLANTA LATACUNGA”**, como requisito para la obtención del grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido del presente trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total del presente trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 03 días del mes de Junio de 2019, firmo conforme:

**Autor:** Maigua Valenzuela Willian Patricio

**Firma:**

**Número de Cédula:** 0502935539

**Dirección:** Latacunga – Parroquia Poaló – Barrio San Vicente vía principal a Saquisili.

**Correo Electrónico:** patricio\_maigua@hotmail.com

**Teléfono:** 032-721-303 / 0992856395

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor de trabajo de Titulación “**ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR – PLANTA LATACUNGA**” presentado por Maigua Valenzuela Willian Patricio, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO:**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 21 de mayo de 2019

TUTOR(a)

.....

Ing. Cumbajín Alférez Myriam Emperatriz, MSc.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 03 de Junio del 2019

.....  
Maigua Valenzuela Willian Patricio  
C.I. 0502935539

### **APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO**

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “**ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR – PLANTA LATACUNGA**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentar a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 03 de Junio del 2019

### **EI JURADO**

-----  
Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo, Mg.  
PRESIDENTE TRIBUNAL

-----  
Ing. Sánchez Almeida Edwin Leonardo, Mg.  
VOCAL 1

-----  
Ing. Espinosa Pinos Carlos Alberto, Mg.  
VOCAL 2

## **DEDICATORIA**

*Dedico este triunfo primero a Dios quien ha sido mi roca, mi fortaleza y mi sustento.*

*Con amor y respeto a mi esposa e hijos que han hecho un sacrificio grandioso por brindarme todo su apoyo que ha sido incondicional.*

*Esta tesis se las dedico con todo mi corazón, así como mi esfuerzo por ser cada día mejor para ustedes.*

***Willian Patricio***

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi infinito agradecimiento a Dios, a mis familiares, especialmente a mis padres por su gran amor y dedicación.*

*A la Universidad Tecnológica Indoamérica, Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación, por los conocimientos impartidos a través de su personal docente, en especial a la Ing. Myriam Cumbajín, por su tiempo y ayuda en la elaboración de mi proyecto de investigación.*

*Un sincero agradecimiento a la empresa Holcim Ecuador-Planta Latacunga, en especial a su Gerente y a todo su personal por la ayuda, atención y colaboración prestada para desarrollar mi trabajo de tesis.*

**Gracias**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDOS</b>	<b>PÁGINAS</b>
PORTADA .....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvii
EXECUTIVE SUMMARY .....	xviii

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

Tema .....	1
Introducción .....	1
Antecedentes .....	4
Justificación .....	6
Análisis crítico .....	8
Árbol de problemas .....	9
Objetivos .....	11



Objetivo general .....	11
Objetivos específicos .....	11

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

Área de estudio .....	12
Enfoque .....	12
Justificación de la metodología .....	13
Población y muestra .....	14
Diseño del trabajo .....	15
Operacionalización de la variable independiente .....	17
Operacionalización de la variable dependiente .....	18
Procedimiento para la obtención y análisis de datos .....	19
Preguntas Básicas .....	19
Descripción de técnicas e instrumentos de investigación .....	20
Entrevista .....	20
Observación .....	20
Diagrama de flujo .....	20
Diagrama de dispersión .....	21
Datos de registro de producción y consumo de energía .....	21
Formulación de la Hipótesis .....	21
Variables .....	21

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

Interpretación de resultados de la entrevista .....	22
Situación actual .....	28
Caracterización del proceso de molienda de cemento .....	29

Diagrama de flujo del proceso de molienda .....	30
Mapa de procesos .....	31
Descripción de macroprocesos .....	31
Descripción procesos de producción .....	31
Estructura organizacional .....	34
Características principales de los motores del proceso de molienda .....	36
Análisis de brechas .....	46
Requisitos legales .....	87
Levantamiento y definición de los requisitos legales .....	87
Revisión energética y línea de base energética .....	91
Identificación de los usos significativos de energía, USA .....	91
Desempeño energético .....	92
Diagrama de dispersión .....	94
Consumo de Energía Eléctrica vs Toneladas producidas .....	96
Evaluación de desempeño .....	97

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Consumo racional de energía eléctrica .....	99
Régimen de trabajo actual del molino de cemento .....	100
Distribución de los consumos en el área de molienda de cemento .....	103
Modelo de gestión de ahorro de energía .....	103
Génesis del modelo .....	104
Estructura del Modelo .....	104
Aplicación del modelo en la industria cementera .....	107
Misión .....	107
Visión .....	107

Objetivos estratégicos .....	107
Despliegue estratégico .....	107
Objetivo estratégico de ahorro energético .....	110
Estrategias de Ahorro de energía .....	110
Pautas para la implantación del modelo .....	111
Alternativas de ahorro energético en la etapa de molienda .....	112
Posibles formas de recuperación de calor a la salida del molino .....	112
Método de evaluación de eficiencia en sitio por separación de pérdidas .....	115
Cálculos .....	116
Determinación de los potenciales de ahorro .....	118
Práctica de las 5S como estrategia de gestión de eficiencia energética .....	119
Matriz de ponderación 5S .....	127
Mantenimiento preventivo eléctrico .....	129
Componente Ambiental .....	133

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones .....	134
Recomendaciones .....	135
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	137
<b>ANEXOS</b> .....	140

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PÁGINAS</b>
Tabla 1: Población proceso de molienda .....	14
Tabla 2: Población procesos productivos de cemento .....	15
Tabla 3: Proceso de molienda .....	17
Tabla 4: Consumo energético .....	18
Tabla 5: Preguntas básicas .....	19
Tabla 6: Caracterización del proceso de molienda de cemento .....	29
Tabla 7: Requerimientos de energía eléctrica para los Centros de Costos de Energía definidos en la planta .....	35
Tabla 8: Motores principales de la placa – funcionamiento con carga .....	36
Tabla 9: Características principales motor molino .....	36
Tabla 10: Características principales ventilador principal .....	37
Tabla 11: Características principales motor separador .....	37
Tabla 12: Características principales motor ventilador de aire .....	38
Tabla 13: Costo y consumo de Energía eléctrica .....	46
Tabla 14: Análisis de Brechas .....	47
Tabla 15: Matriz requisitos legales Holcim - Planta Latacunga .....	88
Tabla 16: Regulaciones legales Holcim - Planta Latacunga .....	89
Tabla 17: Matriz para la identificación y evaluación de la energía de la empresa Holcim - Planta Latacunga S.A. ....	91
Tabla 18: Consumo Anodizado 2018 .....	92
Tabla 19: Equipos consumidores del área de molienda .....	99
Tabla 20: Características de la línea de cemento N° 1 .....	103
Tabla 21: Características de la línea de cemento general .....	103

Tabla 22: Metas del objetivo ahorro de energía .....	110
Tabla 23: Iniciativas estratégicas .....	110
Tabla 24: Análisis de la práctica de las 5S en la planta Holcim .....	122
Tabla 25: Escala de frecuencia de las 5S .....	124
Tabla 26: Frecuencias en la escala siempre .....	125
Tabla 27: Frecuencias en escala negativa .....	126
Tabla 28: Matriz de ponderación 5S en el proceso de producción de cemento...127	
Tabla 29: Fórmulas de la matriz de ponderación 5S-molienda de cemento .....	128
Tabla 30: Mantenimiento preventivo de motores .....	129
Tabla 31: Estado técnico del motor ventilador .....	131
Tabla 32: Estado técnico del motor molino .....	132

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO</b>	<b>PÁGINAS</b>
Gráfico 1: Árbol de Problemas .....	10
Gráfico 2: Flujo del proceso de molienda .....	30
Gráfico 3: Macroprocesos .....	32
Gráfico 4: Proceso de producción .....	33
Gráfico 5: Estructura organizacional .....	34
Gráfico 6: Potencia Reactiva vs. Eficiencia (agosto) .....	93
Gráfico 7: Potencia Reactiva vs. Eficiencia (septiembre) .....	93
Gráfico 8: Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Agosto) .....	94
Gráfico 9: Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Septiembre) .....	95
Gráfico 10: Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Octubre) .....	95
Gráfico 11: Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Noviembre) .....	96
Gráfico 12: Consumo energético VS Toneladas producidas .....	97
Gráfico 13: Modelo para el Ahorro y Eficiencia de energía .....	106
Gráfico 14: Diagrama Causa Efecto del despliegue de objetivos .....	108
Gráfico 15: Diagrama Causa Efecto de objetivos estratégicos de Producción ....	109
Gráfico 16: Escala de frecuencia positiva .....	124
Gráfico 17: Escala de frecuencia negativa .....	125
Gráfico 18: Ponderación 5S-Fabricación de cemento etapa de molienda .....	128

## ÍNDICE DE IMAGENES

<b>IMAGEN</b>	<b>PÁGINAS</b>
Imagen 1: Proceso de molienda cemento .....	38
Imagen 2: Esquema molino de cemento .....	39
Imagen 3: Componentes del molino de cemento .....	40
Imagen 4: Flujo de aire molino vertical .....	42
Imagen 5: Herramienta de Proceso – Operación de Cemento .....	98
Imagen 6: Flujo de aire molino vertical .....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Consumo de energía motor molino .....	142
ANEXO B: Consumo de energía motor ventilador molino .....	142
ANEXO C: Consumo de energía motor separador molino .....	142
ANEXO D: Coeficientes de cálculo .....	151
ANEXO E: Registro Fotográfico .....	154



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TEMA:** “ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR – PLANTA LATAACUNGA”

**Autor:** Maigua Valenzuela Willian Patricio

**Tutor:** Ing. Cumbajín Alférez Myriam Emperatriz

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo realizó un estudio del proceso de molienda y el consumo energético en el área de molienda de la fábrica de cemento Holcim Planta Lataacunga, cuyos objetivos fueron describir el proceso de molienda de cemento de la empresa, establecer los indicadores energéticos vinculados al área de molienda y comparar la relación existente entre el proceso de producción de molienda y el consumo energético. La metodología 5S y de gestión de eficiencia energética muestran las métricas de consumo de energía eléctrica en los motores de la etapa de molienda, así como la determinación de los principales potenciales de ahorro dentro de esta área, un modelo y tecnología para lograr una mejor eficiencia energética. Dentro de los resultados se concluye que el ahorro de energía permite lograr ahorros económicos significativos de 4,47 USD/TM, representando el 13,6% del costo unitario del cemento. Además, que el sistema de normas en la empresa (ISO 50001), permitirá el sostenimiento en el tiempo. La recomendación relevante dispone que, se debe implementar programas de Auditorías Energéticas (A.E.), regular procedimientos estandarizados (Six Sigma, 5S y Cuadro de mando); también es recomendable un cambio tecnológico en cuanto a sustitución de motores deficientes y cuyo factor de carga supere el 75%.

**DESCRIPTORES:** Cemento, consumo de energía, eficiencia, molienda, producción.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**THEME:** “STUDY OF MILLING PROCESS AND ENERGY CONSUMPTION  
AT HOLCIM ECUADOR CEMENT COMPANY IN LATACUNGA BRANCH”

**Author:** Maigua Valenzuela Willian Patricio

**Tutor:** Ing. Cumbajín Alférez Myriam Emperatriz

**ABSTRACT**

This research work carried out a study based on milling process and energy consumption in the milling area at Holcim Cement Factory which is located in Latacunga city. It is worth mentioning that the main objective of this research was to describe the milling process of cement in the factory; furthermore, it was aimed to establish energetic indicators linked to the milling area and the energetic consumption in order to compare the existing relationship between the milling process along with energy consumption. Regarding to the research methodology, it is vital to point out that it based on 5S and energy efficiency management methodologies which allowed to meet the standards and the energy spending among engines at the milling area of the company. Additionally, principal saving potentials, sketches, and technology parameters were addressed to achieve energy efficiency. The results gotten revealed that energy savings allow to maintain time achieve significant economic savings close to 4,47 USD/TM, which represents 13,6% of the unit cost of cement. In addition, time sustaining will be enhanced through (ISO 50001) which is the rule system of de factory. It is recommended to deploy energy auditing programs (E.A). Besides, it is suggested to standardize the procedure regulations (Six Sigma, 5S and control panel) and to apply technological changes regarding to deficient engines replacement in order to exceed load factor to 75%.

**KEYWORDS:** Cement, efficiency, energy consumption, milling, production.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Tema**

“Estudio del proceso de molienda y el consumo energético, de la empresa de cemento Holcim Ecuador – Planta Latacunga”

#### **Introducción**

En el mundo la escasa conciencia generalizada sobre el verdadero estado del medio ambiente, los niveles de recursos naturales, el calentamiento global, etc., lleva a que la gran mayoría de países, organizaciones públicas y privadas no realicen un tratamiento y análisis adecuado sobre la situación energética mundial, y sobre las posibilidades de progreso en la industria con criterios de sustentabilidad ambiental. (García, 2010)

De acuerdo al Consejo Mundial de la Energía, “Las mejoras en eficiencia energética, se refieren a la reducción de la energía utilizada para un determinado servicio o nivel de actividad. La reducción en el consumo de energía se asocia generalmente a cambios tecnológicos, pero no siempre, ya que también puede resultar de una mejor organización y gestión o de cambios de comportamiento (factores no técnicos)”. (García, 2010)

La Industria cementera a nivel mundial tiene altas regalías, debido a su invariante demanda, pero dentro del campo de la productividad; en el campo tecnológico son pocas las empresas que dedican su desarrollo al equipo y maquinaria de vanguardia,

repercutiendo en el consumo de energía poco proporcional a la exigencia de la calidad y a las normativas y estándares internacionales que se necesitan.

En países de Latinoamérica las empresas cementeras pueden lograr ahorros de energía de hasta un 40%, algunos sin inversión de capital, mediante la aplicación de métodos de gestión energética. La tecnología de gestión energética denominada Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) propone un modelo con etapas para su implementación de sistema de gestión integrable a otros como calidad y ambiental (Aguilera, 2016).

En el Ecuador la industria del cemento ha tenido mucha fuerza durante los últimos años, el porqué del máximo histórico obtenido en 2013 de 6,6 millones de toneladas (INECYC, 2017) se debe a la llamada burbuja inmobiliaria ya que durante los años que van desde el 2009 hasta el 2013 se construyeron una gran cantidad de viviendas en todo el país, debido a esto la necesidad de energía eléctrica obtuvo mayor demanda (García, 2018).

La construcción como es lógico disparó el consumo y la producción de cemento; a partir del 2009 el sector, ha tenido un crecimiento fluctuante año tras año, el año 2015 la producción de cemento se ha visto reducida a 5,8 millones de toneladas (García, 2018). La demanda de energía eléctrica que acredita la existencia de una empresa de cemento es importante debido al consumo que prestan la maquinaria y equipo obsoleto.

Cotopaxi con el 10,79% de la producción de cemento a nivel nacional (Rosero, 2018) tiene a Latacunga acaparada por la industria Holcim, cuyos procesos de producción no están cualificados por estándares nacionales e internacionales, con la proporción que la etapa de molienda carece de un diagnóstico energético que pueda ayudar a mejorar el consumo energético a través de un trabajo de explotación más eficiente.

La información pública sobre la situación energética de Latacunga, en los sectores industriales, en aspectos tales como, el consumo energético y la matriz energética, etc., y la ausencia de información sobre las decisiones de gestión energética tomadas por la empresa pública del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), también es un impedimento para efectuar decisiones en virtud a la eficiencia energética.

Uno de los sectores que requieren ser reglamentados, son las grandes empresas; las cuales son las principales consumidores de energía en la provincia de Cotopaxi, como es el caso de Holcim Ecuador - Planta Latacunga; la empresa Holcim es la mayor consumidora de energía eléctrica, en la actualidad, consume el 7% de la electricidad de la provincia que representa 16,1 GWh/anuales de consumo aproximadamente (Rosero, 2018).

En Holcim - Latacunga, alrededor del 90% del total de la energía eléctrica y 95% de la energía térmica es invertida en la molienda del cemento, específicamente en la pulverización de Clinker, yeso y puzolana.

Puesto que las otras áreas (trituration de puzolana, envase y despacho) de trabajo de la empresa Holcim no presentan altos consumos energéticos nuestro estudio sobre la eficiencia energética se centrará en el área de molienda donde presenta un alto consumo de energía eléctrica debido a un gigantesco motor de Potencia de 2300 KW, 835 Rpm y 4160 V que hace girar al molino.

Para esta planta, ubicada en la ciudad de Latacunga, capital de la provincia de Cotopaxi, se ha convertido en un reto mejorar sustancial y sostenidamente sus resultados operacionales como por ejemplo la gestión energética; de forma tal que le permita lograr altos niveles de competitividad en función de su excelencia operativa.

## **Antecedentes**

El consumo eficiente de energía se ha convertido en la actualidad en uno de los puntos más importantes en los que la sociedad se debe concienciar y trabajar en ello, pues es hoy, más que nunca, cuando más escasean los recursos naturales y predomina de forma real la existencia de un cambio climático y un desgaste severo de la capa de ozono, debido al consumo indiscriminado de los combustibles fósiles.

Es por esto que este proyecto de investigación intenta dar un aporte para tener un consumo eficiente de los recursos energéticos, en una de las industrias que mayor contaminación produce, como es la de cemento en el proceso de molienda.

Dentro de la bibliografía revisada no se ha encontrado documentación referente algún estudio del proceso de molienda y el consumo energético, de alguna empresa de cemento. Al mismo tiempo, en los repositorios digitales de las diferentes Universidades y Escuelas Politécnicas se localizó investigaciones pertinentes a eficiencia y consumo energético, mismas que servirán de soporte a la presente investigación:

En la investigación de Antonio Martín Morales (2015), con el tema “Posibilidades de ahorro de energía en la industria del cemento”; cuyo objetivo es determinar el ahorro de energía que puede tener una empresa que fabrica cemento con la aplicación de sistemas de gestión de calidad como las 5S (Seiri – selección, Seiton – organización, Seiso – limpieza, Seikesu – organización) ; en la investigación se utilizó métodos como Ishikawa para postular causas y efectos en base a las mejoras que se pueden dar con la organización.

Según Antonio Martín Morales (2015) asevera que es regulación y control de cada proceso productivo interventor en la elaboración de cemento. La conclusión más relevante que se obtuvo a partir del estudio realizado es que el 37% del consumo energético en las industrias de cemento se debe a la falta de capacitación del

personal operario y la mala práctica de manufactura, en conjunto a la criticidad de la maquinaria y equipos.

En la investigación de Ernesto López Delgado (2014), con el tema: “Evaluación energética ambiental de la producción de cemento portland ordinario (CPO) con la adición de arcillas activadas térmicamente”; se tuvo como objeto evaluar el perfil ambiental de CPO producido con adiciones de arcillas activadas térmicamente en la fábrica de cemento Siguaney.

La metodología de medición de emisiones atmosféricas en cada uno de los procesos productivos que intervienen en la fabricación de cemento y producen la contaminación ambiental. La conclusión más relevante de este estudio es que no existe en la fábrica protocolos o documentos previamente elaborados que fundamenten los objetivos de la entidad con respecto a su responsabilidad medio ambiental.

En la investigación de María del Pilar Orihuela (2015), con el tema: “Análisis energético de las diversas alternativas aplicables a una planta de clinkerización y producción de cemento”; cuyo objeto es analizar el consumo energético en las diversas etapas del proceso de producción del cemento y la planta de clinkerización; para lo cual se utilizó una metodología de análisis de la demanda térmica y la demanda eléctrica de la maquinaria y equipos utilizados en cada etapa de producción.

En el mismo sentido María del Pilar Orihuela (2015), asegura que la conclusión más importante obtenida a partir de este estudio es que, no se considera necesario incidir en el hecho de que colocar una planta de cogeneración de energía eléctrica no resulta lo más adecuado, porque el calor residual que resulta de generar electricidad no tiene aplicación en la industria del cemento dadas las altas temperaturas que éste requiere.

El aporte de los autores citados, que antecede el proyecto de investigación permite deducir que gran parte de las empresas o industrias ecuatorianas destinadas a la producción de cemento, incurren en el fallo del proceso de molienda, perjudicando a la línea del sistema eléctrico nacional, ya que su consumo en casi todos los casos son muy excesivos y de alto costo, debido a la mala o deficiente gestión energética, el mal mantenimiento y regulación de equipos y maquinaria, la carencia de tecnología industrial de vanguardia, la capacitación del personal técnico en aspectos como la calidad energética, etc.

### **Justificación**

La lucha contra el calentamiento global, generado por la emisión de gases que producen efecto invernadero en la atmósfera, es un asunto que le compete a la humanidad, particularmente a los habitantes de la ciudad de Latacunga y debe combatirse no solo con las herramientas que provee la ley, sino con proyectos que le hagan ver a los grandes emisores la responsabilidad que tienen, y los beneficios que tendrían como empresas.

Si las industrias cementeras cambian la manera de hacer las cosas convirtiéndose en empresas ambientalmente responsables. El gasto infundado técnicamente de consumo de energía es parte intransferible de la contaminación al medio ambiente.

La empresa de cemento Holcim Ecuador - Planta Latacunga no dispone de un sistema de gestión de eficiencia energética en el proceso de molienda, por tal motivo es inconscientemente gestora de contaminación ambiental, es por eso la **importancia** de enfrentar el problema, realizando un diagnóstico eficiente del consumo de energía en el proceso de molienda para que ayude a evaluar los niveles de energía eléctrica desperdiciados o mal utilizados.

El resultado de este trabajo puede ayudar a realizar posteriores trabajos de investigación que promuevan un análisis de criticidad de la maquinaria o equipamiento como los motores Motor Molino (2500 kW), Ventilador principal



(750 kW), Motor Separador (250 kW) y compresor (150 kW); es preciso realizar estudios más profundos en el área de eficiencia energética, determinando que provocan la mala práctica de la gestión eléctrica, desproporcional a la producción y la molienda de la materia prima.

El **beneficio** principal de la eficiencia energética en la etapa de molienda, será destinada a la empresa, esencialmente en la parte financiera y tecnológica, como parte del ahorro de energía porque si el cemento se muele hasta cierto residuo de tamizado en relación con las resistencias del cemento, el ahorro de energía que se puede obtener moliendo en circuito cerrado, en vez de en circuito abierto es directamente proporcional al grado de eficacia del separador (Valencia, 2014, p.32).

El **impacto** de la eficiencia energética en la etapa de molienda, incentiva las buenas prácticas de manufactura utilizando las 5S, conciencia en el consumo energético; cumpliendo así con los estándares y normas internacionales; promoviendo la tecnología de vanguardia en los procesos industriales.

La Ingeniería Industrial está latente para mejorar continuamente la forma en que se fabrica, manufacturan o proporcionan los diversos productos y servicios que la población mundial necesita, la energía eléctrica como una necesidad diaria tiene que cumplir los estándares más elevados para ser eficiente y productiva.

El diagnosticar el consumo de energía en el proceso de molienda de la industria fabricante de cemento, para proponer mejoras en base a la eficiencia energética; es importante para la sociedad ecuatoriana principalmente, la dedicada a la producción de cemento, el cuidado del medio ambiente, el ahorro energético o la tecnificación de industrias que se orienten por la manipulación de sistemas de gestión de calidad.

La **utilidad** que tiene el desarrollo de un proyecto de estudio involucrado en la eficiencia energética es imperante para el desarrollo industrial y la conmutación de la matriz productiva de las empresas cementeras por esta razón es **factible**, ya que existe el apoyo del gerente para realizar este trabajo científico que aglutina diversas

fuentes de información secundarias y primarias, cuenta con el patrocinio de la empresa Holcim Ecuador - Planta Latacunga.

Para el desarrollo del presente trabajo existe la tutoría de un profesional experto designado por la Universidad Tecnológica Indoamérica y la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación; además de los suficientes recursos de software y hardware necesarios para realizar cálculos, mediciones, diagramas, etc. Por tanto el presente estudio es factible de ser desarrollado.

### **Análisis crítico**

El mal uso de la eficiencia energética o de algún proceso que mejore el consumo de energía en los procesos productivos de la empresa de cemento Holcim, provoca que el sistema tarifario se convierta en un problema de cartera, que genera grandes pérdidas económicas para la fábrica de cemento, debido a que la planilla de pago de consumo de energía eléctrica es excesiva, no tiene una verdadera gestión y se utilizan demasiado kilovatios hora.

Existe un desperdicio de energía, debido al mal proceso de mantenimiento que recibe el equipo y maquinaria, algunos de ellos que operan ya desde hace varios años y están en la cúspide de su vida útil. La infraestructura eléctrica y tecnológica de la etapa de molienda que posee esta industria cementera, no cuenta con un soporte eficaz a la vanguardia industrial, se opera con motores y componentes vulnerables a la calidad energética.

La planta Holcim de Latacunga, lamentablemente no cuenta con personal calificado en la materia energética, que pueda aportar con estrategias de buenas prácticas energéticas para minimizar el consumo de energía y cambiar la gestión de consumismo eléctrico; esta limitación de prácticas de eficiencia en energía ha cohibido a esta industria en la fabricación de cemento con estándares de calidad internacionales.

La contaminación ambiental, también es un problema de gravedad para la sociedad, debido a que el desperdicio o consumo desmesurado de energía eléctrica provoca el deterioro de maquinaria y equipos; particularmente los motores que inducen contaminación audible, electromagnética e incandescente para el calentamiento global y dañina para la biología humana.

Además, se aglutina la contaminación de partículas que se emiten en el proceso de molienda y que no son controladas de manera efectiva, afectando a la flora, fauna, la capa de ozono y diversidad biológica, que tiene la ciudad de Latacunga. El calentamiento global, es parte de esta contaminación industrial energética.

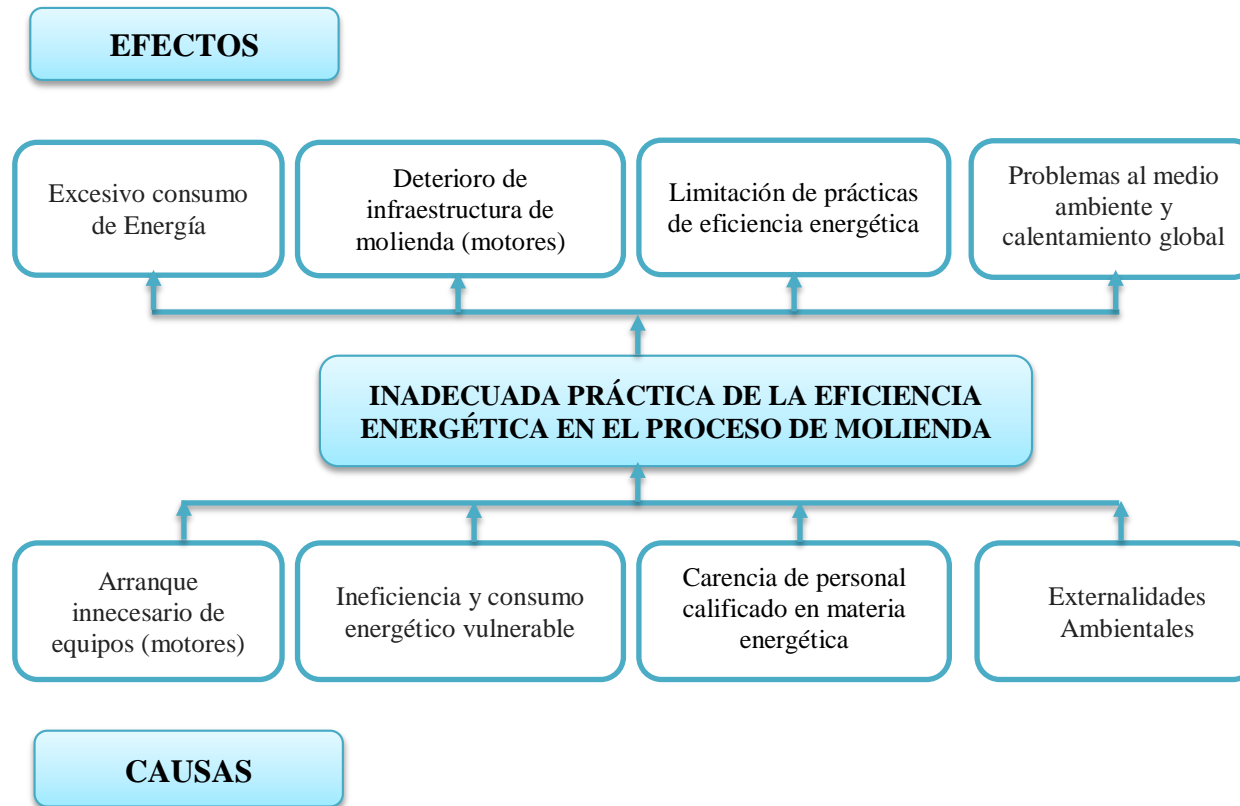
La gestión energética debe ser parte fundamental de la gestión industrial y la calidad en las buenas prácticas de manufactura en las empresas cementeras.

### **Árbol de problemas**

La inadecuada práctica de la eficiencia energética en el proceso de molienda de la empresa Holcim-Planta Latacunga, está involucrada en cuatro causas y efectos respectivamente; la primera de ellas es el arranque innecesario de equipos como los motores, cuyo efecto es el excesivo consumo de energía para la producción del cemento; el segundo problema se refiere a la ineficiencia y consumo energético vulnerable deteriorando la infraestructura tecnológica e industrial de los motores, así como otros equipos inherentes a este proceso.

La cuarta causa está ligada a la carencia de personal calificado en materia energética, cuyo efecto limita las prácticas de eficiencia energética; la última causa enfocada en este estudio son las externalidades ambientales, provocando problemas al medio ambiente y calentamiento global. Sin duda alguna las empresas, que trabajan con maquinaria eléctrica de alto consumo energético deberían establecer normativas para regular la producción a base de energía eficiente, amigable con el medio ambiente.

El Gráfico 1, muestra el árbol de problemas de la idanecuada práctica de la eficiencia energética en el proceso de molienda.



**Gráfico 1:** Árbol de Problemas  
**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Estudiar el proceso de molienda y el consumo energético en la empresa de cemento HOLCIM ECUADOR – Planta Latacunga.

### **Objetivos específicos**

- Describir el proceso de molienda de cemento de la empresa Holcim Ecuador - Planta Latacunga.
- Establecer los indicadores energéticos vinculados al área de molienda.
- Comparar la relación existente entre el proceso de producción de molienda y el consumo energético en Holcim Ecuador - Planta Latacunga.
- Proponer la mejora de la eficiencia energética mediante la implantación de un modelo de gestión de ahorro de energía vinculado a la práctica de la metodología 5S con estrategias de calidad y eficacia en el consumo eléctrico.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **Área de estudio**

<b>Dominio:</b>	Tecnología y Sociedad
<b>Línea de Investigación:</b>	Empresarial y productividad
<b>Campo:</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área:</b>	Proceso de molienda
<b>Aspecto:</b>	Consumo energético
<b>Objeto de estudio:</b>	Proceso de molienda y consumo energético
<b>Periodo de análisis:</b>	Julio a diciembre 2018

#### **Enfoque**

El presente proyecto tiene una modalidad de investigación descriptiva, bibliográfica-documental y tecnológica, con un enfoque cualitativo-cuantitativo.

Cualitativo porque en base al estudio del proceso de molienda se puede determinar si el mismo es el más adecuado de llevarlo a cabo en la empresa.

Cuantitativo porque se tiene que establecer mediante fórmulas de cálculo el consumo energético que actualmente se tiene en el proceso de molienda.

El proyecto de investigación inició desde el problema sintetizado en el desarrollo de un propósito experimental que recogió información irrefutable para la obtención de conclusiones técnicas en los procesos industriales y la eficiencia energética.

La investigación también será de modo bibliográfica documental porque fundamentará el tema, estipulando el marco teórico y constituyendo una estructura metodológica; al mismo tiempo se utilizará fuentes de información primaria y secundaria como repositorios digitales, papers, libros, revistas, etc.; de tal forma que se sustentará el documento final del proyecto de investigación.

### **Justificación de la metodología**

La metodología empleada para el estudio del proceso de molienda y el consumo energético está vinculado a los parámetros regulados por un sistema de gestión integral de energía (SGIE), el mismo que propone su desarrollo en tres etapas principales acorde a las necesidades de la fábrica de cemento Holcim Planta Latacunga: Decisión estratégica, modelo del SGIE en la empresa y operación del sistema dentro del proceso de molienda.

Según Campos (2008): “La primera corresponde a una etapa preparatoria en donde se evalúa el estado de gestión energética actual de la empresa, definiendo metas y actividades de ahorro alcanzables” (Campos, 2008, p.45).

La segunda hace alusión al diseño de un modelo de sistema de gestión energética en la empresa, teniendo en cuenta indicadores de gestión, variables de control, definición de un sistema de monitoreo, diagnóstico energético y un plan de capacitación (Campos, 2008, p.45).

Por último, se refiere a cómo operar el sistema y hacerlo sostenible, garantizando el mejoramiento continuo” (Campos, 2008, p.45). Para el caso del proceso de molienda se establece el uso de la metodología 5S, que permite ponderar el estado de la fábrica de cemento Holcim con respecto a cinco parámetros indispensables para la eficiencia en los procesos industriales como es la organización (seiri), orden (seiton), limpieza (seiso), estandarización (seiketsu) y disciplina (shitsuke);

continúa con actividades en diseño del trabajo; actividades que conjugan el ahorro y gestión de la energía eléctrica.

### **Población y muestra**

La población está conformada por los integrantes de la empresa. “Es importante destacar que, en virtud de que la población es menor a cien individuos, no es necesario obtener una muestra”. (Fonseca, 2017). Por lo que se realiza la entrevista al gerente y coordinador de producción, por ser quienes proporcionan información más precisa, para efectuar el estudio de campo sobre la eficiencia energética en el proceso de molienda de cemento.

La tabla 1 muestra la población inmersa directamente en el proceso de molienda y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos.

**Tabla 1:** Población proceso de molienda

<b>POBLACIÓN MOLIENDA</b>	
<b>Gerente de la empresa Holcim Ecuador – Planta Latacunga</b>	01
<b>Coordinador de producción</b>	01
<b>Operarios del proceso de molienda</b>	08
<b>TOTAL</b>	10

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

La tabla 2, muestra la población inmersa en los procesos de producción de cemento de la empresa Holcim-planta Latacunga.



**Tabla 2:** Población procesos productivos de cemento

<b>POBLACIÓN PRODUCCIÓN CEMENTO</b>	
<b>Operarios de maquinaria y equipos</b>	20
<b>Personal de mantenimiento técnico</b>	9
<b>TOTAL</b>	29

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

La entrevista parte fundamental del estudio metodológico y parámetro cuantitativo de la investigación, infalible a la adquisición de datos; permitirá adquirir información fehaciente sobre las causas y efectos que acredita el proceso de molienda en la elaboración del cemento. Además, aportará de manera verídica a la elaboración del diagrama de Ishikawa.

La encuesta también será la directriz ineludible del diseño del diagrama de Pareto. El diagrama de Ishikawa, al igual que el diagrama de Pareto ayudará a establecer posibles soluciones con enmiendas técnicas y correcciones óptimas a la tecnología, la industria y con mayor importancia a la calidad energética, en virtud de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

### **Diseño del trabajo**

En el desarrollo y diagnóstico del proceso de molienda y el consumo energético, de la empresa de cemento Holcim Ecuador - planta Latacunga; se procedió de la siguiente manera:

**Actividades (objetivo 1):** Describir el proceso de molienda de cemento de la empresa Holcim Ecuador - Planta Latacunga.

- Caracterización del proceso de molienda cemento.
- Describir el proceso de molienda y los equipos principales del mismo.
- Análisis de los datos, información de equipos del proceso de molienda y sus características técnicas de los equipos principales en el proceso de molienda.

**Actividades (objetivo 2):** Establecer los indicadores energéticos vinculados al área de molienda.

- Recopilar mediciones de consumo de energía eléctrica en el proceso de molienda de la producción de cemento.
- Realizar un análisis interpretativo de las mediciones de consumo de energía eléctrica en el proceso de molienda en el último año.
- Analisis del sistema de gestión de eficiencia energética para la empresa Holcim y su realidad operativa en base a la ISO 50001
- Elaborar un diagrama de ponderación 5S en eficiencia energética y de análisis de causa efecto Ishikawa con referencia al consumo de energía.

**Actividades (objetivo 3):** Comparar la relación existente entre el proceso de producción de molienda y el consumo energético en Holcim Ecuador - Planta Latacunga.

- Integrar el análisis de criticidad y de mantenimiento del molino que ayude a establecer la eficiencia del mismo, ya que es uno de los elementos mas importantes en el proceso de molienda.
- Medir el desempeño de las personas en la operación de los equipos que forman parte del proceso de molienda
- Análisis de correlación mediante un diagrama de dispersión de consumo de energía eléctrica vs producción
- Implantar formatos y hojas técnicas para el proceso de mantenimiento correctivo y preventivo del Motor Molino de 2500 kw.
- Establecer un formato de historial de datos y mediciones eléctricas, de los equipos que forman parte del proceso de molienda que me permita establecer avisos para tomar decisiones en el proceso que ayude a mejorar la eficiencia energética en la etapa de molienda de la empresa Holcim.

**Diseño del trabajo**

**Operacionalización de la variable independiente**

**Tabla 3:** Proceso de molienda

Conceptualización	Factores	Indicadores	Interrogantes	Técnicas	Instrumentos
Conjunto de <b>actividades</b> que transforman entradas o insumos en productos o servicios para satisfacer la <b>demand</b> a del cliente (GAR, 2015)	Actividades	Número de actividades en el proceso de molienda  Número de actividades que generan valor agregado al cliente	¿Se conocen al detalle cada una de las actividades del proceso de molienda?	Observación	Matriz de caracterización de procesos  Flujogramas
	Demanda	Cantidad de toneladas de cemento mensuales que demandan de la empresa	¿La capacidad de producción de Holcim Latacunga cumple con la demanda del mercado?	Documentación  Entrevista (Jefe de Producción)	Reportes de producción  Guía de entrevista

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian

## Diseño del trabajo

### Operacionalización de la variable dependiente

**Tabla 4:** Consumo energético

Conceptualización	Factores	Indicadores	Interrogantes de la Investigación	Técnicas	Instrumentos
Es el gasto total de energía para un proceso determinado. El concepto de consumo energético está inversamente conectado a la eficiencia energética (Guitérrez, 2014)	Gasto de energía	Kilovatios consumidos por molino/lote de producción.	¿Se conoce cuál es el gasto de energía por el molino que interviene en el proceso de molienda?	Observación	Reporte de producción.
	Eficiencia energética	Cantidad de energía ahorrada por lote de producción	¿Cuál es el ahorro mensual de energía por lote de producción?	Documentación  Documentación	Facturación Empresa Eléctrica  Reporte de tableros de control

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian

## Procedimiento para la obtención y análisis de datos

### Preguntas Básicas

Las preguntas se realizan bajo un orden determinado, para luego buscar justificación; lo que se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5:** Preguntas básicas

<b>Pregunta básica</b>	<b>Explicación</b>
¿Para qué?	Para cumplir con los objetivos de investigación.
¿De qué personas u Objetos?	Personal de producción, proceso de molienda, molinos
¿Sobre qué aspectos?	Proceso de molienda y consumo energético
¿Quién?	Investigador (Willian Maigua)
¿A quién?	Jefe de producción, personal de producción
¿Cuándo?	Enero a diciembre de 2018.
¿Dónde?	Planta de producción Holcim-Latacunga
¿Cuántas veces?	Las veces que amerite el levantamiento de información
¿Con qué técnicas?	(Observación, documentación, entrevista)
¿Con qué instrumentos?	Guion de entrevista, matriz de caracterización, flujogramas, facturación empresa eléctrica, reportes de producción
¿En qué situación?	En el proceso normal de molienda

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

## **Descripción de técnicas e instrumentos de investigación**

Para desarrollar el presente proyecto técnico, se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de investigación:

### **Entrevista**

Según (Folgueiras Bertomeu , 2017). La entrevista es “Una técnica de recogida de información que además de ser una de las estrategias utilizadas en procesos de investigación, tiene ya un valor en sí misma”. Se utilizó la entrevista por ser una técnica de investigación muy directa que utiliza el cuestionario multipropósito como instrumento de recolección de información. La entrevista se la realizó al gerente de planta de Holcim Latacunga

### **Observación**

Según (Yuni y Burbano, 2005). “Es una metodología de investigación en donde el observador elabora descripciones de las acciones, de las actividades del grupo”. Se realizó varias visitas a la planta de producción de Holcim Latacunga y específicamente a observar de cerca el proceso de molienda. Se utilizó la observación por indagar directamente en el lugar donde ocurre la problemática, recopilando información de comunicación visual como las métricas de consumo de energía eléctrica, o el estado de la metodología 5S en la etapa de molienda.

### **Diagrama de flujo**

Según (Gómez, 2015). “Es un diagrama que expresa gráficamente las distintas actividades que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo una secuencia lógica. Según el formato que se emplee, puede contener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, la distancia recorrida, el tiempo empleado, etc.”. Se utilizó el diagrama de flujo para esquematizar el desarrollo del proyecto de investigación y los procesos industriales que implican la fabricación de cemento.

## **Diagrama de dispersión**

A decir de (Solé, 2012). Los diagramas de dispersión o scatter diagrams son técnicas de mejora o herramientas especialmente útiles para mejorar operaciones y procesos en general. Se utilizan para establecer la relación o correlación entre dos variables o entre dos conjuntos de datos. Se utilizó este diagrama para relacionar el proceso de molienda de cemento con el consumo de energía eléctrica, y las 5S.

## **Datos de registro de producción y consumo de energía**

Permite recolectar información de las unidades producidas promedio y el consumo de energía específicamente en el proceso de molienda.

## **Formulación de la Hipótesis**

“El estudio del proceso de molienda tiene una relación significativa con la eficiencia energética de la empresa cemento HOLCIM Ecuador – planta Latacunga”.

**H<sub>0</sub>** = El estudio del proceso de molienda no tiene una relación significativa con la eficiencia energética de la empresa cemento HOLCIM Ecuador – planta Latacunga.

**H<sub>1</sub>** = El estudio del proceso de molienda tiene una relación significativa con la eficiencia energética de la empresa cemento HOLCIM Ecuador – planta Latacunga.

## **Variables**

**Variable Independiente:** Proceso de molienda

**Variable Dependiente:** Consumo energético

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **Interpretación de resultados de la entrevista**

GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA HOLCIM PLANTA LATACUNGA

La siguiente es la interpretación de la entrevista realizada al, Ing. Danny Totoy, Gerente General de la empresa Holcim Planta Latacunga, quien organiza, controla y regula el buen funcionamiento de la fábrica de cemento.

##### **1. ¿Usted sabe cómo afecta el alto consumo de energía eléctrica, al medio ambiente?**

**Respuesta:** El Responsable de la fábrica de cemento Holcim Planta Latacunga, menciona que desde hace varias décadas la industria cementera de Latacunga, encabezada por Holcim han incursionado en el campo de la eficiencia energética con capacitación del personal técnico, adquisición de maquinaria de vanguardia e implementando buenas prácticas de manufactura; sabiendo que la energía mal administrada es muy perjudicial para el calentamiento global.

**Interpretación:** La información otorgada por el Gerente General de Holcim Planta Latacunga, refiere a que es imperante realizar una propuesta que pueda mitigar las malas prácticas de gestión energética en las empresas cementeras, por el beneficio del ecosistema y de cada fábrica dedicada a la producción de cemento.

##### **2. ¿Para usted, por qué se debería invertir en eficiencia energética?**

**Respuesta:** El Gerente General de Holcim Planta Latacunga, asegura que la eficiencia energética puede resumirse como la generación de más producción de



cemento utilizando el mismo consumo energético, o bien el suministro de la misma oferta de toneladas de cemento utilizando menos energía. Por esta razón el aumento de la eficiencia energética de la fábrica no solo mejoraría la calidad del aire, sino que también reduciría la factura energética e impulsaría el empleo en ámbitos como la construcción, la instalación de sistemas de eficiencia energética o el sector de calefacción y refrigeración.

**Interpretación:** El representante principal de Holcim Planta Latacunga, afirma que es importante invertir en proyectos que regulen y efectivicen la eficiencia en el consumo de energía de la planta de producción y todas las instalaciones de la fábrica de cemento, para así contribuir a mejorar las condiciones ambientales del planeta.

### **3. ¿Qué vínculos, a su criterio, existe entre energía y desarrollo sostenible?**

**Respuesta:** Según el Gerente General de la empresa Holcim Planta Latacunga, las mejoras de la eficiencia energética son también un poderoso factor de impulso del acceso a la energía que, aunque a menudo pasa inadvertido, ofrece optimismo a los mil millones de personas que aún siguen sin acceso a electricidad. Si la fábrica de cemento no consumiera tal cantidad de energía eléctrica, esta serviría para satisfacer la demanda de otros sectores sociales de la ciudad de Latacunga o por ejemplo, un suministro de energía no conectado a la red combinado con aparatos eficientes pueden ayudar a suministrar cantidades suficientes de energía limpia y asequible, además de contribuir con ello al desarrollo sostenible.

**Interpretación:** El Gerente General de Holcim Latacunga, en esta interrogante asegura que vincular la eficiencia energética con el acceso a la energía es un factor necesario para garantizar el acceso a una energía asequible, sostenible y moderna para todos ya sea por desempeñar un papel en la erradicación de la pobreza, por facilitar avances en la industria, o por combatir el cambio climático.

### **4. ¿Usted considera que existe una “solución milagrosa” para conseguir la eficiencia energética?**

**Respuesta:** El Gerente General de la empresa Holcim Planta Latacunga, afirma que la eficiencia energética brinda a los gobiernos, al sector privado, sector industrial y a las comunidades una oportunidad en la que los beneficios son superiores a los costes en relación con el logro de diversos objetivos, ya sean reducciones del consumo de energía, mitigación de las emisiones, ahorros financieros, seguridad energética, beneficios para la salud, etc. Desde la experiencia de Holcim, es evidente que no existe una solución única para lograr la eficiencia energética para los distintos sectores, particularmente la fabricación de cemento y la etapa de molienda, que es la que más consumo de energía eléctrica presenta debido a la capacidad operativa de los motores. Existe molinos de clínker mucho más efectivos y amigables al medio ambiente, pero la inversión no está contemplada hasta los próximos tres años debido a la reducción inmobiliaria que presenta el Ecuador y la provincia de Cotopaxi limitando los ingresos de capital en la industria cementera.

**Interpretación:** Según el Gerente de Holcim Planta Latacunga, el sector de la construcción en el país, ha disminuido debido a las políticas económicas y a los altos precios de la edificación de viviendas, lo que afecta en la demanda de la producción de cemento, limitando las oportunidades de inversión en nuevas estrategias de eficiencia energética como maquinaria de vanguardia.

**5. ¿Usted cómo representante de la empresa Holcim Planta Latacunga por dónde cree que se debe comenzar?**

**Respuesta:** El Gerente General de la empresa Holcim Planta Latacunga asegura que la fabricación de cemento, la etapa de molienda utiliza una importante cantidad de energía para esta actividad industrial, por esta razón se debe dar prioridad a medidas como el apoyo a la adopción de sistemas de gestión de la energía. O por ejemplo, mejorar el rendimiento de la maquinaria y equipamiento desde el punto de vista energético a través del código técnico de mantenimiento o producción y la certificación de calidad ISO, IEEE o INEN, así como en alentar el desarrollo tecnológico para la molienda con un consumo de energía neto nulo. La innovación

tecnológica, desempeña también una función importante; por ejemplo, las innovaciones en el almacenamiento de la energía, la conectividad y los sistemas de energía inteligentes liderados por empresas como Tesla, Danfoss y Siemens, etc.

**Interpretación:** El Gerente General de Holcim Planta Latacunga afirma que es importante para comenzar el aspecto de la eficiencia energética con la innovación tecnológica complementada con un sistema de gestión de la energía para establecer certificaciones y normas de calidad que puedan evolucionar el consumo de la energía eléctrica en la etapa de molienda, reduciendo el desperdicio de energía con estrategias como el almacenamiento o sistemas de energía inteligentes.

#### COORDINADOR DE PRODUCCIÓN DE HOLCIM PLANTA LATACUNGA

La siguiente es la interpretación de la entrevista realizada al, Ing. José Titusunta, Coordinador de Producción de la empresa Holcim Planta Latacunga, quien fiscaliza y administra el eficiente proceso de producción del cemento en la fábrica.

#### 1. ¿Afectan los precios de la energía eléctrica en la eficiencia energética?

**Respuesta:** El Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga asegura que el precio es un incentivo poderoso para que el sector industrial, principalmente el sector cementero reduzca el uso de energía y procure aumentar la eficiencia. Las políticas sobre eficiencia energética suelen tener dificultades para funcionar cuando los precios de la energía están subvencionados, ya que los bajos precios de la energía influyen en los beneficios económicos de la eficiencia energética. Existen soluciones técnicas que permiten adoptar medidas inmediatas para acelerar la eficiencia energética, como medidores y facturas inteligentes.

**Interpretación:** Según el Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga se debe establecer en la fábrica estrategias de eficiencia energética, y a nivel gubernamental precios que permitan motivar el uso de tecnología de punta como

medidores y facturas inteligentes que permitan establecer medidas inmediatas para reducir el consumo de energía eléctrica.

**2. ¿Según su criterio podría existir una reducción del consumo de energía eléctrica de la planta de producción de cemento?**

**Respuesta:** El Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga, asegura que las acciones que se ejecuten durante la implementación de un sistema de gestión de eficiencia energética en la planta, son de muy baja inversión y lograrían la reducción del consumo de energía eléctrica en un 4,6 % equivalente a 5,2 kWh/t cemento en doce meses comparándose a un mismo nivel de producción y con la línea base de tendencia para los años posteriores.

**Interpretación:** El representante de la producción en Holcim Planta Latacunga, asegura que es necesario implementar un sistema de gestión de eficiencia energética que pueda reducir el consumo de energía eléctrica a un 4,6% y paulatinamente se vaya mejorando el desperdicio de energía en la etapa de molienda principalmente.

**3. ¿Piensa usted que con la eficiencia energética en la etapa de molienda de la producción de cemento, se podría reducir las emisiones de CO2?**

**Respuesta:** Según Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga, se espera que en el año 2022 se dejen de emitir a la atmósfera 3,33 kg de CO2 por tonelada (t) de cemento producida en el año, producto de la reducción de 4,6% del consumo de energía eléctrica en la planta de cemento, con lo que se garantizaría un impacto ambiental positivo.

**Interpretación:** El representante de la fabricación de cemento en la empresa Holcim Planta Latacunga, afirma que se están planificando estrategias de eficiencia energética apoyados de un sistema de gestión que pueda para los siguientes años, reducir el consumo de energía eléctrica y mejorar el impacto de CO2 emitido.

**4. ¿A nivel operativo, la empresa Holcim Planta Latacunga; piensa establecer estrategias de eficiencia energética?**

**Respuesta:** El Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga, afirma que a nivel operativo se acogerán buenas prácticas operacionales enfocadas al incremento de la eficiencia energética. Nuevos indicadores de Gestión Energética serán implementados en el sistema de información de la fábrica de cemento (Indicador de Eficiencia base 100 y el Indicador Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulado CUSUM). Estos permitirán analizar la eficiencia energética del proceso productivo y de los equipos críticos en función de las condiciones y variables de operación que impactan en el consumo eléctrico.

**Interpretación:** Para el Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga, es necesario desarrollar procedimientos y/o estrategias a nivel operativo para el seguimiento, control y monitoreo de indicadores e instrucciones de trabajo enfocadas al menor consumo energético.

**5. ¿A nivel estratégico, la empresa Holcim Planta Latacunga; piensa crear vías de eficiencia energética?**

**Respuesta:** El Coordinador de Producción de Holcim Planta Latacunga, asegura que a nivel estratégico la empresa adoptará la creación de un Comité de Energía, el cual será responsable de la administración de la información energética y la coordinación con todos los demás componentes de la fábrica de cemento referente al consumo de energía. Este comité tendrá un director o jefe de Gestión Energética y estará conformado por coordinadores de las etapas de producción y sistemas de mayor consumo energético, como es el caso de la etapa de molienda. A través, de este se propondrán lineamientos de políticas para la sostenibilidad y mejoramiento continuo, contribuyendo en el cambio de la cultura energética desde el nivel directivo hasta operativo, se hará el seguimiento y validación de los indicadores de gestión, se propondrán innovaciones en los procesos y equipos para el incremento

en la eficiencia energética con impacto en la productividad, y se realizará vigilancia tecnológica a través de redes de conocimiento, métricas y estudios estadísticos.

**Interpretación:** Según el Coordinador de Producción de Holcim, es necesario implementar un sistema de gestión de eficiencia energética en la planta de producción, y se lo hará en los posteriores años con la inversión respectiva.


### **Situación actual**

Una vez argumentada la introducción y la metodología del presente proyecto de investigación, es imperante llegar al desarrollo de la investigación por medio de un análisis de los parámetros inherentes a la eficiencia energética en el proceso de molienda de la empresa Holcim – Planta Latacunga; para ello se inicia en la indagación de la situación actual en que trabaja la fábrica, con respecto a la energía que consume.

### Caracterización del proceso de molienda de cemento

La tabla 6, muestra la caracterización del proceso de molienda de cemento en la empresa Holcim-Planta Latacunga.

**Tabla 6:** Caracterización del proceso de molienda de cemento

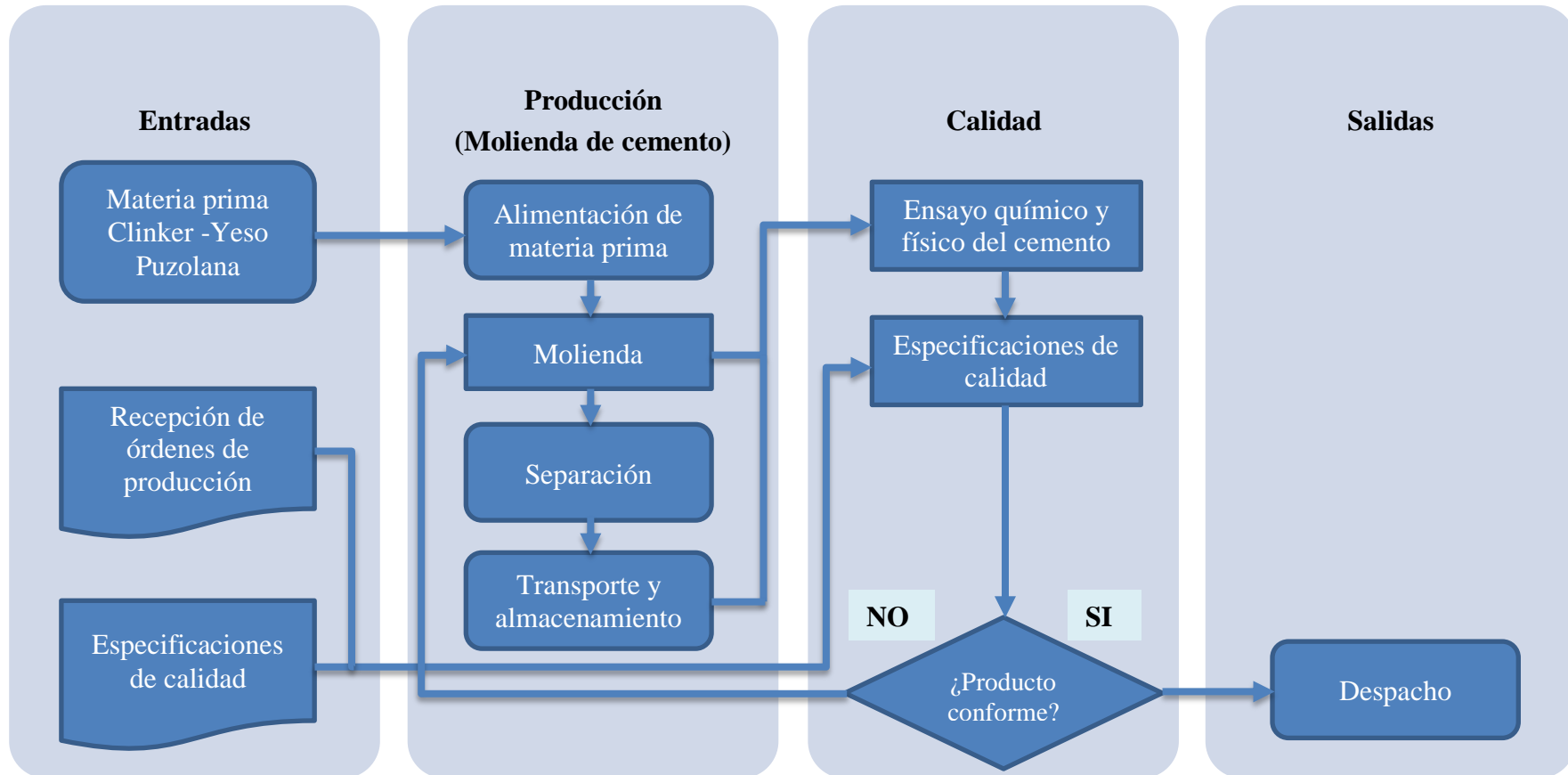
 <b>CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA HOLCIM LATACUNGA</b>					
Megaproceto		Proceso		Subproceso	
Objetivo		Inicia	Termina	Responsable del proceso	
Planear, controlar y ejecutar el conjunto de las actividades operativas de producción y las de despacho orientadas a dar el cumplimiento a los compromisos de entrega y de calidad en los productos para suministrar a los clientes.		Almacenamiento de materia prima	Despacho de productos.	Coordinador de producción	
Entadas	Proveedor	Actividades		Salida	Cliente
Materia prima. Clinker Yeso Puzolana	Recepción y almacenamiento de materia prima.	Dosificación y Alimentación de materia prima. Molienda. Ensayo químico y físico del cemento. Separación. Transporte y almacenamiento.		Producto terminado (cemento) Despacho	Despacho Granel. Despacho Sacos.
Documentos				Documentos	
Orden de pedido				Bitácora de producción - Planilla de producción - Formato de salida de producto terminado	
Recursos Humanos		Equipo y material		Indicadores	
Gerente, Coordinador producción, Técnico de Control Central, operador de molienda		Soluciones (cemento)		Cumplimiento de la producción. Porcentaje de producto no conforme. Satisfacción del cliente	

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

**Fuente:** (Holcim, 2018)

## Diagrama de flujo del proceso de molienda

En el gráfico 2, se puede observar el flujo del proceso de molienda de cemento en la empresa Holcim-Planta Latacunga.



**Gráfico 2:** Flujo del proceso de molienda

**Fuente:** (Holcim, 2018)



## **Mapa de procesos**

Dentro de las modalidades que se tomaron en cuenta para la elaboración del presente trabajo de investigación está el mapa de procesos, los mismos que son relevantes para el análisis e interpretación de resultados, así como para la fundamentación técnica de las conclusiones y recomendaciones.

## **Descripción de macroprocesos**

En la descripción de los macroprocesos está enfocado en el cliente y la satisfacción de cliente; de ahí se deriva tres pilares fundamentales que se refieren a los procesos estratégicos, procesos de la elaboración del cemento y los procesos de apoyo. En los procesos estratégicos destacan la revisión del sistema por la dirección, de los cuales las actividades como las auditorías internas, así como el tratamiento de no conformidades y control del producto no conforme, son las más relevantes.

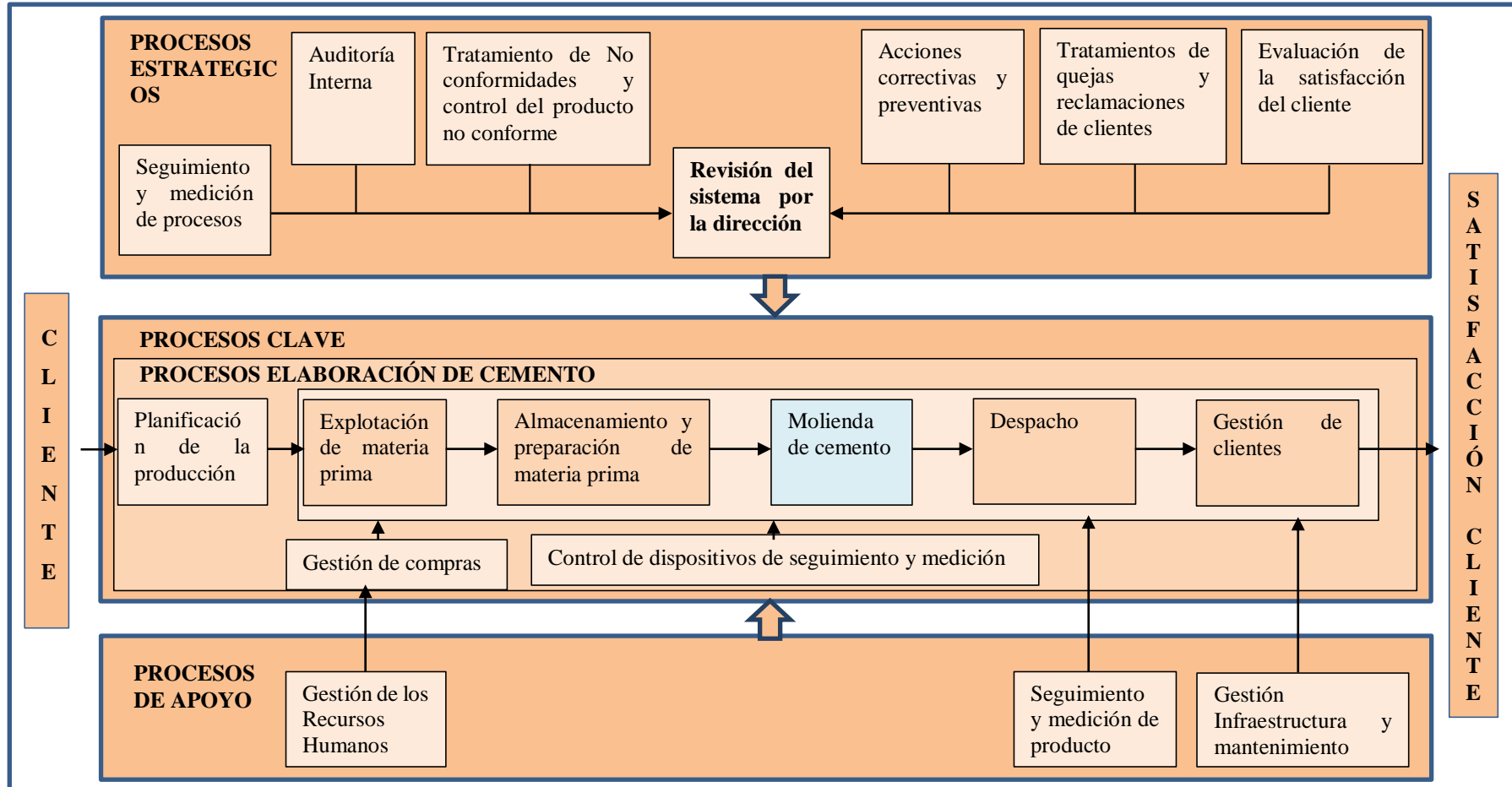
En los proceso de elaboración de cemento, los destacables son la molienda de cemento, cuyo consumo de energía es de mayor relevancia que los demás procesos.

## **Descripción procesos de producción**

Para determinar el consumo de energía que propende la etapa de moliena en la producción de cemento, es necesario una descripción de su funcionamiento, así como la descripción de los equipos que en ello, se emplean. Entre los equipos que mayor energía consume, son los motores cuya activación y operatividad, provocan el excesivo consumo de la energía eléctrica en la plata Holcim de Latacunga. Entre los circuitos que provocan el consumo de energía inadecuado, están: el molino, con 20,91 Kwh/t, el ventilador ppal, con 7,79 Kwh/t, el separador con 1,90 Kwh/t, el ventilador filtro con 1 Kwh/t y en última instancia los circuitos auxiliares con 2,09 Kwh/t; dando un total de consumo de energía hora por tonelada de 33,69 Kwh/t (véase en la tabla 6).

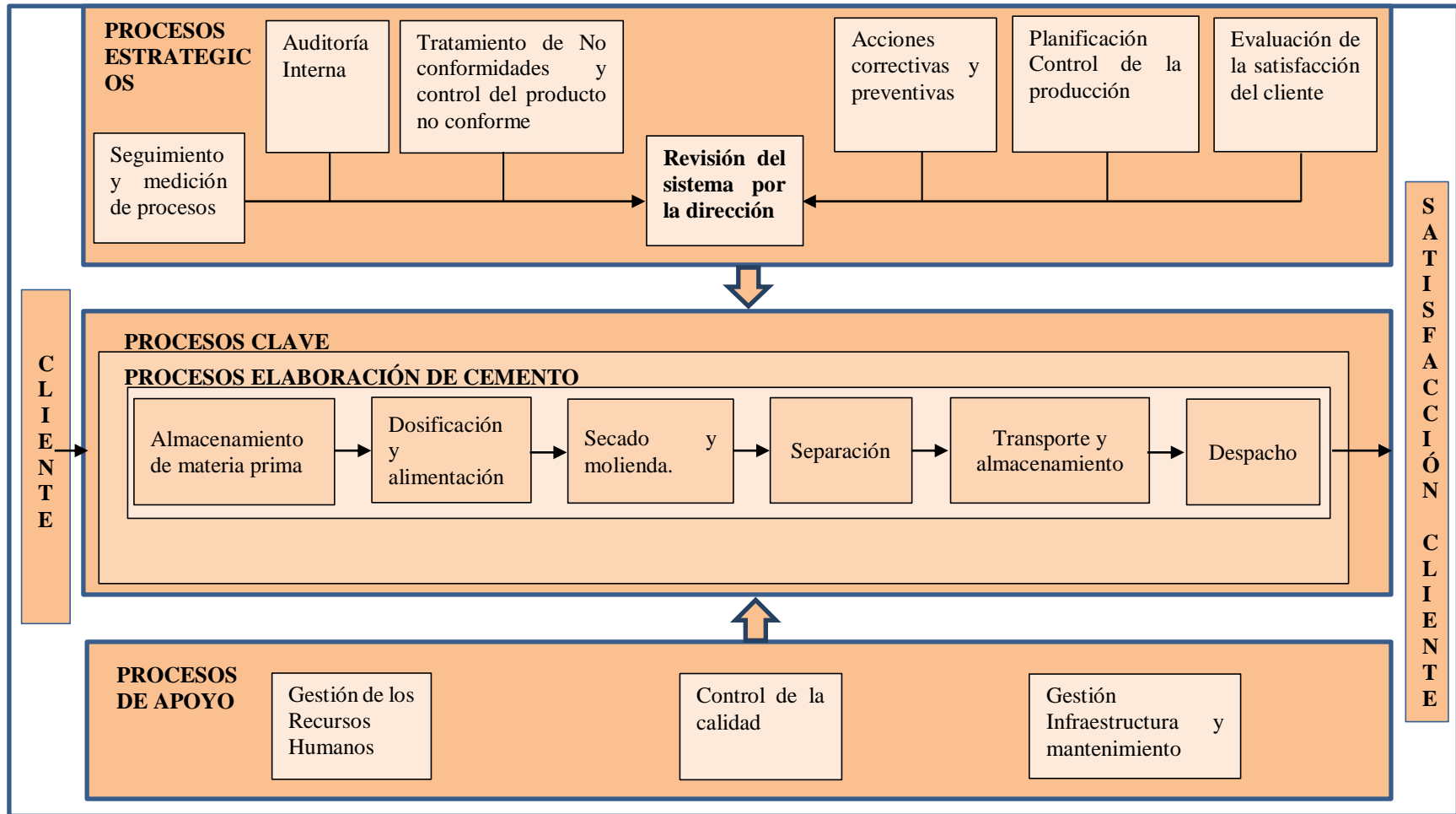
A continuación el gráfico 3 y gráfico 4 muestra los procesos antes descritos.

En el gráfico 3, se describe los procesos para la producción de cemento.



**Gráfico 3:** Macroprocesos  
**Fuente:** (Holcim, 2018)

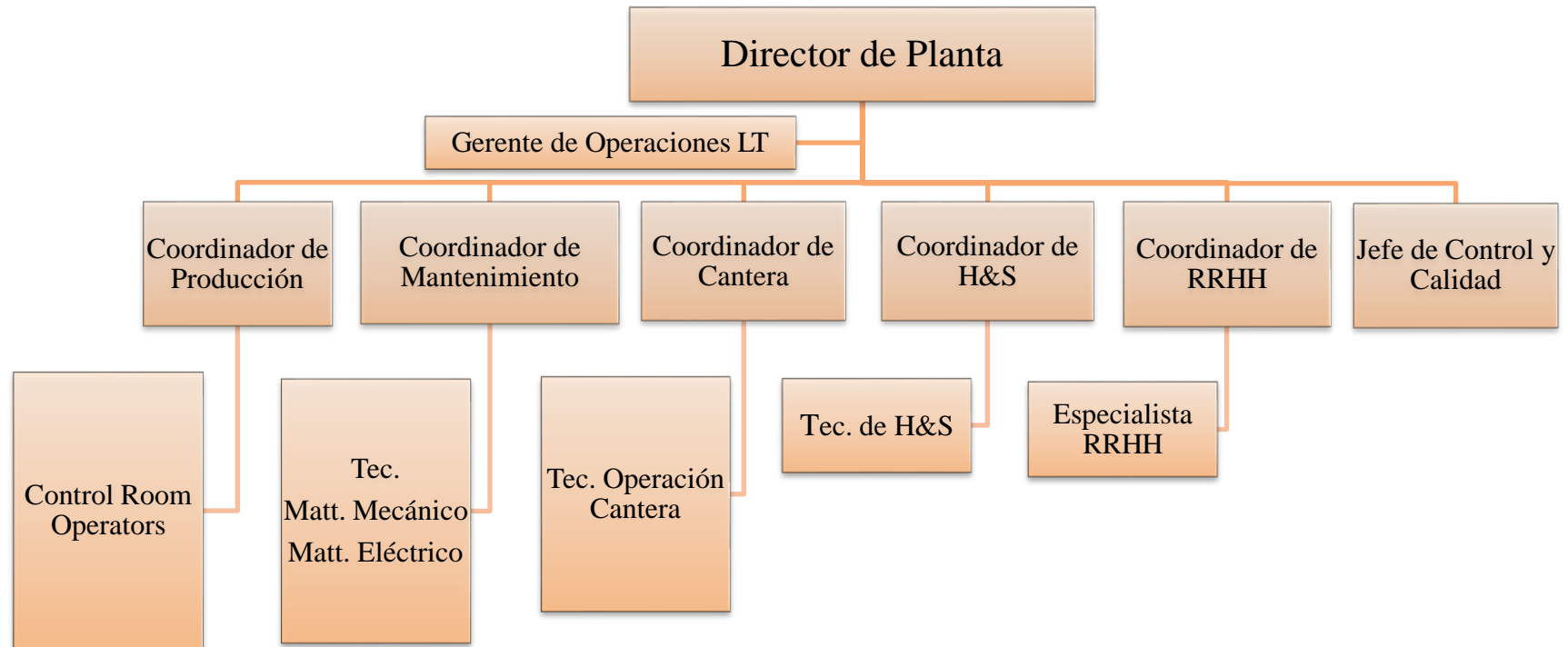
En el gráfico 4, se describe el proceso para la producción de cemento y en detalle se considera el proceso a estudiar.



**Gráfico 4:** Proceso de producción  
**Fuente:** (Holcim, 2018)

## Estructura organizacional

El gráfico 5 muestra la estructura organizacional de la empresa Holcim-Planta Latacunga.



**Gráfico 5:** Estructura organizacional  
**Fuente:** (Holcim, 2018)

La etapa de molienda es una de las más críticas con lo que respecta al consumo de energía eléctrica en las plantas de producción de cemento, por lo tanto es preponderante evaluar cómo trabaja el proceso de molienda, que equipos y maquinaria utilizan, cuanto tiempo de vida útil han operado, cuál es la frecuencia de mantenimiento que reciben, qué niveles o medidas de consumo energético proporcionan estos equipos y maquinaria, cuál es la causa técnica que provoca la deficiencia energética, etc. A continuación la tabla 7 muestra los requerimientos de energía eléctrica para los centros de costos de energía definidos en la planta Holcim.

**Tabla 7:** Requerimientos de energía eléctrica para los Centros de Costos de Energía definidos en la planta

PROCESO	CONSUMO ELECTRICIDAD (kWh/t cemento)
<b>Molienda de Cemento</b>	<b>30</b>
<b>Empaque y despacho</b>	<b>1,8</b>
<b>Trituración</b>	<b>3,3</b>
<b>Auxiliares</b>	<b>1,1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>36,2</b>

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian.

Una vez determinados los requerimientos de energía eléctrica en la producción de cemento, que recae en un valor de 36, 2 kWh/t cemento, se puede determinar que la etapa de molienda es la que mayor consumo requiere para la producción diaria de cemento, con una carga total aproximada de 110 toneladas, la energía eléctrica que se utiliza en los motores se aproxima a los 30 kWh/t, como se muestra en la tabla 8 con las especificaciones para cada motor.

En la tabla 8 se muestra los motores principales del proceso de molienda con sus respectivas características técnicas, útiles para el dimensionamiento del consumo de energía y la potencia de trabajo nominal de cada motor.

**Tabla 8:** Motores principales de la placa – funcionamiento con carga

Motores principales del proceso de molienda								
Descripción	Codigo	Potencia Kw	Voltaje V	Rpm	Fabricante	Factor de potencia Cosφ	Kwh/ton (110ton)	
Molino	561-MR1	2300	4160	895	SIEMENS	0,8	20	
Ventilador Principal de aire	591-VE4	1800	4160	890	SIEMENS	0,76	7	
Separador	561-SP1	300	460	1800	SIEMENS	0,87	1,5	
Ventilador de aire	561- VE1	112	460	1135	TECO	1	1	
							Molienda	29,5

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian.

### Características principales de los motores del proceso de molienda

En la tabla 9 se muestra con más detalle las características generales y de operación del motor molino, de las cuales destaca la potencia nominal y la velocidad de rotación, necesarias para estimar la energía que se pierde en el rotor y estator.

**Tabla 9:** Características principales motor molino

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR MOLINO			
<b>GENERALES</b>	Clase	adimens.	S1
	Eficiencia	%	96
	Peso	T	12
	Size	Size	IMB3
	Factor de Servicio	SF	S1
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo	adimens.	IMB3
	Amperaje de Rotor	Amp	940
	Amperaje de Rotor Bloqueado	%	5/5
	Factor de Potencia	Cos f	0,8
	Fase	adimens.	3
	Frecuencia	Hz	60
	Indica. Temp. Devanados (RTD)	°C	120
	Intensidad de Corriente	Amp	416
	Potencia Nominal	Kw	2300
	Temperatura	°C	30
	Velocidad de Rotación	RPM	893
	Voltaje Nominal	Volt	4160
	Voltaje del Rotor	Volt	1485

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian.

En la tabla 10 se muestran las características principales del motor ventilador, cuya velocidad de rotación y potencia nominal permiten determinar la energía de desperdicio en la operación de este ventilado principal.

**Tabla 10:** Características principales ventilador principal

CARACTERÍSTICAS TECNICAS VENTILADOR PRINCIPAL			
GENERALES	Clase	adimens.	S1
	Eficiencia	%	95,5
	Factor de Servicio	SF	1,15
	Peso	T	11
	Size	Size	IMB3
OPERACIÓN	Amperaje de Rotor	Amp.	515
	Factor de Potencia	Cos f	0,76
	Fase	adimens	3
	Frecuencia	Hz	60
	Indica.Temper.Devanados	°C	120
	Intensidad de Corriente	Amp.	344
	Potencia Nominal	Kw	1800
	Temperatura	°C	30°C
	Velocidad de Rotación	RPM	1080
	Velocidad de Rotación Mínima	RPM	892
Voltaje Nominal	Volt	4160	

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian.

En la tabla 11 se muestran las características principales del motor separador, aunque no es de mucha potencia nominal comparado con los dos anteriores, también influye en la pérdida de energía por medio de calor y consumo eléctrico.

**Tabla 11:** Características principales motor separador

CARACTERÍSTICAS TECNICAS MOTOR SEPARADOR			
GENERALES	Factor de Servicio	SF	1,1
	Peso	Kg	1300
	Size	Size	IMB3
OPERACIÓN	Factor de Potencia	Cos f	0,87
	Fase	adimens	3
	Frecuencia	Hz	60
	Intensidad de Corriente	Amp.	430
	Potencia Nominal	Kw	288
	Temperatura	°C	40
	Torque a Plena Carga	Nm	1600
	Velocidad de Rotación	RPM	1784
Voltaje de Campo	V	460	

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian.

La tabla 12 muestra las características principales del motor ventilador de aire, mismo que efectúa la separación del cemento con el producto de menos densidad y mala calidad, en la etapa de molienda; su potencia nominal y velocidad de rotación, permiten consolidar el cálculo de la pérdida de energía térmica y eléctrica.

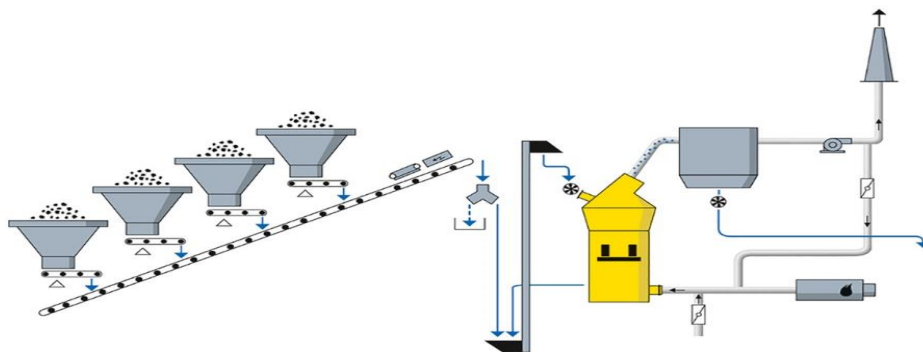
**Tabla 12:** Características principales motor ventilador de aire

CARACTERÍSTICAS TECNICAS MOTOR VENTILADOR DE AIRE			
<b>GENERALES</b>	Clase	adimens.	B
	Eficiencia	%	95,5
	Frame	Frame	447TZ
	Peso	kg.	998
	Size	Size	IMB3
<b>TECNICAS</b>	Factor de Potencia	Cos f	0,76
	Factor de Servicio	SF	1,15
	Fase	adimens	3
	Frecuencia	Hz	60
	Intensidad de Corriente	Amp.	150
	Potencia Nominal	Kw	111,86
	Temperatura	°C	40
	Torque de Plena Carga	N m	
	Velocidad de Rotación	RPM	1135
	Voltaje Nominal	Volt	460
	Diseño Tipo Aislamiento	adimens.	F
	Nivel Referencia Sonido	DB	-70
	Tipo de Aislamiento	adimens.	F
	Tipo de Enfriamiento	adimens.	Ventilador
	Tipo de Protección	adimens.	Chasis

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian.

### Proceso de molienda cemento:

La Imagen 1 muestra de manera ilustrativa el proceso de molienda en la planta Holcim – Latacunga.



**Imagen 1:** Proceso de molienda cemento

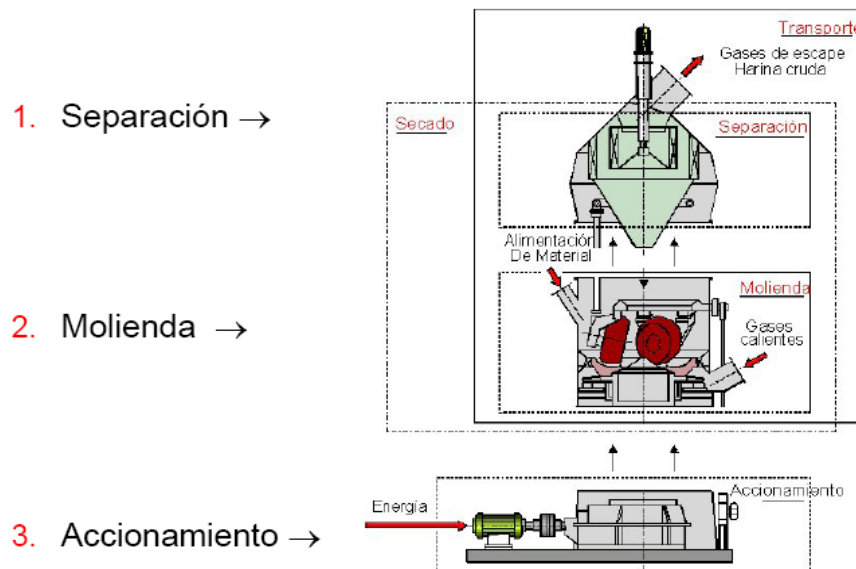
**Fuente:** (Holcim, 2005)



La empresa Holcim – Planta Latacunga a lo largo de estos últimos 18 años ha experimentado variaciones de su diseño original de su circuito de molienda hasta llegar a una capacidad máxima de procesamiento de 2000 ton/día.

En la Imagen 2, puede verse una representación esquemática de este tipo de molino, con un separador de aire integrado.

El principio de trabajo de este tipo de molinos se basa en unos rodillos (o bien otros cuerpos moledores comparables) que se mueven en una trayectoria circular y girando alrededor de su eje, sobre un lecho de material de alimentación situado sobre una placa, pista o bandeja de molienda horizontal giratoria (Molino, p. 10).

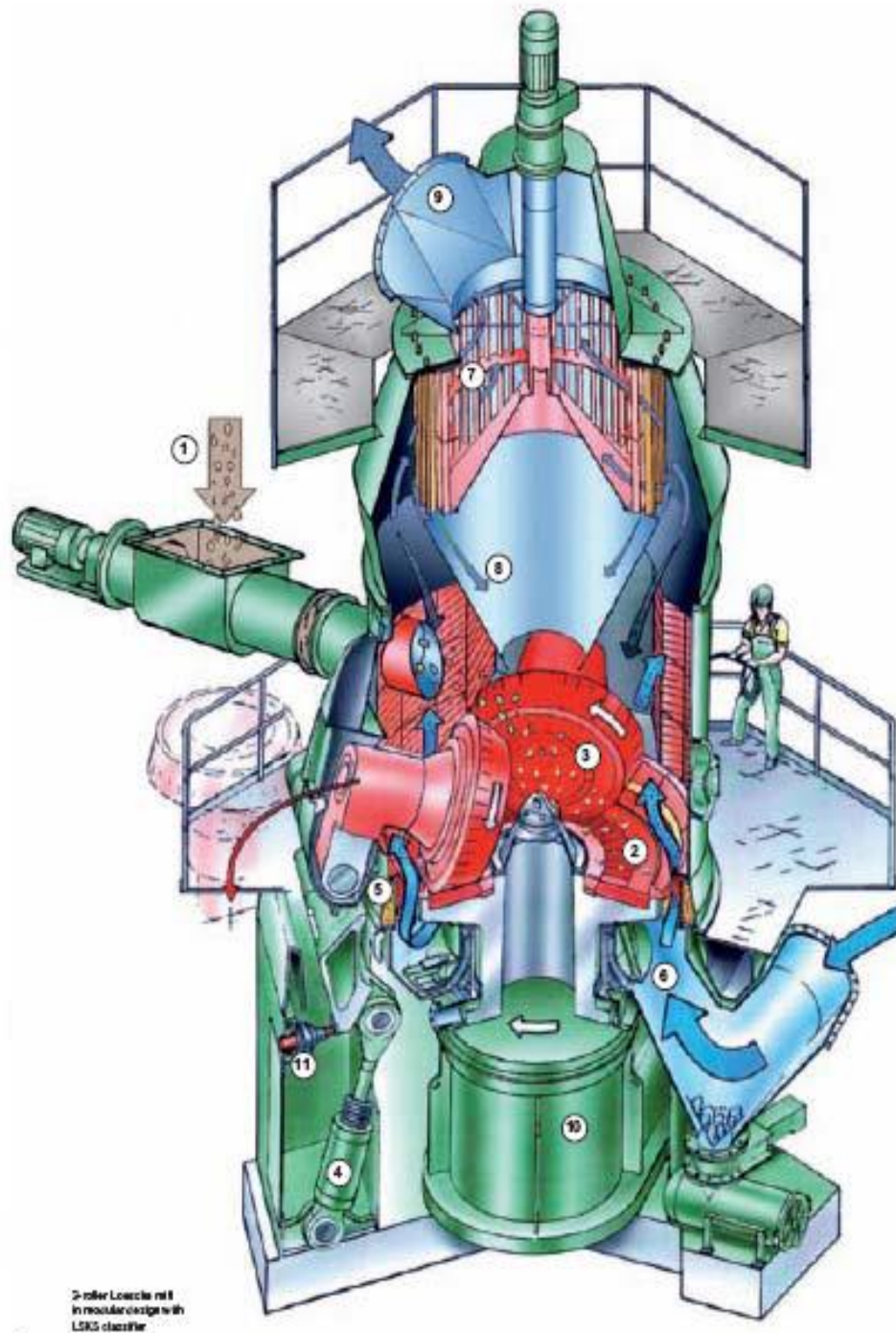


**Imagen 2:** Esquema molino de cemento  
**Fuente:** (Holcim, 2018)

La Imagen 3, muestra el esquema de molino de cemento, donde las etapas principales se encuentran distribuidas en la separación, la molienda y el accionamiento. En la separación por medio del secado se realiza una separación de la harina cruda y de las partículas gruesas dejando el polvo lo más depurado posible, por medio de este proceso también se extraen los gases de escape. En la etapa de molienda, la materia prima expulsa los gases calientes, realizando un segundo filtro de la harina pura. Finalmente en el molino se realiza un acondicionamiento del

producto ya molido para la mezcla con los aditamentos químicos que dan origen al cemento.

La Imagen 3, muestra además los componentes del molino de cemento utilizado en la empresa Holcim-Planta Latacunga.



**Imagen 3:** Componentes del molino de cemento  
**Fuente:** (Holcim, 2018)

### **Funcionamiento del molino:**

El principio de trabajo de este tipo de molinos se basa en unos rodillos (o bien otros cuerpos moledores comparables) que se mueven en una trayectoria circular y girando alrededor de su eje, sobre un lecho de material de alimentación situado sobre una placa, pista o bandeja de molienda horizontal giratoria.

La materia prima se introduce a través de un alimentador rotativo “1” y desciende a través de una resbaladera al centro de la mesa de molienda “2”. Las partículas ferrosas se separaron magnéticamente antes de alcanzar el alimentador rotativo. Un detector de metales actúa de forma similar y garantiza la separación de las partículas metálicas no magnéticas.

El material a moler se desplaza sobre la pista de molienda hacia el borde del plato bajo el efecto de la fuerza centrífuga y, de esta manera, pasa bajo los rodillos “3” de molienda accionados por resorte hidroneumático “4”. El material a moler que ha sido llevado hasta allí es molido en el lecho de material entre los rodillos y la pista de molienda. Los rodillos “3” se desplazan hacia arriba a medida que ruedan sobre el lecho de material “2”.

Como resultado, la unidad funcional formada por el balancín “5”, el eje y los pistones del cilindro neumático se mueve. El pistón desplaza el aceite hidráulico del cilindro al acumulador de vejiga lleno de gas. Las vejigas de goma llenas de nitrógeno de los acumuladores se comprimen y actúan como resortes de gas. Los resortes de gas pueden regularse para que resulten más duros o más blandos, seleccionando la presión de gas en relación con la presión hidráulica de trabajo, dependiendo del comportamiento del material a moler.

El material molido es sometido a la fuerza centrífuga y sale despedido por la rotación hacia fuera para colocarse sobre el borde del plato de molienda. En la corona de alabes “7” que rodea al plato de molienda, la corriente de gas caliente

dirigida hacia arriba captura la mezcla de material molido y de material que aún no está completamente molido y la transporta hacia el clasificador “7”.

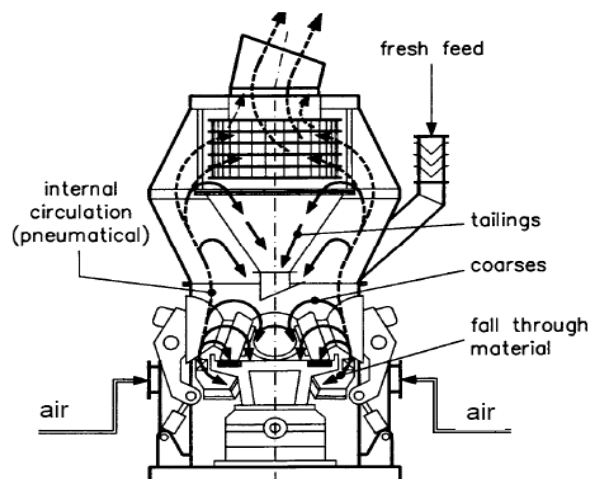
El clasificador, dependiendo de sus ajustes, rechazará el material grueso. Éste caerá en el cono interno de rechazos “8” hacia el plato de molienda para volver a ser molido. El material totalmente molido para el clasificador y abandona el molino con la corriente de gas “9”.

La mesa de molienda es accionada a través de un motor eléctrico a través de un acoplamiento flexible y del reductor de ejes perpendiculares. Un cojinete de segmentos de empuje colocado en la parte superior de la caja de engranajes absorbe las fuerzas de molienda.

Los rodillos son elevados hidráulicamente desde la pista de molienda antes de poner en marcha el motor del molino. De este modo, el molino se puede arrancar en vacío o parcialmente lleno con un par de arranque bajo. El contacto metálico de las piezas de molienda en un molino vacío o cargado se evita gracias a la elevación automática de los rodillos a través del control de altura

### 1.- Separación:

En la Imagen 4, se puede observar el proceso de separación de la harina cruda, por medio del flujo de aire molino vertical.



**Imagen 4:** Flujo de aire molino vertical

**Fuente:** (Holcim, 2018)

1. El material entra en el separador por la parte inferior.
2. La corriente de aire se genera mediante un ventilador exterior.
3. El material cae entre el rotor y los álabes guía. Los finos son aspirados.
4. Las partículas gruesas son aceleradas por el rotor y detenidas por los álabes, donde resbalan saliendo del cono de gruesos por la parte inferior a la mesa de molienda.
5. El material fino sale con el flujo de aire por la parte superior de la carcasa.
6. La finura del producto se ajusta mediante la velocidad rotacional del rotor.
7. Se realiza en el modo de barrido por aire. La clasificación directa tras realizar el proceso de molienda elimina el riesgo de sobre molienda del producto.
8. El método de barrido por aire combina las funciones de molienda y clasificación en una sola unidad. El caudal de aire eleva el material de la cámara de molienda hasta el clasificador. El clasificador situado sobre la cámara de molienda hasta el clasificador. En el clasificador situado sobre la cámara de molienda, el material molido conforme a las especificaciones establecidas, se separa de las partículas más gruesas que pueden volver a caer al plato de molienda para ser molidas de nuevo, o ser extraídas para su posterior tratamiento.
9. El clasificador de rotor permite una distribución del grano en anchos de banda estrechos y anchos. Mediante la modificación de los parámetros de ajuste del proceso y gracias a los adecuados componentes de clasificación integrados.
10. El flujo de gas/partículas que asciende desde el molino se dirige mediante un dispositivo distribuidor estático de paletas guía hasta la cámara de clasificación. La mezcla de gas/sólidos fluye, dependiendo de la posición de las paletas, directamente al espacio entre el dispositivo de guía estático y el rotor concéntrico de paletas.
11. El rotor al girar acelera la mezcla gas/sólidos de modo tangencial. La fuerza centrífuga que se produce en este proceso expulsa los tamaños de partícula gruesos.
12. La velocidad del rotor, el flujo de gases y su dirección determinan el tamaño de granulometría deseado.
13. Una particularidad de este tipo de separación es la continua reclasificación de los flujos de partículas rechazadas por el rotor. Cuando estas salen despedidas

hacia fuera por la fuerza centrífuga en la abertura circular, vuelven a ser dirigidas por la corriente de gas hacia arriba y hacia dentro. De este modo, las partículas se desaglomeran más fácilmente, de modo que siguen el caudal del producto como granos individuales y no vuelven a caer al plato de molienda como grano de aparente mayor tamaño.

14. El material pulverizado, luego de pasar por debajo de los rodillos, por efecto de la fuerza centrífuga es lanzado hacia la periferia de la pista de molienda por donde se derrama. El material es recogido por la corriente ascendente de gas es (aire), que penetra en la cámara de molienda por una corona de alabes y que circula a gran velocidad, de modo que las partículas finas son arrastradas hacia el clasificador. La aspiración se realiza mediante una soplante o ventilador de forma que el circuito trabaja en depresión.
15. Las partículas gruesas, que no son capaces de ser arrastradas por la corriente de gas, caen a través del anillo de toberas a un anillo de descarga, que gira con el plato de molienda y llega por una resbaladera de evacuación lateral a un medio de transporte, por ejemplo, un elevador de cangilones, que lo devuelve al molino con o sin separación intermedia. La velocidad del gas en el anillo de toberas se ajusta de manera que no todo el material que cae del plato sea arrastrado por la corriente de gas al separador.
16. El material que es arrastrado por la corriente de gas va hacia el separador situado directamente encima del recinto de molienda, donde se clasifica. Las partículas mayores separadas por el clasificador vuelven a la pista de molienda y las finas van con la corriente de aire de donde son separadas mediante ciclones o filtro.
17. Como el transporte neumático exige una cantidad considerable de gases y como además estos están en íntimo contacto con el material molido, los molinos verticales de rodillos resultan especialmente adecuados para la molienda conjunta con el secado.
18. Debido al corto tiempo de permanencia del material de alimentación en la cámara de molienda, comparado con él se da en los molinos tubulares, el lecho de material se mantiene libre de partículas finas que no exigen una molienda posterior, cargando sin necesidad el molino y con tendencia a la formación de aglomeraciones indeseables.

19. La corriente de aire cargada de material entra por debajo y se distribuye lateralmente por deflexión por la parte inferior del separador. Las aletas rotativas aceleran la rotación de la corriente de aire, la cual ya de por sí tiene un movimiento en espiral desde el momento que entra en la caja del separador.
20. El aire es succionado por las rendijas entre las aletas del rotor.
21. Las partículas pesadas (por ejemplo, aquellas en que la resultante de la fuerza centrífuga y del peso prevalece sobre la fuerza que sobre ellas ejerce la corriente de aire) son proyectadas hacia fuera contra las paredes del separador, volviendo de nuevo al molino (Residuos). Las partículas finas son arrastradas por el aire y llevadas fuera del separador, siendo a continuación separadas de la corriente de aire mediante ciclones.
22. Debido a su capacidad para recibir grandes cantidades de aire el separador con rotor de aletas se usa, generalmente, en conjunción con molinos de barrido por aire y muy particularmente con los molinos de rodillos, en cuyo caso el separador forma un solo cuerpo con la caja del molino, que se prolonga hacia arriba.
23. Para un régimen constante de flujo de aire, el rendimiento de este tipo de separadores puede modificarse variando la velocidad de rotación del rotor.
24. Una unidad de lubricación garantiza el suministro de la adecuada cantidad de aceite a los dientes del engranaje, los cojinetes del eje y los cojinetes de empuje. Los filtros y los sistemas de refrigeración acondicionan el aceite.

### **Cuerpos molidores:**

Los cuerpos molidores presionan contra el material a moler (Esfuerzo de molienda) mediante su propio peso, por fuerza centrífuga y por sistemas hidráulicos. Todos los grandes molinos utilizan hoy en día el sistema de presión hidroneumática, su disposición varía de unos fabricantes a otros, pero en principio todos coinciden en utilizar como muelle el gas comprimido en un acumulador, cuyo esfuerzo es transmitido a los pistones de presión por medio de aceite. Un conjunto de bombas proporciona la presión necesaria. El sistema puede regular fácilmente las diferencias de presión.

Modificando la presión del aceite pueden elevarse los rodillos sobre la pista, a fin de que el arranque se haga en vacío, con lo cual se facilita la utilización de motores de arranque directo.

### **Análisis de brechas**

Aplicando la norma ISO 50001, procede a realizar el análisis de brechas en el proceso de molienda de Holcim Latacunga.

### **Energía Eléctrica:**

En la tabla 13, se observa los costos y consumo de energía eléctrica por mes, se toma como referencia los meses de agosto a noviembre en donde existen producciones amplias y lógicamente de mayor consumo de energía eléctrica.

**Tabla 13:** Costo y consumo de Energía eléctrica

<b>Energía Eléctrica</b>					
Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
Ton	43750	41590	42350	44070	42940
Kw/h	1739,08	1353,21	1550,21	1660,89	1634,89
Costo	121,123000	121,78	139,51	149,48	147,13

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian.



La tabla 14 muestra el análisis de brechas del proceso de molienda en base a la norma de eficiencia de Holcim-Planta Latacunga.

**Tabla 14:** Análisis de Brechas

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.1 Requerimientos generales	La organización debe: a) establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGE de acuerdo con los requisitos en esta norma; b) definir y documentar el alcance y límites de su SGE; y c) determinar cómo debe cumplir los requisitos de esta norma a fin de lograr la mejora continua de su desempeño energético y de su SGE.	a) No se tiene el alcance para el SGE b) No se tiene un plan para el cumplimiento de esta norma	Elaborar Alcance del SGE Realizar Plan para el cumplimiento de los requisitos de la norma
4.2 Responsabilidad de la gerencia			

**Tabla continúa en la página 48**

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.2.1 Alta gerencia	<p>La alta dirección debe demostrar su compromiso de apoyar el SGE y mejorar continuamente su eficacia:</p> <p>a) definiendo, estableciendo, implementando y manteniendo una política energética;</p> <p>b) designando un representante de la dirección y aprobando la formación de un equipo de gestión de la energía;</p> <p>c) proporcionando los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGE y el desempeño energético resultante;</p>	<p>a) HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA no tiene una política Energética.</p> <p>b) HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA no tiene un representante de SGE ni el equipo del SGE.</p> <p>c) HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA no tiene identificando el alcance y límites que se deben abordar en el SGE.</p>	<p>Realizar la Política Energética Nombrar el Representante del SGE y su equipo de trabajo</p> <p>Divulgar la importancia del SGE dentro de HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA</p> <p>Elaborar Objetivos de HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA para el SGE</p> <p>Definir los IDE de la Organización</p> <p>Determinar el desempeño Energético.</p>

Tabla continúa en la página 49

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	d) identificando el alcance y límites que se deben abordar en el SGE; e) comunicando la importancia de la gestión de la energía dentro de la organización; f) asegurando que los objetivos y metas energéticos están establecidos; g) asegurando que los IDE son apropiados para la organización; h) considerando el desempeño energético en una planificación a largo plazo; i) asegurando que los resultados se miden y se informan a intervalos determinados; y j) realizando revisiones por la dirección.	d) No se ha comunicado la importancia de la gestión de la energía dentro de la organización; e) No se tienen establecidos objetivos y metas energéticos; f) No se tienen los IDE para la organización; g) No se ha determinado el desempeño energético ni una planificación a largo plazo; h) Se miden los resultados de la EE y se comunican mensualmente i) No se han realizado revisiones por la dirección.	

Tabla continúa en la página 50

4.2.2 Representante de la gerencia	<p>La alta dirección debe designar un (unos) representante(s) de la dirección con habilidades y competencias apropiadas, que, con independencia de otras responsabilidades, tenga la responsabilidad y autoridad para:</p> <p>a) asegurarse que el SGE se establece, implementa, mantiene y mejora continuamente de acuerdo con esta norma;</p> <p>b) identificar a una(s) persona(s), autorizada(s) mediante un nivel apropiado de gestión, para trabajar con el representante de la dirección en apoyo de las actividades de gestión de la energía;</p> <p>c) informar a la alta dirección sobre el desempeño energético;</p> <p>d) informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGE;</p> <p>e) asegurarse que la planificación de las actividades de gestión de la energía está diseñado para</p>	<p>No se ha nombrado un representante de la Dirección del SGE para:</p> <p>b) No se ha identificado a una(s) persona(s), autorizada(s) mediante un nivel apropiado de gestión, para trabajar con el representante de la dirección en apoyo de las actividades de gestión de la energía;</p> <p>c) informar a la alta dirección sobre el desempeño energético;</p> <p>d) informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGE;</p> <p>e) asegurarse que la planificación de las actividades de gestión de la energía está diseñado para apoyar la política energética de la organización;</p> <p>f) definir y comunicar las responsabilidades y autoridades con el fin de facilitar la gestión eficaz de la energía;</p>	Nombrar el Representante de la Dirección para cumplir con los requisitos de la Norma
------------------------------------	---	--	--

**Tabla continúa en la página 51**

	<p>apoyar la política energética de la organización;</p> <p>f) definir y comunicar las responsabilidades y autoridades con el fin de facilitar la gestión eficaz de la energía;</p> <p>g) determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse que tanto la operación y control del SGE son eficaces;</p> <p>h) promover la toma de conciencia de la política y objetivos energéticos en todos los niveles de la organización.</p>	<p>g) determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse que tanto la operación y control del SGE son eficaces; y</p> <p>h) promover la toma de conciencia de la política y objetivos energéticos en todos los niveles de la organización.</p>	
--	---	---	--

**Tabla continúa en la página 52**

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.3 Política energética	<p>La política energética debe establecer el compromiso de la organización para lograr la mejora del desempeño energético. La alta dirección debe definir la política energética y asegurarse de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) es apropiada a la naturaleza y escala del uso y consumo de energía de la organización;</li> <li>b) incluye un compromiso de mejora continua en el desempeño energético;</li> <li>c) incluye un compromiso para asegurar la disponibilidad de la información y de los recursos necesarios para lograr los objetivos y metas;</li> <li>d) incluye un compromiso para cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros</li> </ul>	<p>No se ha determinado una Política Energética:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) es apropiada a la naturaleza y escala del uso y consumo de energía de la organización;</li> <li>b) incluye un compromiso de mejora continua en el desempeño energético;</li> <li>c) incluye un compromiso para asegurar la disponibilidad de la información y de los recursos necesarios para lograr los objetivos y metas;</li> <li>d) incluye un compromiso para cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos a los que la organización suscribe relacionados a su uso,</li> </ul>	Elaborar la Política Energética

Tabla continúa en la página 53

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<p>requisitos a los que la organización suscribe relacionados a su uso, consumo y eficiencia energética;</p> <p>e) proporciona el marco para establecer y revisar los objetivos y metas energéticos;</p> <p>f) apoya la compra de productos y servicios energéticamente eficientes y de diseño para la mejora del desempeño energético;</p> <p>g) sea documentada y comunicada a todos los niveles dentro de la organización; y</p> <p>h) sea revisada periódicamente y actualizada cuando sea necesario.</p>	<p>consumo y eficiencia energética;</p> <p>e) proporciona el marco para establecer y revisar los objetivos y metas energéticos;</p> <p>f) apoya la compra de productos y servicios energéticamente eficientes y de diseño para la mejora del desempeño energético;</p> <p>g) sea documentada y comunicada a todos los niveles dentro de la organización; y</p> <p>h) sea revisada periódicamente y actualizada cuando sea necesario.</p>	

Tabla continúa en la página 54

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.4. Planificación energética  4.4.1 Generalidades	<p>La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética.</p> <p>La planificación energética debe ser consistente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren continuamente el desempeño energético.</p> <p>La planificación energética debe implicar una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar el desempeño energético.</p>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA no tiene una planificación energética.	Realizar la Planificación Energética

Tabla continúa en la página 55



ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.4.2 Requerimientos legales y de otro tipo	<p>La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos a los cuales la organización se suscribe en relación a su uso, consumo y eficiencia energética.</p> <p>La organización debe determinar cómo estos requisitos aplican a su uso, consumo y eficiencia energética y se debe asegurar que estos requisitos legales y otros requisitos a los cuales la organización se suscribe, se consideran en el establecimiento, implementación y mantenimiento del SGE.</p> <p>Los requisitos legales y otros requisitos se deben revisar a intervalos definidos</p>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA no ha identificado aún los requisitos legales respecto del SGE, si se han implementado, y revisan, se deben determinar para su control	Identificar y cumplir los requisitos legales del SGE

Tabla continúa en la página 56

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.4.3 Revisión energética	<p>La organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. La metodología y criterios utilizados para desarrollar la revisión energética deben ser documentados.</p> <p>Para desarrollar la revisión energética, la organización debe:</p> <p>a) analizar el uso y consumo de energía en base a la medición y otros datos, es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identificar las fuentes actuales de energía;</li> <li>- evaluar el uso y consumo de energía pasado y presente;</li> </ul> <p>b) en base al uso y consumo de energía, identificar las áreas de uso importante de energía, es decir:</p>	No se ha organizado aún la Revisión Energética, sin embargo de si tener los datos y su realización	Realizar la Revisión Energética

Tabla continúa en la página 57

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identificar las instalaciones, equipos, sistemas, procesos y personal de trabajo para o en nombre de la organización, que afecten significativamente el uso y consumo de energía;</li> <li>- identificar variables que afecten los usos importantes de energía;</li> <li>- determinar el desempeño energético actual de las instalaciones, equipos, sistemas, procesos en relación a los usos importantes de energía identificados; y</li> <li>- estimar el uso y consumo de energía futuros;</li> </ul>		

Tabla continúa en la página 58

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	c) identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético. La revisión energética se debe actualizar a intervalos definidos y en respuesta a cambios en las instalaciones, equipos, sistemas o procesos.		

Tabla continúa en la página 59

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.4.4 Línea base energética	<p>La organización debe establecer una(s) línea(s) base(s) de energía usando la información de la revisión energética inicial, considerando un período de datos adecuados al uso y consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético se deben medir contra la(s) línea(s) base(s) de energía.</p> <p>Los ajustes a la(s) línea(s) base(s) se deben hacer en alguno de los casos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- los IDE ya no reflejan el uso y consumo de energía de la organización, o</li> </ul>	No se ha determinado aún la Línea Base Energética	Ya se tiene la Línea Base Energética

Tabla continúa en la página 60

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- se han producido cambios importantes al proceso, los patrones operacionales o los sistemas de energía, o</li> <li>- están de acuerdo a un método predeterminado.</li> </ul> <p>La(s) línea(s) base(s) de energía se debe mantener y registrar.</p>		
4.4.5 Indicadores de desempeño energético	La organización debe identificar los IDE adecuados para el seguimiento y medición del desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDE se deben registrar y revisar regularmente.	Se tienen IDE, hay que cotejarlos con los del SGE para su cumplimiento	Cotejar los IDE a cumplir y cotejarlos con los del SGE, para su cumplimiento

Tabla continúa en la página 61

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	Los IDE se deben revisar y comparar con la línea base de energía, cuando sea apropiado		
4.5 Implementación y operación 4.5.1 Generalidades	La organización debe utilizar los planes de acción y otros productos resultantes del proceso de planificación para la implementación y operaciones.	No existen Planes de Acción Energética aún en HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA	Elaborar Planes de Acción Energética para HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA

Tabla continúa en la página 62

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.5.2 Competencias, entrenamiento y sensibilización	<p>La organización se debe asegurar que toda persona(s) que trabaje para, o en su nombre, relacionada a usos importantes de energía, sea competente sobre la base de educación, entrenamiento, habilidades adecuados.</p> <p>La organización debe identificar las necesidades de formación asociadas con el control de los usos importantes de energía y la operación de su SGE.</p> <p>Debe proporcionar formación o tomar otras acciones para cumplir estas necesidades.</p> <p>La organización se debe asegurar de que las personas que trabajan para o en su nombre son conscientes de:</p>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA no ha formado aún un equipo de personas para el manejo de SGE	Elaborar plan de formación de personal que estaría a cargo del SGE

Tabla continúa en la página 63



ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	a) la importancia de la conformidad con la política energética, los procedimientos y con los requisitos del SGE; b) sus funciones, responsabilidades y autoridades en el logro de los requisitos del SGE; c) los beneficios de la mejora del desempeño energético; y d) el impacto, real o potencial, con respecto al uso y consumo de energía, de sus actividades y cómo sus actividades y comportamiento contribuyen al logro de los objetivos y metas energéticos, y las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados.		

Tabla continúa en la página 64

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.5.3 Comunicación	<p>La organización debe comunicar internamente en lo que respecta a su desempeño energético y SGE, según sea apropiado al tamaño de la organización.</p> <p>La organización debe establecer e implementar un proceso mediante el cual cualquier persona que trabaje para o en nombre de la organización pueda hacer comentarios o sugerir mejoras al SGE.</p> <p>La organización debe decidir si comunica o no externamente la información acerca de su política energética, SGE y desempeño energético, y debe documentar su decisión. Si la decisión es comunicar externamente, la organización debe establecer e implementar un método para esta comunicación externa.</p>	<p>No se ha determinado la forma de comunicar internamente el desempeño Energético de HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA</p>	<p>Instructivo o Procedimiento para la Comunicación Interna y Externa de la Norma</p>

Tabla continúa en la página 65

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.5.4 Documentación	-	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA, no tiene aún documentación formal del SGE	Cumplir con la Documentación que requiere el SGE (esto según avancen los cumplimientos de los otros ítems)
4.5.4.1 Requisitos de la documentación	<p>La organización debe establecer, implementar y mantener la información, en papel, de manera electrónica o cualquier otro medio, para describir los elementos fundamentales del SGE y su interacción.</p> <p>La documentación del SGE debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) el alcance y los límites del SGE;</li> <li>b) la política energética;</li> <li>c) los objetivos, metas y planes de acción energéticos;</li> </ul>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA, no tiene aún documentación formal del SGE	Cumplir con la Documentación que requiere el SGE (esto según avancen los cumplimientos de los otros ítems)

Tabla continúa en la página 66

<b>ANÁLISIS DE BRECHAS</b>		<b><u>RGE – SGE- MNB - 03</u></b>	
<b>Punto de la norma ISO 50001</b>	<b>Requerimientos ISO 50001</b>	<b>Situación en la Industria</b>	<b>Brechas identificadas</b>
	d) los documentos, incluyendo los registros, requeridos por esta norma; y e) otros documentos determinados por la organización como necesarios.		

**Tabla continúa en la página 67**

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.5.4.2 Control de los documentos	<p>Los documentos requeridos por esta norma y el SGE se deben controlar. Esto incluye la documentación técnica, cuando sea apropiado.</p> <p>La organización debe establecer, implementar y mantener un (unos) procedimiento(s) para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) aprobar los documentos para adecuación antes de su emisión;</li> <li>b) revisar y actualizar periódicamente los documentos según sea necesario;</li> <li>c) asegurarse que se identifican los cambios y el estado de revisión actual de los documentos;</li> <li>d) asegurarse que las versiones pertinentes de los documentos aplicables están disponibles en los puntos de uso;</li> </ul>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA no tiene el procedimiento para el control de Documentos	Elaborar el Procedimiento para el Control de Documentos

Tabla continúa en la página 68

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	e) asegurarse que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables; f) asegurarse que los documentos de origen externo, determinados por la organización como necesarios para la planificación y operación del SGE, están identificados y se controla su distribución; y g) prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos e identificar adecuadamente los que se mantengan para cualquier propósito.		

Tabla continúa en la página 69

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.5.5 Control operacional	<p>La organización debe identificar y planificar aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con sus usos importantes de energía y que sean consistentes con su política, objetivos, metas y planes de acción energéticos, con el fin de asegurarse que se lleven a cabo bajo las condiciones especificadas, a través de lo siguiente:</p> <p>a) estableciendo y fijando criterios para la operación y mantenimiento eficaces de los usos importantes de energía, donde su ausencia podría conducir a una desviación</p>	<p>Se tienen planificadas operaciones y actividades de mantenimiento relacionadas con los usos de energía, hay que relacionarlos con el SGE</p>	<p>Identificar y planificar las operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con los usos importantes de energía</p>

Tabla continúa en la página 70

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<p>importante del desempeño energético eficaz;</p> <p>b) operando y manteniendo las instalaciones, procesos, sistemas y equipos, de acuerdo con criterios operacionales; y</p> <p>c) comunicando adecuadamente los controles operacionales al personal que trabaja para o en nombre de la organización.</p>		
4.5.6 Diseño	La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y el control operacional en el diseño de instalaciones, equipos, sistemas y procesos nuevos, modificados y renovados, que puedan tener un impacto importante en su	No se ha establecido oportunidades de mejora del SGE	Establecer durante la implementación de la Norma las oportunidades de mejora del SGE de HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA.

Tabla continúa en la página 71



ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<p>desempeño energético.</p> <p>Los resultados de la evaluación del desempeño energético se deben incorporar, según sea apropiado, en la especificación, diseño y contratación de actividades del (de los) proyecto(s) pertinente.</p> <p>Se deben registrar los resultados de la actividad de diseño</p>		

Tabla continúa en la página 72

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.5.7 Compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía	<p>Cuando se adquieren servicios de energía, productos y equipos que tengan o puedan tener un impacto en el uso importante de energía, la organización debe informar a los proveedores que la contratación se evalúa parcialmente sobre la base del desempeño energético.</p> <p>La organización debe establecer e implementar los criterios para evaluar el uso, consumo y eficiencia energéticos durante la vida útil de operación, prevista o esperada, cuando se adquieren productos, equipos y servicios que usan</p>	No se tienen determinados criterios para la compra de Servicios energéticos, productos y equipos energía	Realizar Procedimiento para la compra de Servicios Energéticos, Productos y Servicios de Energía

Tabla continúa en la página 73

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	energía,. La organización debe definir y documentar las especificaciones de compra de energía, según sea aplicable para el uso eficaz de la energía.		
4.6 Verificación			

Tabla continúa en la página 74

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.6.1 Monitoreo, medición y análisis	<p>La organización se debe asegurar que las características claves de sus operaciones, que determinan el desempeño energético, se monitorean, miden y analizan a intervalos planificados.</p> <p>Las características claves deben incluir como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) los usos importantes de energía y otras salidas de la revisión energética;</li> <li>b) las variables relevantes relacionadas al uso importante de energía;</li> <li>c) los IDE;</li> <li>d) la eficacia de los planes de acción en el logro de objetivos y metas; y</li> </ul>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA mantiene monitoreo, medición y análisis de Energía de la Planta	Determinar si los seguimientos que se mantienen en Planta, son suficientes para determinar el desempeño energético

Tabla continúa en la página 75

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<p>e) la evaluación del consumo de energía real versus el esperado. Los resultados del seguimiento y medición de las características clave se deben registrar. Se debe definir e implementar un plan de medición de energía, apropiado al tamaño y complejidad de la organización y su equipo de seguimiento y medición.</p> <p>La organización debe investigar y responder a desviaciones importantes en el desempeño energético.</p> <p>Los resultados de estas actividades se deben mantener.</p>		

Tabla continúa en la página 76

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.6.2 Evaluación de cumplimiento con los requerimientos legales y de otro tipo	A intervalos planificados, la organización debe evaluar el cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos a los cuales suscribe que son relevantes para su uso y consumo de energía. Los registros de los resultados de las evaluaciones de cumplimiento se deben mantener.	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA no ha establecido la evaluación de los requisitos legales y otros para su cumplimiento	Evaluar los Requisitos Legales y los otros necesarios para cumplirlos

**Tabla continúa en la página 77**

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.6.3 Auditoría interna del sistema de gestión de la energía	<p>La organización debe llevar a cabo a intervalos planificados auditorías internas para asegurarse que el SGE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- es conforme a las disposiciones planificadas para la gestión de la energía incluyendo los requisitos de esta norma;</li> <li>- es conforme con los objetivos y metas energéticos establecidos;</li> <li>- es efectivamente implementado y mejora el desempeño energético.</li> </ul> <p>Se debe desarrollar un plan y programa de auditoría que tome en consideración el estado e importancia de los procesos y áreas a auditar, así como los resultados de las auditorías previas.</p>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATAACUNGA, tiene un procedimiento para evaluar el SGE	Adecuar el Procedimiento de Auditoría Interna del SIG al SGE

Tabla continúa en la página 78

<b>ANÁLISIS DE BRECHAS</b>		<b><u>RGE – SGE- MNB - 03</u></b>	
<b>Punto de la norma ISO 50001</b>	<b>Requerimientos ISO 50001</b>	<b>Situación en la Industria</b>	<b>Brechas identificadas</b>
	<p>La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría.</p> <p>Los registros de los resultados de auditoría se deben mantener e informar a la alta dirección.</p>		

**Tabla continúa en la página 79**



ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.6.4 No-conformidad, corrección, acción correctiva y acción preventiva	<p>La organización debe tratar la(s) no conformidad(es) real(es) y potencial(es) haciendo correcciones, y tomando acciones correctivas y acciones preventivas que incluyan lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) revisión de no conformidades o no conformidades potenciales;</li> <li>b) determinar las causas de las no conformidades o no conformidades potenciales;</li> <li>c) evaluar la necesidad de actuar para asegurarse que las no conformidades no ocurran o recurran;</li> <li>d) determinar e implementar la acción necesaria apropiada;</li> </ul>	HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA no tiene un procedimiento para tratar la No Conformidades reales y potenciales, para tomar acciones al respecto.	Adecuar el Procedimiento del No conformidades, Correcciones y Acciones Correctivas y Preventivas del SIG al SGE

Tabla continúa en la página 80

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	<p>e) mantener los registros de las acciones correctivas y preventivas;</p> <p>f) revisar la eficacia de la acción correctiva o preventiva tomada.</p> <p>Las acciones correctivas y las acciones preventivas deben ser apropiadas a la magnitud de los problemas reales o potenciales y las consecuencias del desempeño energético encontrado.</p> <p>La organización se debe asegurar de que cualquier cambio necesario se incorpore al SGE.</p>		

Tabla continúa en la página 81

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.6.5 Control de registros	La organización debe establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGE y de esta norma y los resultados del desempeño energético logrado. La organización debe definir e implementar controles para la identificación, recuperación y conservación de documentos. Los registros deben ser y permanecer legibles,	No se ha determinado registros formales para el SGE	Determinar en la implementación los registros necesarios del SGE

Tabla continúa en la página 82

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	identificables y trazables a la actividad pertinente.		
4.7 Revisión de la gerencia			
4.7.1 Generalidades	La alta dirección debe, a intervalos planificados, revisar el SGE de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.	No se ha establecido la Revisión por la Dirección	Procedimental la Revisión por la Dirección, adecuarlo del SIG

Tabla continúa en la página 83

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	Se deben mantener registros de la revisión por la dirección.		
4.7.2 Input a la revisión de la gerencia	<p>La información de entrada para la revisión por la dirección debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) acciones de seguimiento desde revisiones previas por la dirección;</li> <li>b) revisión de la política energética;</li> <li>c) revisión del desempeño energético y los IDE relacionados;</li> <li>d) resultados de la evaluación del cumplimiento con los requisitos legales y los cambios en los requisitos legales y otros a los cuales la organización suscriba;</li> </ul>	No se ha establecido la Revisión por la Dirección	Adecuarle el Procedimiento de la Revisión por la Dirección del SIG al SGE

Tabla continúa en la página 84

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	e) el grado al cual se han cumplido los objetivos y metas energéticos; f) los resultados de la auditoría del SGE; g) el estado de las acciones correctivas y preventivas; h) el desempeño energético proyectado para el período siguiente; y i) las recomendaciones para la mejora.		

Tabla continúa en la página 85

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
4.7.3 Output de la revisión de la gerencia	<p>Los resultados de la revisión por la dirección deben incluir todas las decisiones o acciones relacionadas con:</p> <p>a) cambios en el desempeño energético de la organización;</p> <p>b) cambios a la política energética;</p> <p>c) cambios al IDE;</p> <p>d) cambios a los objetivos, metas</p>	No se ha establecido la Revisión por la Dirección	Adecuarle el Procedimiento de la Revisión por la Dirección del SIG al SGE

Tabla continúa en la página 86

ANÁLISIS DE BRECHAS		<u>RGE – SGE- MNB - 03</u>	
Punto de la norma ISO 50001	Requerimientos ISO 50001	Situación en la Industria	Brechas identificadas
	u otros elementos del SGE, consistentes con el compromiso de la organización para la mejora continua; y la asignación de los recursos.		

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian



## **Requisitos legales**

A continuación se presenta el estado actual de control requisitos legales inherentes a la gestión de energía.

HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA S.A., por medio del Representante de la Gerencia, se encarga de revisar de forma anual el inventario de requisitos legales aplicables en materia de energía y de evaluar su cumplimiento.

La identificación y evaluación de los requisitos legales de aplicación a la organización queda reflejada el documento RGE-SGE-MNG-03.

## **Levantamiento y definición de los requisitos legales**

En la tabla 15, se muestra los requisitos que debe cumplir la empresa dentro de la normativa legal.

**Tabla 15:** Matriz requisitos legales Holcim - Planta Latacunga

<b>MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES</b>						<b><u>RGE – SGE- MNG - 03</u></b>
<b>PLIEGO TARIFARIO</b>						
<b>Arconel 049/15</b>	<b>Pliego Tarifario</b>	<b>Rango de Consumo</b>	<b>Demanda (USD/kW)</b>	<b>Energía (USD/kWh)</b>	<b>Comercialización (USD/consumidor)</b>	<b>Cumplimiento</b>
		L-V 8h00 hasta 18h00	4,576	0,093	1,414	Si
		L-V 18h00 hasta 22h00		0,107		
		L-V 22h00 hasta 8h00		0,075		
		S,D,F 18h00 hasta 22h00		0,093		
<b>LEYES</b>						
<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estatus</b>	<b>Vigencia desde</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Cumplimiento</b>
ROS 116	Ley Orgánica de Defensa del Consumidor	Contiene disposiciones de defensa al consumidor para los servicios públicos domiciliarios.	Vigente	10/7/2000	Preocuparse de no afectar el medio ambiente mediante el consumo de bienes o servicios que puedan resultar peligrosos en ese sentido	

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian

La tabla 16, muestra las regulaciones legales de la empresa Holcim Planta Latacunga.

**Tabla 16:** Regulaciones legales Holcim - Planta Latacunga

REGULACIONES						
Código	Nombre	Descripción	Vigente desde	Reformado por	Vigencia desde	Cumplimiento
ARCONEL 002/17	Procedimiento para la imposición de sanciones	La aplicación de estas sanciones no excluye de las acciones de carácter penal o de responsabilidad civil para el resarcimiento de daños y perjuicios, cuando hubiere lugar.	14/3/2017			la empresa no ha tenido sanciones de parte del ente regulador ARCONEL
ARCONEL 003/16	Requerimientos para la supervisión y control en tiempo real del Sistema Nacional Interconectado	Establece los requerimientos que deben cumplir los participantes del Sector Eléctrico Ecuatoriano – SEE, en los aspectos relacionados con la supervisión y control en tiempo real del SNI, que realiza el Operador Nacional de Electricidad, CENACE	14/10/2016			La empresa realiza una recertificación vía anual de sus puntos de medición con el CENACE

Tabla continúa en la página 90

ARCONEL 001/15 Reformada	Punto de entrega y condiciones técnicas financieras para la prestación del servicio público de energía eléctrica a consumidores del servicio eléctrico (Regulación No. ARCONEL 001/15)	Definir el punto de entrega entre la distribuidora y el consumidor final como parte del proceso de atención del suministro, así como la definición de aspectos técnicos, económicos y financieros relacionados con los activos requeridos para el suministro del servicio público de energía eléctrica al consumidor.	18/3/2015	Resolución 004/16 - Reforma a la Regulación 001/15	9/3/2016	Este punto fue definido con la empresa distribuidora ELEPCO S.A y se mantiene, no es sujeto a renovación.
CONELEC 002/10	Distancias de Seguridad (Regulación No. CONELEC 002/10)	Determinación de distancias de seguridad entre la red eléctrica y las edificaciones, a fin de limitar el contacto y acercamiento de las personas, con el propósito de salvaguardar la integridad física de las personas.	6/5/2010			Estas distancias las cumple la empresa y la empresa eléctrica de control no ha emitido observaciones al respecto.

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

## Revisión energética y línea de base energética

A continuación se revisa los criterios de la revisión energética: HOLCIM ECUADOR - PLANTA LATACUNGA SA establece una metodología que permite realizar la revisión energética de las instalaciones y establecer la línea de base de la energía, identificando los usos y consumos energéticos asociados a las actividades propias de la organización y evaluándolos posteriormente, con el fin de conocer aquellos que puedan resultar significativos. Esta revisión se lleva a cabo al menos una vez al año según el procedimiento de Revisión energética Visualizar anexo A, línea de base energética.

## Identificación de los usos significativos de energía, USA

En la tabla 17, se muestra el uso significativo de energía

**Tabla 17:** Matriz para la identificación y evaluación de la energía de la empresa  
Holcim - Planta Latacunga S.A.

Matriz para identificación y evaluación de consumos y usos de energía			RGE – SGE- MNS - 03			
Energía	Área	Variables que afectan al consumo energético	Método medida: M:medio C: Calculado E: estimado	Consumo kWh	Significativo	No Significativo
Electricidad	Trituración	Tiempo de uso, potencia de los equipos	E	975.806	X	
	Recepción de Materia prima	Tiempo de uso, potencia de los equipos	E	305.799		X
	Molienda	Tiempo de uso, potencia de los equipos	E	1,4128.60	X	
	Despacho	Tiempo de uso, potencia de los equipos	E	580.094	X	
	Servicios generales	Tiempo de uso, potencia de los equipos	E	425.719		X

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian

## Desempeño energético

### Líneas base:

La línea base de la empresa y del uso significativo de energía se encuentra desarrollada en páginas anteriores.

### Indicadores de Desempeño Energético (IDEns):

La organización lleva a cabo su control energético mediante el análisis de una serie de indicadores de desempeño energético, coherentes con las líneas base establecidas, tal y como se detalla en el procedimiento de los Indicadores de Desempeño energético. Visualizar Anexo C. En la tabla 18, se muestra los consumos mensuales de energía.

**Tabla 18:** Consumo Anodizado 2018

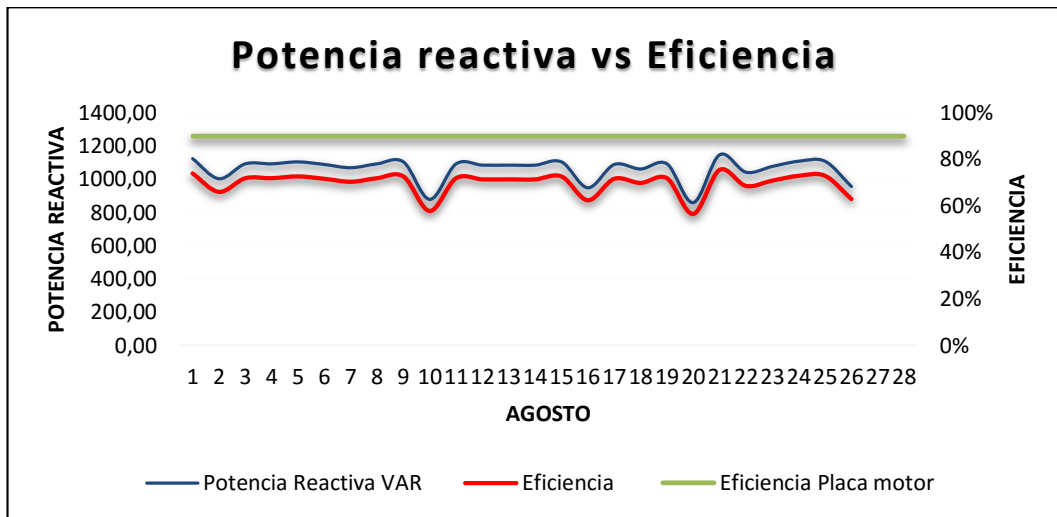
Tonelada - Energía Eléctrica (Kwh)		<u>RGE – SGE- MNI - 03</u>	
2018			
MESES	Producción (Toneladas)	TOTAL MES (KWh)	kWh/ton
ENERO	40.000	<b>1,539,321</b>	38,4
FEBRERO	43.000	<b>1,693,538</b>	39,3
MARZO	49.000	<b>1,859,754</b>	37,9
ABRIL	47.000	<b>1,740,683</b>	37,03
MAYO	47.000	<b>1,750,495</b>	37,2
JUNIO	45.000	<b>1,710,493</b>	38
JULIO	48.000	<b>1,739,848</b>	36,2
AGOSTO	48.000	<b>1,739,028</b>	36,2
SEPTIEMBRE	52.000	<b>1,858,128</b>	35,7
OCTUBRE	57.000	<b>2,045,190</b>	35,8
NOVIEMBRE	50.000	<b>1,860,645</b>	37,2
DICIEMBRE	47.000	<b>1,709,170</b>	36,3

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

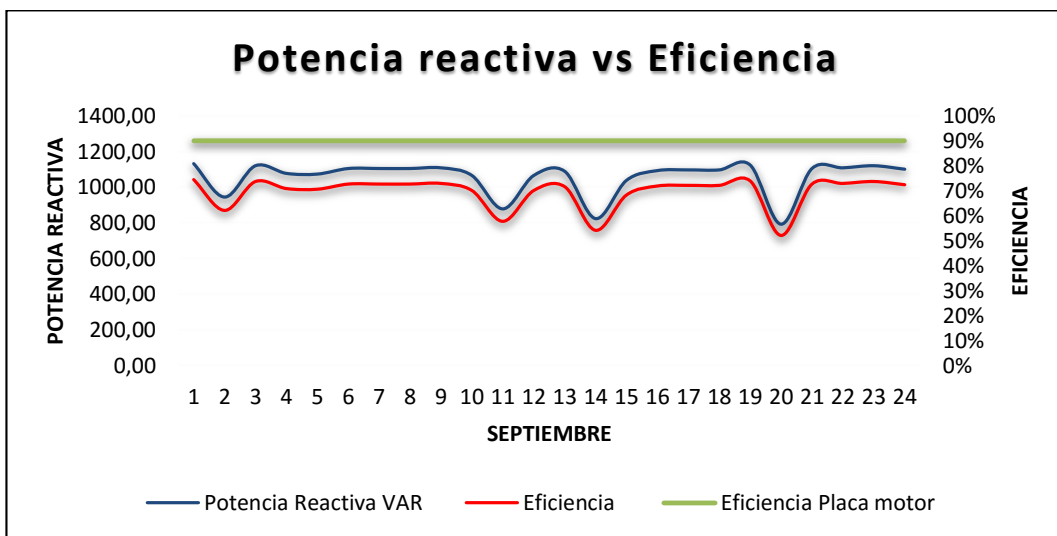
La tabla anterior muestra que en los meses de septiembre, octubre y noviembre son los de mayor consumo energético, debido a las exigencias de producción, en estos

meses las toneladas requeridas son 52,000, 57,000 y 50,000 toneladas respectivamente. En estos meses precisamente el consumo de energía estuvo, por ejemplo: en Septiembre con 1,858, 128 KWh, para el mes de Octubre el consumo de energía incremento a 2,045,190 KWh, para el mes de Noviembre el consumo de energía eléctrica fue de 1,709,170 KWh.

En los gráficos 6 y 7, se observa la medición de la potencia reactiva por día en comparación con la eficiencia del motor.



**Gráfico 6:** Potencia Reactiva vs. Eficiencia (agosto)  
Fuente: (Holcim, 2018)



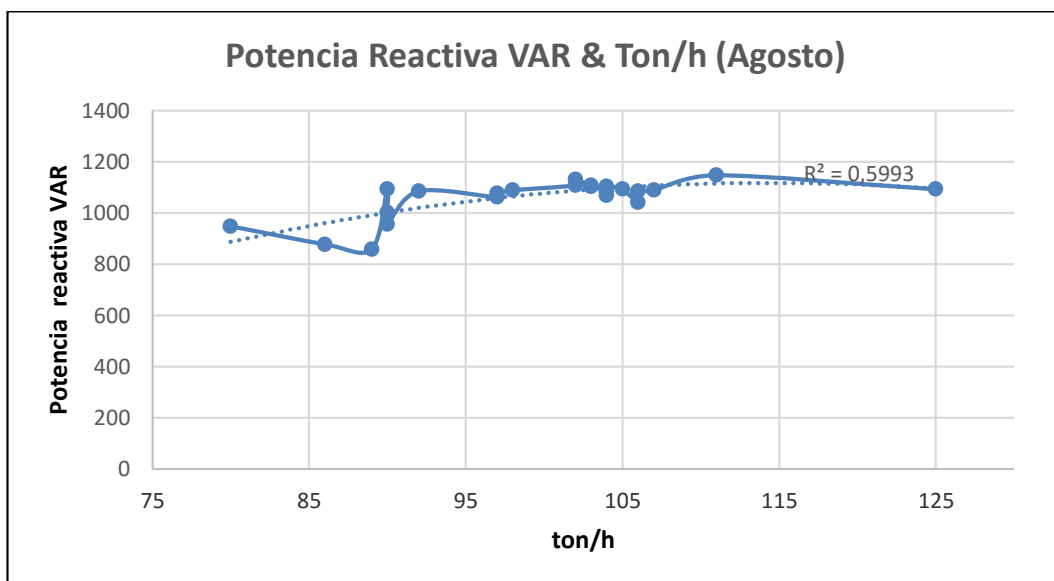
**Gráfico 7:** Potencia Reactiva vs. Eficiencia (septiembre)  
Fuente: (Holcim, 2018)

En el mes de agosto según la gráfica de potencia reactiva versus eficiencia para los datos recopilados de este mes, en el consumo de energía eléctrica se puede afirmar que reflejó una divergencia del 10% aproximadamente con respecto a la eficiencia energética, debido a la disminución de carga por la baja demanda de cemento al no ser una potencia (energía) realmente consumida en la instalación, porque no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo, la planilla de energía reduce con la reducción de esta energía “fantasma”.

Para el mes de septiembre, según la gráfica correspondiente de potencia reactiva versus eficiencia, de los datos recopilados en este mes del consumo energético, se aprecia una equidad al trabajo de los motores y a la carga establecida en cada día de operación; el hecho que la potencia reactiva sea proporcional a la eficiencia establece que el trabajo de los motores y la etapa de molienda está en las condiciones nominales de funcionamiento.

### Diagramas de dispersión

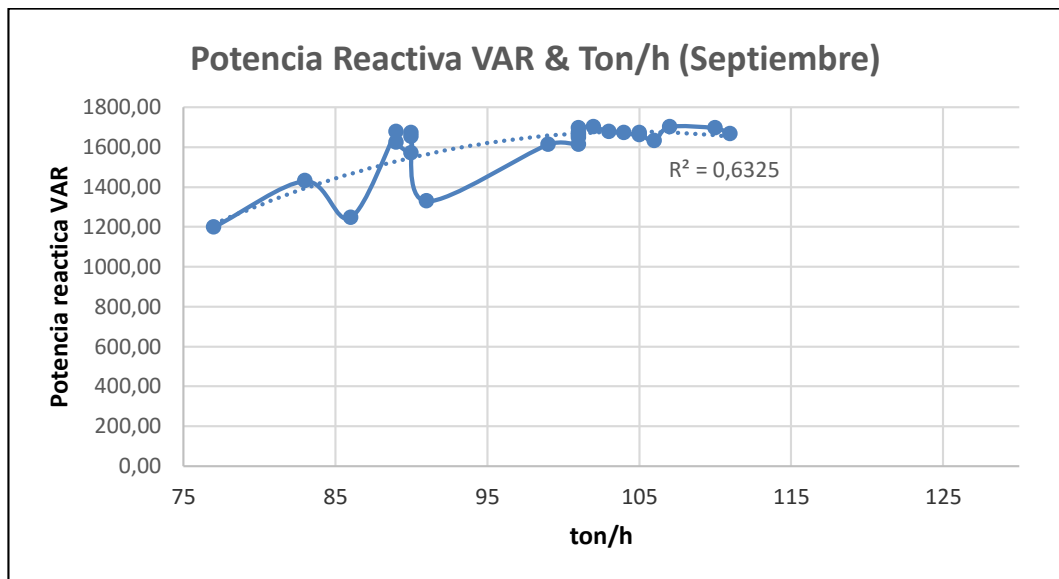
En el gráfico 8 se puede observar la proporcionalidad del proceso de molienda versus la eficiencia energética para el mes de agosto de 2018; con una relación media alta positiva del 60%.



**Gráfico 8:** Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Agosto)  
**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

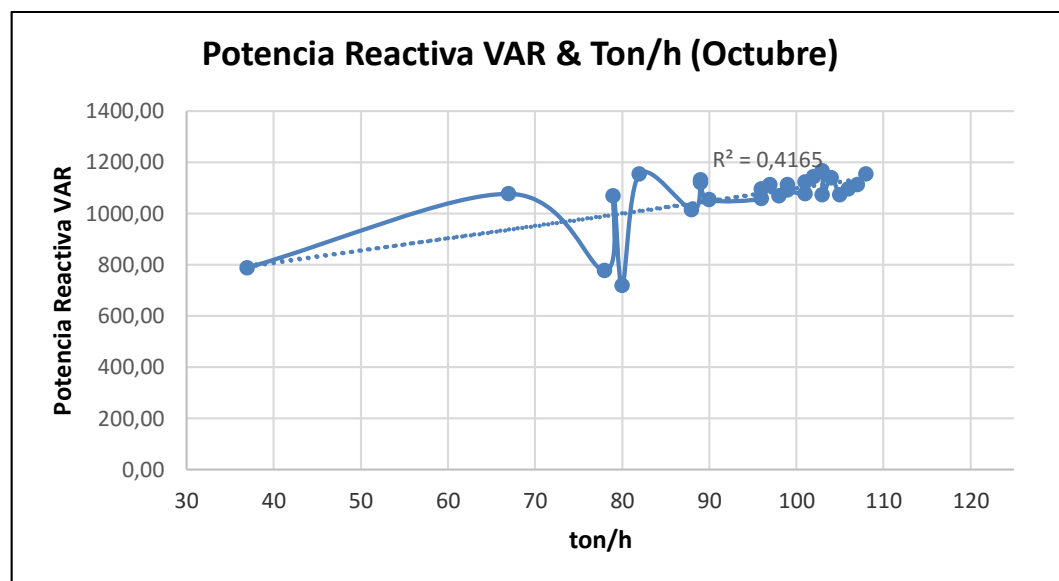


En el gráfico 9 se puede observar la proporcionalidad del proceso de molienda versus la eficiencia energética para el mes de septiembre de 2018; con una relación media alta positiva del 63%.



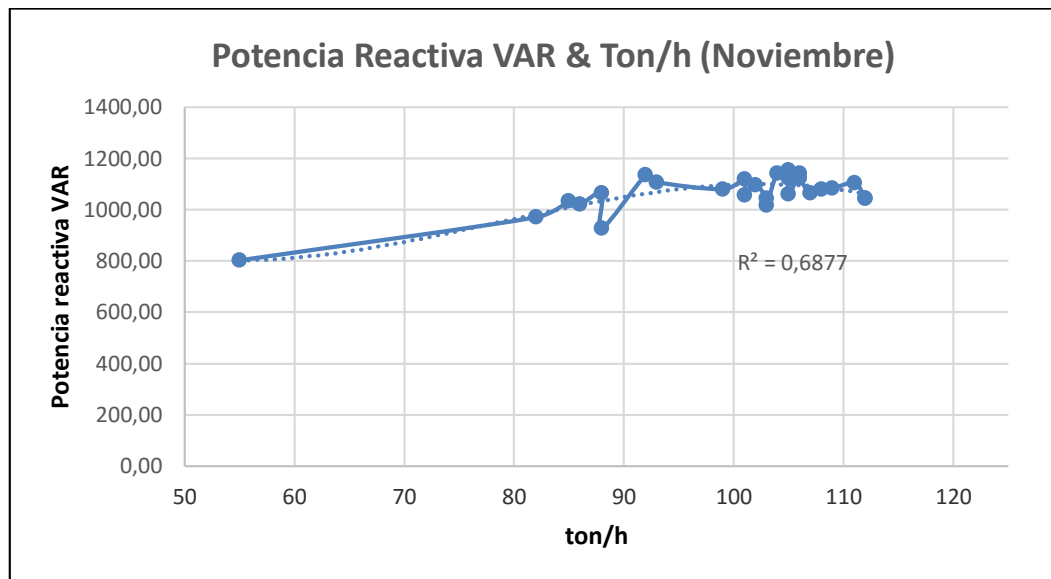
**Gráfico 9:** Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Septiembre)  
**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

En el gráfico 10 se puede observar la proporcionalidad del proceso de molienda versus la eficiencia energética para el mes de octubre de 2018; con una relación media baja positiva del 41%.



**Gráfico 10:** Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Octubre)  
**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

En el gráfico 11 se puede observar la proporcionalidad del proceso de molienda versus la eficiencia energética para el mes de noviembre de 2018; con una relación media alta positiva del 68%.



**Gráfico 11:** Proceso de Molienda VS Eficiencia energética (Noviembre)  
**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

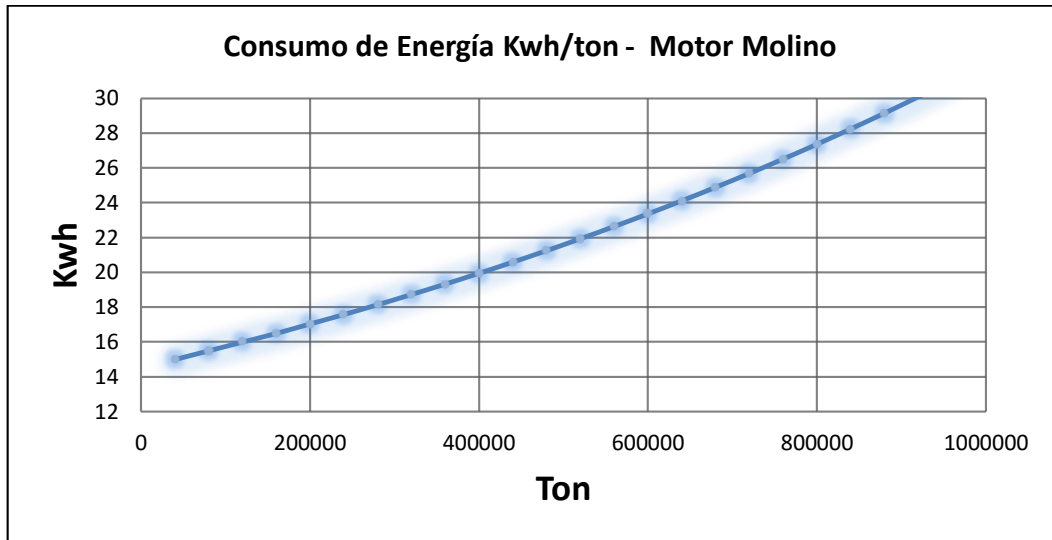
Se puede observar que los datos del proceso de molienda y la potencia reactiva tienen una relación media alta positiva del 65% aproximadamente en los meses de agosto, septiembre y noviembre; mientras que en el mes de octubre llega al 41%. Por ello se verifica que las variables si se encuentran relacionadas.

**Por lo tanto:**

En base al análisis del valor obtenido en el proceso de molienda y la eficiencia energética; se pudo determinar la relación entre variables con valor más significativo en el mes de noviembre del 68%. Por lo que se puede concluir que existe una correlación positiva muy fuerte entre el proceso de molienda y la eficiencia energética.

**Consumo de Energía Eléctrica vs Toneladas producidas**

La gráfica 12 muestra el consumo energético versus las toneladas producidas según las especificaciones de demanda y oferta de la empresa Holcim – Planta Latacunga.



**Gráfico 12:** Consumo energético VS Toneladas producidas  
**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian

El consumo de energía kWh/t es lógico determinar su proporcionalidad con respecto a la producción y la capacidad de toneladas que demanda la planta Holcim Latacunga, la gráfica permite visualizar la linealidad con tendencia creciente que tiene el consumo de energía eléctrica con las toneladas exigidas al motor molino, la etapa de molienda al ser la de mayor consumo de energía, necesita establecer una estrategia que ayude a minimizar las pérdidas de energía. A mayor carga, los motores necesitan mayor consumo de energía y por ende las pérdidas de energía a través de calor y el sobredimensionamiento es mayor, esto refleja en el pago de la planilla mensual en donde los valores financieros son excesivos.

### **Evaluación de desempeño**

La Imagen 5 muestra una captura de pantalla de la Herramienta de Proceso para la Operación de Cemento, cuyas métricas interpretan la evaluación de desempeño por operador en el motor molino como uno de los principales de alto consumo.

1 Usuario		Tracking Tool - Operacion Cemento			Turno#1 0h-8h	Gases
Evaluacion de desempeno		W. MAIGUA				
Parametro evaluado	Proporcion	set Point	Valor	Evaluacion	Range	
Produccion	30.00 %	GU HE MS HS				
Alimentacion	100.00 %	105.00 t/h 90.00 t/h 95.0 t/h	101.16 t/h	96.34 %		
Estabilidad	30.00 %					
Potencia del motor mol.	30.00 %	2300.0 Kw	1928.93 Kw	83.87 %		
Consumo Especifico Bunker	30.00 %	1.10 Gal/ton	1.31 Gal/t	80.98 %		
Consumo Especifico Electrico	40.00 %	32.40 Kw/ton	31.17 Kw/t	100.00 %		
Calidad	40.00 %					
Temp. del cemento	100.00 %	88.00 °C	93.32 °C	100.00 %		
		Evaluacion anterior	94.14 %	Evaluacion actual	95.74 %	

**Imagen 5:** Herramienta de Proceso – Operación de Cemento

**Fuente:** (Holcim, 2018)

En la Imagen anterior se muestra los valores más importantes que dispone el motor molino en la etapa de molienda de la empresa Holcim Latacunga, como se aprecia con el set point que se ubica en 2300 kW, la potencia del motor molino en 1928,93 kW equivalente al 30% del circuito de molienda. En el mismo sentido la Herramienta de Proceso, por medio de la captura de pantalla de la Imagen 6 muestra los indicadores de consumo energético en la operación y de los motores.

CONSUMO ESPECIFICO EQUIPOS PLANTA		
Planta	Mot. 591-VE4	Bunker
32.91 Kwh/t	6.46 Kwh/t	1.28 Gal/ton
Area Molienda	Mot. 591-VE1	Tipo de Cemento
31.33 Kwh/t	1.06 Kwh/t	GU HE MS HS BV
Mot. Molino	Mot. 561-SP1	Camaras Silo Cemento
18.44 Kwh/t	1.74 Kwh/t	C1 C2 C3 C4 C5

**Imagen 6:** Flujo de aire molino vertical

**Fuente:** (Holcim, 2018)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Consumo racional de energía eléctrica

Holcim Planta Latacunga, es una empresa líder en el país y su política de medio ambiente está enfocada en el uso eficiente de los recursos no renovables, de entre los cuales, posiblemente la tecnología de eficiencia en los motores y el empleo de un variador de frecuencia; además de las estrategias de gestión energética, permitirá reducir el consumo de energía eléctrica en el área de molienda de cemento. A continuación, la tabla 19 establece un cuadro resumido de los equipos consumidores del área de molienda de cemento.

**Tabla 19:** Equipos consumidores del área de molienda

Equipos	Potencia Kw	t/h	Kwh/t
Molino	2300	110	20.72
Ventilador 591-VE4	1800	110	7.09
Separador	288	110	0.87
Ventilador 591-VE1	172	110	0.68
Auxiliares	230	110	0.91
<b>TOTAL</b>			30.27

**Fuente:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

Para el área de molienda se establece un consumo específico total de 30,27 Kwh/t. Este es uno de los indicadores a seguir para el control del consumo de energía eléctrica en el área de molienda de cemento para empresa Holcim planta Latacunga. Tanto el motor del separador y ventilador principal, ya cuentan con variadores de velocidad, el único equipo que no cuenta con regulación de velocidad y es el más

grande, es el molino vertical, pero por su diseño del accionamiento; su demanda de torque y potencia demandada por el reductor, por el momento no es posible implementar un accionamiento de velocidad variable.

### **Régimen de trabajo actual del molino de cemento**

Para determinar el régimen de trabajo actual del molino de cemento es necesario calcular el grado de llenado o capacidad del molino de cemento, como se muestra a continuación:

#### **1.- Grado de llenado del molino de cemento**

$$h = 0.16 * D$$

$$h = 0.16 * 4.0 \quad (25 - 45\%) - \text{Óptimo}$$

$$h = 0.64$$

*D: Diámetro interior del molino en (m)*

#### **2.- Velocidad Crítica molino de cemento**

$$nc = \sqrt{\frac{60^2 * g}{4\pi^2 * r}} = \sqrt{\frac{60^2 * 9.81}{4 * 3.14^2 * D/2}} = \frac{42.3}{\sqrt{D}} = \frac{42.3}{\sqrt{4.0}} = 21.16 \text{ rpm}$$

Este valor es la velocidad de rotación crítica en número de vueltas por minutos, para la cual los rodillos verticales no realizan un trabajo útil. El número de vueltas por minuto que en la práctica se aplica de modo general, está comprendido entre el 65-95% de la velocidad crítica.

### 3.- Velocidad del molino de cemento

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} = \frac{32}{\sqrt{4.0}} = 16.0 \text{ rpm}$$

### 4.- Velocidad angular del molino de cemento

$$w = \frac{2\pi * n}{60} = \frac{2\pi * 16.0}{60} = 1.67 \text{ rad/s}$$

### 5.- Volumen del molino de cemento

$$V_p = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$V_p = \frac{\pi * 4.0^2}{4} * 5.20$$

$$V_p = 65.34 \text{ m}^3$$

El volumen total del molino es de  $65.34 \text{ m}^3$

### 6.- Potencia exigida por el molino de cemento en kW

$$P_p = c * G * \sqrt{D}$$

$$P_p = 8.23 * 110 * \sqrt{4.0}$$

$$P_p = 1810.60 \text{ CV} = 1331.7 \text{ kW}$$

$P_p$ : Potencia exigida por el molino de cemento en kW

$c$ : Factor relacionado con el cuerpo moledor y con el grado de llenado

$G$ : Carga en los rodillos verticales en (t)

$$1 \text{ CV} = 0.98 \text{ HP} = 735.5 \text{ W}$$

## 7.- Cálculo del caudal del molino primario

$$Q = q * \frac{a * b * c}{1000} * 6.7 * V * \sqrt{D} * \sqrt{\frac{G}{V}}$$

En la cual:

*q: Caudal específico del molino 40 Kg/kWh*

*a: Coeficiente de morturabilidad*

El coeficiente de morturabilidad expresa cuanto se eleva o disminuye el caudal del molino respecto al obtenido moliendo clínker de homo cuya morturabilidad se iguala a uno. Este mismo coeficiente oscila con su composición mineralógica y depende, ante todo, del contenido de silicato bicálcico, pues cuanto más alto es este más difícil resulta de moler el clínker. Además de que mientras el clínker lleve de 2-3 semanas almacenado en los silos, el porcentaje de silicato bicálcico disminuye.

*b: Factor de corrección para molienda fina*

Este factor depende del residuo del producto molino sobre el tamiz y se establece como  $b = 1$  cuando el residuo es de un 10%.

*c: Factor de corrección por el tipo de molino*

*V: Volumen del recinto de molienda en (m<sup>3</sup>)*

*D: Diámetro interior del molino en (m)*

*G: Peso de los cuerpos moledores en (t)*

$$Q = 40 * \frac{1.2 * 1.09 * 1.4}{1000} * 6.7 * 65.34 * \sqrt{4.0} * \sqrt{\frac{110}{65.34}}$$

$$Q = 83.21 \text{ t/h}$$



## Distribución de los consumos en el área de molienda de cemento

La tabla 20 muestra las características de la línea de cemento número uno.

**Tabla 20:** Características de la línea de cemento N° 1

Acciona	Fabricante	Pot.	Amp.	Volt.	R.P.M.
Motor Separador (Secundario)	SIEMENS	288 Kw	430	460	1784
Motor Molino (Principal)	SIEMENS	2300 Kw	940	4160	893
Ventilador 591-VE1	Delta Delfini	172 Kw	18	460	1176
Ventilador 591-VE4	VENTI-OELDE	1800 Kw	190	460	890

Fuente: Maigua Valenzuela Willian

La tabla 21, muestra las características de la línea de cemento general.

**Tabla 21:** Características de la línea de cemento general

Acciona	Fabricante	Pot.	Amp.	Volt.	R.P.M.
Motor Separador (Secundario)	SIEMENS	288 Kw	430	460	1784
Motor Molino (Principal)	SIEMENS	2300 Kw	940	4160	893
Ventilador 591-VE1	Delta Delfini	172 Kw	18	460	1176
Ventilador 591-VE4	VENTI-OELDE	1800 Kw	190	460	890
Motor compresor	ABB	55 Kw	86	460	3565

Fuente: Maigua Valenzuela Willian

## Modelo de gestión de ahorro de energía

A continuación se propone un modelo de gestión de ahorro de energía, para establecer factores de eficiencia energética, que ayuden a reducir el consumo de electricidad en la etapa de molienda de la empresa Holcim Planta Latacunga.

## **Génesis del modelo**

Para lograr un modelo que afronte el reto de eficiencia y ahorro de energía, se recurre a un proceso participativo donde las acciones individuales y de las áreas funcionales, sean la fuente del logro de objetivos y estén focalizados en la visión de la empresa cementera.

El modelo también surgió del análisis de los diferentes casos que se presentaron en la empresa en estudio, como los altos consumos de electricidad en los procesos de molienda, pérdidas de energía por entradas de aire falso y pérdidas de calor por radiación en los motores de la etapa de molienda. La necesidad de ahorrar energía, el análisis bajo un criterio sistémico y de relación causa efecto llevo a desarrollar las varias etapas del modelo.

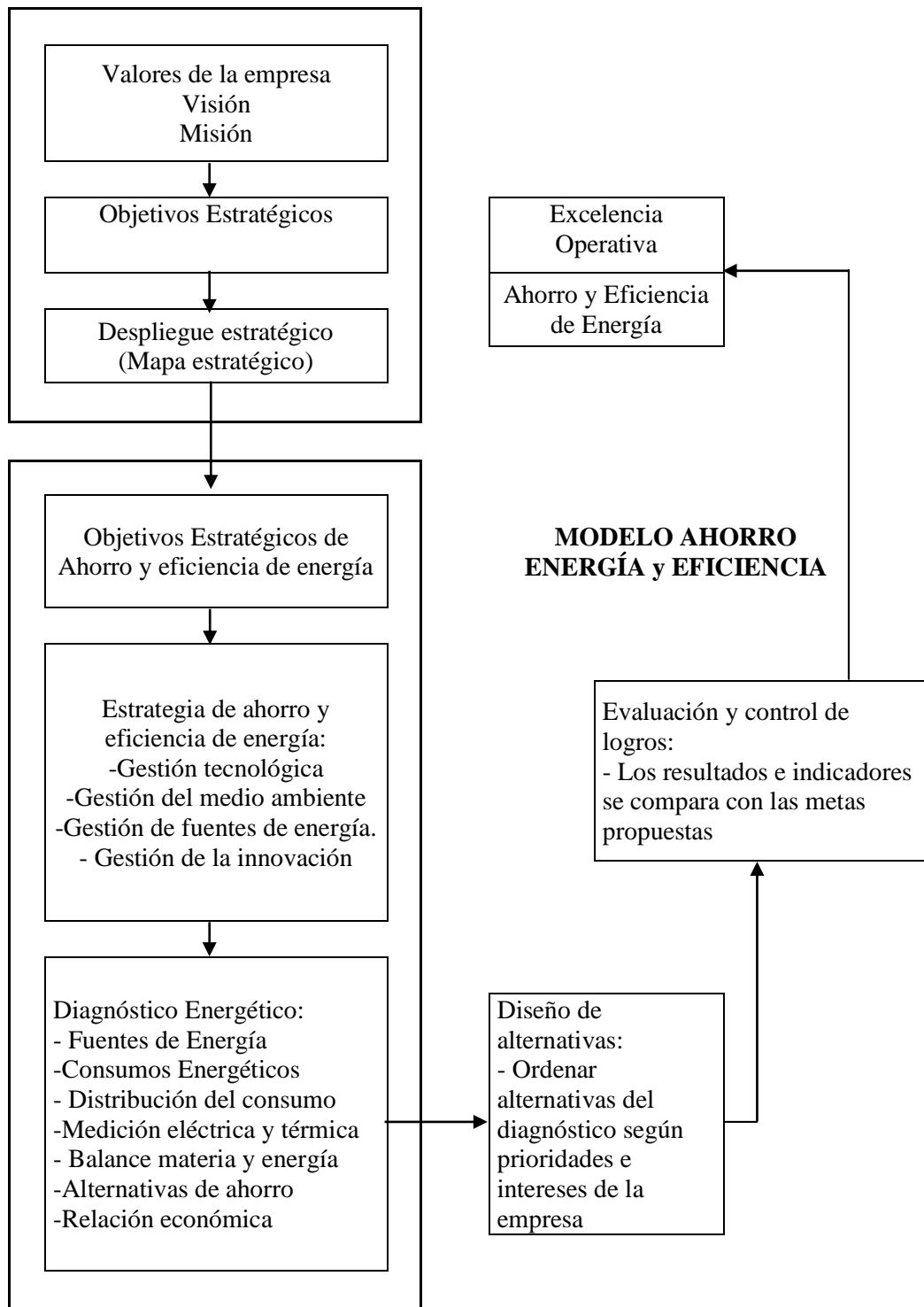
## **Estructura del Modelo**

La estructura del modelo propuesto para el ahorro y eficiencia de energía está dada en el Gráfico 8. En este sentido, el modelo propuesto considera las etapas siguientes:

1. Análisis de la declaración de la misión y visión de la empresa Holcim Planta Latacunga, permite enfocarse dentro de los objetivos organizacionales.
2. Revisión de los objetivos estratégicos y despliegue; buscando el compromiso de todos los miembros a través del alineamiento de los objetivos individuales a los empresariales.
3. Definición de las relaciones de causa y efecto de los objetivos en las diversas perspectivas.
4. Definición de los alcances del objetivo “Ahorro y Eficiencia Energética”, sus metas, indicadores e iniciativas estratégicas.
5. Determinación de la estrategia del ahorro y eficiencia de energía.
  - Determinar el estado tecnológico y empresarial.
  - Determinar las fuentes de energía.
  - Determinar proyectos estratégicos.

6. Ejecución del Diagnóstico Energético.
  - Definir condiciones reales y de diseño de los equipos y procesos.
  - Evaluar las diferencias entre valores de diseño y los datos reales.
  - Realizar una evaluación detallada de los consumos de energía por equipos.
  - Comparar resultados con los de diseño.
  - Determinar causas de las diferencias.
  - Plantear alternativas de solución.
  - Evaluación técnico económica.
7. Implementación de alternativas.
8. Evaluación y control de logros.
  - Comparar resultados con metas de objetivo estratégico.
9. Determinar el logro de Excelencia Operativa al cumplir los objetivos estratégicos y tener menores costos de fabricación.

A continuación se muestra la medición del nivel de excelencia operativa



**Gráfico 13:** Modelo para el Ahorro y Eficiencia de energía

**Fuente:** Maigua Valenzuela Willian

## **Aplicación del modelo en la industria cementera**

### **A.- Valores de la Empresa**

Para lograr visualizar las interrelaciones de los objetivos organizacionales con los objetivos en los diversos niveles, se desarrolló el diagrama del Gráfico 9, al desplegar e informar los objetivos a los miembros de la empresa, se busca el compromiso y comprobar que sus esfuerzos se traducen en logros concretos, favoreciendo la cultura de ahorro y eficiencia de energía. De la misión y visión se desprende los objetivos estratégicos:

#### **Misión**

Satisfacer a nuestros clientes suministrando productos y servicios de alta calidad y precios competitivos, protegiendo nuestros derechos empresariales dentro del marco legal y creando valor para nuestros accionistas, nuestros trabajadores y la sociedad en general.

#### **Visión**

Ser siempre una empresa líder en el mercado nacional y alcanzar una posición competitiva a nivel mundial.

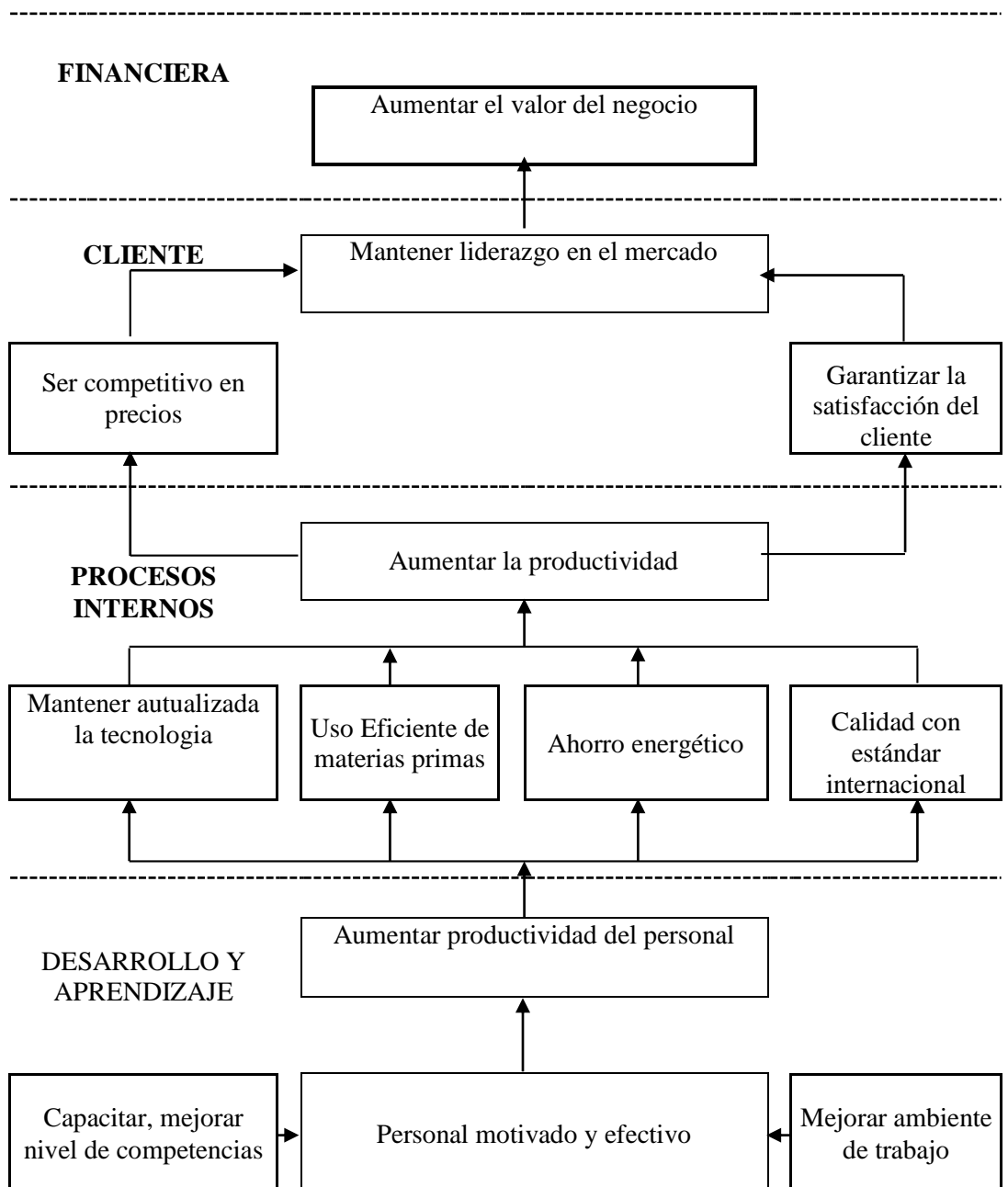
#### **Objetivos estratégicos**

De la misión, valores y estrategias de la organización se despliega las relaciones causa efecto para los objetivos estratégicos.

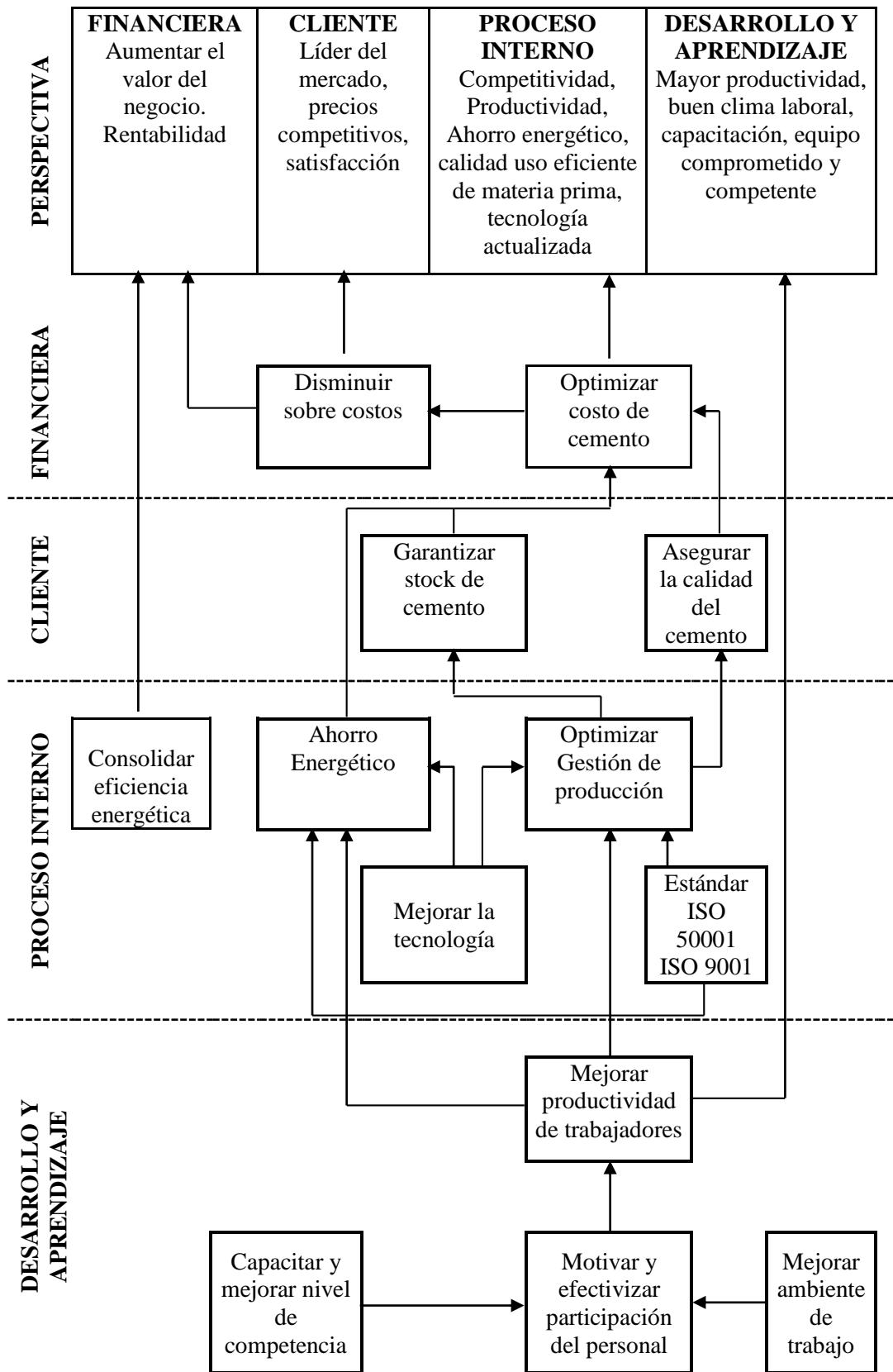
#### **Despliegue estratégico**

El diagrama de causa efecto que despliega los objetivos a un nivel menor se muestra en el gráfico 14.

<b>PERSPECTIVAS</b>	<b>FINANCIERA</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>PROCESOS INTERNOS</b>	<b>DESARROLLO Y APRENDIZAJE</b>
	Aumentar el valor del negocio, Rentabilidad	Líder del mercado satisfacción del cliente	Competividad, Productividad, Ahorro energético, Calidad, Tecnología actualizada	Mayor productividad, buen clima laboral, capacitación, equipo comprometido y competente



**Gráfico 14:** Diagrama Causa Efecto del despliegue de objetivos  
**Fuente:** Maigua Valenzuela Willian



**Gráfico 15:** Diagrama Causa Efecto de objetivos estratégicos de Producción  
**Fuente:** Maigua Valenzuela Willian

## Objetivo estratégico de ahorro energético

Para el objetivo de Ahorro de Energía, la empresa Holcim Planta Latacunga base del estudio propuso objetivos y metas que debían lograrse, en la tabla 22 se encuentra sus indicadores, metas e iniciativas necesarias para el logro de los objetivos.

**Tabla 22:** Metas del objetivo ahorro de energía

Objetivos Estratégicos	Objetivo	Indicador	Meta	Iniciativa
Crecimiento económico Líder en mercado Satisfacción en el cliente Ser competitivos Productividad Calidad <b>Ahorro energético</b> Empleados motivados y comprometidos Capacitación Buen ambiente de trabajo	Reducir en molienda de cemento	kWh/tm cemento	10 kWh/tm	Auditoría energética Mejorar gestión energética y mantenimiento de motores

Fuente: Maigua Valenzuela Willian

## Estrategias de Ahorro de energía

La tabla 23, muestra las iniciativas estratégicas en el proceso de fabricación del cemento en la empresa Holcim Planta Latacunga.

**Tabla 23:** Iniciativas estratégicas

Proceso	Molienda de cemento
Objetivo	Reducir tamaño del clínker y ahorro de energía
Indicador	Blane, $cm^2/g$ kWh/ton
Metas	1033 $cm^2/g$ -5% kWh/ton
Inductor	Control de procesos
Iniciativa estratégica	Programa de monitoreo continuo

Fuente: Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga



## **Pautas para la implantación del modelo**

Para lograr la implantación del modelo se debe partir de la visión, misión y valores organizacionales, definir los objetivos estratégicos, lo que permitirá desdoblar los objetivos para el proceso de molienda donde se estipulará el modelo. Debe seguirse los pasos siguientes:

1. Analizar la visión y misión, así como los objetivos estratégicos y principales políticas, buscando el apoyo de la alta gerencia.
2. Realizar el despliegue de los objetivos estratégicos de la empresa hasta llegar a los objetivos de las unidades operativas. Hacer uso de las relaciones causa - efecto.
3. Formar un equipo responsable para la gestión energética que reporte a la gerencia representante de la administración. Deberá estar compuesto por representantes de producción, mantenimiento, logística y de ingeniería.
4. Este equipo de gestión energética determinará requerimientos adicionales de capacitación y de asesorías internas y externas.
5. Definir los alcances del diagnóstico energético.
6. Realizar la difusión de los objetivos y la información necesaria a todos los involucrados.
7. Determinar metas, indicadores e iniciativas estratégicas necesarias.
8. Llevar a cabo el diagnóstico energético.
9. Desarrollar la estrategia a seguir para lograr el ahorro y eficiencia de energía.
10. Efectuar el análisis técnico económico de las alternativas escogidas.
11. Ejecutar la implantación de las alternativas.
12. Monitorear y evaluar las alternativas.
13. Comparar los resultados obtenidos con las metas e indicadores del objetivo estratégico.

El modelo estratégico de eficiencia energética, ayudará a la empresa Holcim Planta Latacunga a verificar el estado de su consumo energético, además de practicar metodologías de gestión energética que puedan mitigar el alto consumo energético.

## **Alternativas de ahorro energético en la etapa de molienda**

La necesidad de energía en el mundo y la conciencia global por el cambio climático, propician controlar muy de cerca las industrias altas consumidoras de portadores energéticos, y la industria cementera se encuentra entre una de ellas. Para esto se están tomando medidas a corto, mediano y largo plazo en dependencia de las posibilidades económicas y administrativas, de manera que estas operen más eficiente y aporten con el ahorro energético. Algunas de estas medidas tomadas con respecto al ahorro y eficiencia energética referente a los molinos de cemento:

- Aprovechamiento de las fuentes de energía que se desechan en el proceso como calor, ruido y vibraciones.
- Operaciones de las áreas de consumos en “contienda energéticas” si la producción lo permite.

## **Posibles formas de recuperación de calor a la salida del molino**

En la fábrica de cemento Holcim Planta Latacunga, se puede experimentar con un nuevo tipo de cemento, cemento Hidrófugo. A este tipo de cemento se le adiciona alguna cantidad de cera de caña proporcionándole a este una mayor fraguabilidad y a su vez una mejor calidad a la hora de trabajar con el mismo.

La producción del cemento de nuevo tipo Hidrófugo puede permitir usar el calor de pérdidas que se presenta en el molino como fuente de energía para la fusión de la cera en un dosificador, que tiene como temperatura de fusión de 70 a 75 °C y a su vez la dosificación sea la correcta.

### **1.- Pérdidas de calor en la salida del molino**

$C_1$ : Calor a la salida del molino en (kWh)

$Q$ : Caudal del molino en (kg/h)

$C_e$ : Calor específico del cemento en (kcal/kg°C)

$T_{ent}$ : Temperatura de entrada del molino en ( $^{\circ}C$ )

$T_{sal}$ : Temperatura de salida del molino en ( $^{\circ}C$ )

1 kWh – 860 kcal

$$C_1 = \frac{Q * C_e * (T_{sal} - T_{ent})}{860}$$

$$C_1 = \frac{110000 * 0.185 * (95 - 27)}{860}$$

$$C_1 = 1609.1 \text{ kWh}$$

## 2.- Pérdidas de calor por radiación en el tambor de molienda

$C_2$ : Cantidad de calor desprendido por radiación en las paredes del molino en (kWh)

$A$ : Área exterior del tambor en ( $m^2$ )

$F_r$ : Radiación del tambor de molienda en (kcal/kg $^{\circ}C$ )

$D$ : Diámetro del tambor en (m)

$h$ : Largo del tambor en (m)

$$A = \pi * D * h$$

$$A = 3.14 * 5.6 * 13.80$$

$$A = 242.7 \text{ m}^2$$

$$C_2 = \frac{A * F_r}{860}$$

$$C_2 = \frac{242.7 * 200}{860}$$

$$C_2 = 56.4 \text{ kWh}$$

Total de pérdidas de calor:

$$C_t = C_1 + C_2$$

$$C_t = 1609.1 + 56.4$$

$$C_t = 1665.5 \text{ kWh}$$

$$\frac{1665.5 * 100}{2300} = 72.4\%$$

En el molino separador según las fórmulas tomadas del manual tecnológico del cemento por la salida del molino se pierden 1609.1 kWh de energía en forma de calor, a través del carapacho exterior se pierde por radiación 56.4 kWh. Teniendo

en cuenta que el molino necesita una potencia de 2300 kW, estas pérdidas representan un 72.4% de la potencia absorbida por el molino.

### 3.- Pérdidas de calor en la salida del molino de cemento

$Q$ : Caudal del molino en (kg/h)

$C_e$ : Calor específico del cemento en (kcal/kg °C)

$T_{ent}$ : Temperatura de entrada del molino en (°C)

$T_{sal}$ : Temperatura de salida del molino en (°C)

1kWh – 860 kcal

#### Motor molino:

$C_{1P}$ : Cantidad de calor a la salida del molino cemento en (kWh)

$$C_{1P} = \frac{Q * C_e * (T_{sal} - T_{ent})}{860}$$

$$C_{1P} = \frac{83210 * 0.185 * (95 - 27)}{860}$$

$$C_{1P} = 1217.2 \text{ kWh}$$

### 4.- Pérdidas de calor por radiación en el tambor de molienda

$C_{2P}$ : Cantidad de calor desprendido por las paredes del molino en (kWh)

$A_p$ : Área exterior del tambor en (m<sup>2</sup>)

$F_r$ : Radiación del tambor de molienda en (kcal/kg °C)

$D$ : Diámetro del tambor en (m)

$h$ : Largo del tambor en (m)

$$A_p = \pi * D * h$$

$$A_p = 3.14 * 4.0 * 3.80$$

$$A_p = 47.7 \text{ m}^2$$

$$C_{2P} = \frac{A * F_r}{860}$$

$$C_{2P} = \frac{47.7 * 200}{860}$$

$$C_{2P} = 11.1 \text{ kWh}$$

Total de pérdidas de calor:

$$C_t = C_{1P} + C_{2P}$$

$$C_t = 1217.2 + 11.1$$

$$C_t = 1228.3 \text{ kWh}$$

$$\frac{1228.3 * 100}{2300} = 53.4\%$$

En el molino principal se absorbe una potencia de 1228.3 kWh según los cálculos realizados por el manual tecnológico del cemento, de ello se pierden 1217.2 kWh de energía lo que representa un 53.4% en forma de calor por la salida del molino y por radiación en las paredes del mismo.

### **Método de evaluación de eficiencia en sitio por separación de pérdidas**

La empresa cementos Holcim Planta Latacunga dentro de la evaluación que se realizó en cuanto a la gestión de motores demostró que dentro de las actividades de gestión no está incluido el seguimiento de la eficiencia en los motores. Por esta razón la empresa no tiene un indicador del rendimiento de sus máquinas y por ende los costos de producción por concepto de energía eléctrica consumida por motores eléctricos, no tienen un control adecuado que les permita a los procesos y sub procesos ser más eficientes.

Debido a esto se pretende mostrar una opción que le permita a la empresa Holcim Planta Latacunga llevar un registro de las eficiencias e identificar los motores que debido a su baja eficiencia generan pérdidas de energía eléctrica y problemas de tipo ambiental.

Para la evaluación de eficiencia en sitio del motor se optó por utilizar el método de separación de pérdidas y se toma como caso de estudio el motor principal de la

etapa de molienda MOTOR SIEMENS 1RR1714 al cual se le realizaron las mediciones pertinentes para el cálculo de la eficiencia en sitio.

$$P_{fe} + P_{fv} = (3.5 - 4.2\%) \quad \text{De la potencia de entrada}$$

$$P_{fe} = \text{Pérdida en el hierro}$$

$$P_{fv} = \text{Pérdida por fricción y ventilación}$$

De acuerdo a la norma IEEE112 2004 sección 5.74

$$P_{LL} = 1.8\% \quad \text{De la potencia de entrada}$$

Para motores menores de 1 – 90 kW

### Cálculos

$$P_1 = \text{Potencia de entrada}$$

$$P_1 = 20,72$$

$$P_{out1} = \text{Pérdidas en el devanado del estator}$$

$$P_{out1} = 3xI^2xR$$

$$P_{out1} = 3 * 32.86^2 * 0.108$$

$$P_{out1} = 0.35 \text{ kW}$$

Como se dijo anteriormente las pérdidas en el hierro más las pérdidas por fricción y ventilación son (3.5% a 4.2%) de la potencia de entrada, según la norma (método E1 IEEE 112 2004).

$$P_{fe} + P_{fv} = \frac{(3.5 * 20.72 \text{ kW})}{100}$$

$$P_{fe} + P_{fv} = 0.725 \text{ kW}$$

$$P_a = \text{Potencia de entrada al motor}$$

$$P_a = P_1 - P_{out}$$

$$P_a = 20.72 \text{ kW} - 0.35 \text{ kW}$$

$$P_a = 20.37 \text{ kW}$$

$$S = \frac{n_s - n_m}{n_s}$$

$$S = \frac{893 \text{ rpm} - 868 \text{ rpm}}{893 \text{ rpm}}$$

$$S = 0.028$$

$P_{out2}$  = Pérdidas en el devanado del rotor

$$P_{out2} = S * P_a$$

$$P_{out2} = 0.028 * 20.37 \text{ kW}$$

$$P_{out2} = 0.5703 \text{ kW}$$

$P_{LL}$  = Pérdidas adicionales con carga

$$P_{LL} = 1.8\%$$

De la potencia nominal de

salida

Potencia nominal de salida = 23.40 kW

$$P_{LL} = \frac{1.8 * 23.40 \text{ kW}}{100}$$

$$P_{LL} = 0.4212 \text{ kW}$$

$P_{\text{pérdidas totales}} = P_{out1} + P_{fv} + P_{out2} + P_{LL}$

$P_{\text{pérdidas totales}} = 0.35 \text{ kW} + 0.725 \text{ kW} + 0.5703 \text{ kW} + 0.4212 \text{ kW}$

$P_{\text{pérdidas totales}} = 2.0665 \text{ kW}$

$$n = 1 - \left( \frac{P_{\text{totales}}}{P_1} \right) * 100$$

$$n = 1 - \left( \frac{2.0665 \text{ kW}}{20.72 \text{ kW}} \right) * 100$$

$$n = 90.03 \%$$

El cálculo en las pérdidas del motor en el devanado del estator y del rotor, son parte de la energía que debería ser considerada en una auditoría energética.

## **Determinación de los potenciales de ahorro**

El consumo eléctrico en la molienda en las instalaciones de Holcim Planta Latacunga, tiene un valor medio del 45% del consumo eléctrico global de la fábrica. Salvo en lo referente al aprovechamiento de los gases no existen diferencias esenciales entre los sistemas de molturación del crudo y del clinker. Los molinos de rodillos verticales son máquinas de elevado consumo de energía. Solamente una cantidad inferior a la décima parte de la energía eléctrica suministrada, es empleada propiamente en el desmenuzamiento de los materiales. En consecuencia más del 90.03% de la energía consumida se derrocha durante este proceso y es disipada básicamente en forma de calor, ruido o vibración.

### **Molino de cemento:**

En el molino de cemento es un circuito cerrado de un molino, el cual presenta un alto consumo en cuanto a diseño, presenta un motor de 2300 kW de potencia de la cual según el manual tecnológico del cemento el molino solo requiere unos 1331.7 kW más la potencia que requiere la transmisión mecánica por lo que se pierden por sobredimensionamiento 968.3 kW de potencia.

Otra de las principales causas es mediante el calor que se pierde en las paredes del molino y a la salida de este. Esta pérdida asciende a un valor notable de 1228.3 kWh lo que representa el 53.4% de la energía absorbida por el molino.

En el mismo sentido las pérdidas de energía del motor, como las pérdidas en el hierro, pérdidas por fricción y ventilación, pérdidas en el devanado del estator y rotor, o las pérdidas con carga implican un valor de pérdidas totales de 2.07 kW en la operatividad del motor.

### **Repercusión económica del aprovechamiento de las pérdidas de calor:**

Para las tarifas actuales por las que se rige la fábrica de cemento en el Ecuador, tales como:



0.10 \$/kWh: *Horario de mayor consumo (Hora pico)*

0.09 \$/kWh: *Horario durante el día que no sea hora pico*

0.04 \$/kWh: *Horario de la madrugada*

Teniendo en cuenta las diferentes tarifas en los distintos horarios, para el molino de cemento si esta energía se aprovechara, representaría:

**Molino de cemento sobredimensionamiento:**

Horario pico: 96.83\$ la hora

Horario durante el día: 87.15\$ la hora

Horario de la madrugada: 38.73\$ la hora

**Molino de cemento pérdidas de energía térmica:**

Horario pico: 122.83\$ la hora

Horario durante el día: 110.55\$ la hora

Horario de la madrugada: 49.13\$ la hora

**Molino de cemento pérdidas de energía en el motor:**

Horario pico: 0.21\$ la hora

Horario durante el día: 0.19\$ la hora

Horario de la madrugada: 0.08\$ la hora

**Práctica de las 5S como estrategia de gestión de eficiencia energética**

Las 5S buscan una mayor eficiencia en las operaciones industriales, para el caso de la industria cementera Holcim Planta Latacunga, a través de una mejor organización del entorno de la etapa de molienda y el consumo de energía eléctrica. Funcionan, porque al mejorar las condiciones de trabajo, la actividad laboral se realiza de forma más ordenada, segura, rápida y limpia, mejorando la productividad y promoviendo la cultura de eficiencia energética.

**Seiri (Clasificación):** Aplicar Seiri obtiene beneficios inmediatos. Libera el espacio de trabajo, que resulta más despejado y fluido; mejora visibilidad y seguridad del entorno; evita problemas de espacio y reduce el tiempo de búsqueda del material, agilizando procesos.

**Seiton (Orden):** La aplicación del Seiton evita errores facilitando el acceso al material de trabajo. Beneficia tanto a trabajadores y la propia empresa, ya que se ahorra tiempo y pérdida de stock.

**Seiso (Limpieza):** La higiene del área de trabajo es responsabilidad de cada trabajador y una parte fundamental del trabajo en sí. Seiso no se refiere únicamente a la limpieza en el sentido estético, también al mantenimiento maquinaria y equipos. Seiso es limpieza y mantenimiento, entendidos como una parte de las labores rutinarias diarias. Sirve para prevenir averías o contaminación y mejorar la seguridad o la eficiencia energética para el caso de la molienda de cemento.

**Seiketsu (Estandarización):** De nada sirve conseguir la implantación de las tres primeras S si no se pueden mantener. Seiketsu se refiere al proceso que permite conservar los logros alcanzados, estableciendo normas o formatos de mantenimiento, para el caso de motores en la etapa de molienda de cemento.

**Shitsuke (Disciplina):** Implica crear un ambiente de respeto a normas y métodos de trabajo establecidos. Las buenas prácticas laborales llegarán a convertirse en un hábito que beneficia el mantenimiento industrial en general.

En síntesis, aplicar el método de las 5S, en el entorno industrial ligado a la fabricación de cemento, mejora notablemente las condiciones de trabajo, lo que redundará en la productividad y facilita el mantenimiento industrial global, así como la eficiencia energética gracias a la prevención y corrección de averías en los motores, equipos y maquinaria que provocan el consumo energético excesivo. Existen estrategias y sistemas de gestión de eficiencia energética, así como buenas prácticas de manufactura (BPM), que coordinan el desarrollo de una empresa a las exigencias y estándares internacionales y nacionales.

La empresa Holcim Planta Latacunga, debe inducirse en el ámbito de los sistemas de gestión industrial orientados a la eficiencia energética como la metodología de las 5S, cuyo propósito facilita el mantenimiento de los motores eléctricos causantes del alto consumo de energía en la fabricación del cemento. A continuación se presenta el proceso de práctica de las 5S en esta empresa.

La tabla 24 muestra el análisis de errores identificados de la mala práctica de las 5S, además de identificar los requerimientos necesarios para la aplicación de las 5S para el mejoramiento de la eficiencia energética en la etapa de molienda de la producción de cemento.

**Tabla 24:** Análisis de la práctica de las 5S en la planta Holcim


	<b>EMPRESA HOLCIM PLANTA LATACUNGA</b>		Fecha: 13-02-2019		
			Responsable: Willian Maigua		
	<b>METODOLOGÍA 5S</b>		Hora: 11:25 A.M.		
N° Operarios: CINCO					
<b>OBJETIVO:</b> Aplicar la metodología de las 5S para mejorar la eficiencia energética en la etapa de molienda.					
<b>CRITERIOS E INDICADORES</b>		<b>ESCALA</b>			
		<b>Siempre</b>	<b>A veces</b>	<b>Casi nunca</b>	<b>Nunca</b>
<b>1.- SEIRI U ORDENAR</b>					
Existen elementos innecesarios en la etapa de molienda de cemento		X			
Mantienen equipos dañados en la etapa de molienda de cemento			X		
Los desperdicios inorgánicos se desechan diariamente de la etapa de molienda		X			
La materia prima y/o clínker es factible al proceso de molienda			X		
La maquinaria está en óptimas condiciones para el proceso de molienda				X	
<b>2.- SEITON U ORGANIZAR</b>					
El clínker se encuentra disponible y organizada para entrar en el molino		X			
Se manejan archivadores para la documentación de mantenimiento de molinos			X		
Los equipos de medición de eficiencia energética son utilizados en la molienda		X			
El proceso de producción de cemento en la parte de molienda es tecnificado				X	
Las actividades de mantenimiento de equipos y maquinaria están enfocados en el uso de formularios					X

Tabla continúa en la página 123

<b>3.- SEISO O LIMPIAR</b>				
Los uniformes de los trabajadores permanecen limpios		X		
Se realiza limpieza a la planta de producción y la etapa de molienda		X		
Antes y después de cada producción se revisan y registran la criticidad de equipos	X			
Los trabajadores utilizan protección higiénica (casco, mascarillas, guantes)		X		
Existe un control de limpieza en los molinos y motores de la etapa de molienda			X	
<b>4.- SEIKETSU O ESTANDARIZAR</b>				
Mantienen estandarizados los procesos de producción del cemento			X	
Los trabajadores respetan la limpieza de su área de trabajo		X		
Mantienen el orden de los equipos y herramientas necesarios en la molienda de cemento	X			
Existe la capacitación técnica de los trabajadores en sistemas de calidad industrial				X
Existe control y regulación en la materia prima y el cemento elaborado.				X
<b>5.- SHITSUKE O DISCIPLINA</b>				
Los trabajadores respetan su jornada laboral	X			
Los trabajadores cumplen con la producción designada	X			
Los trabajadores utilizan los uniformes asignados por Holcim Planta Latacunga			X	
Se cumplen los derechos y obligaciones del trabajador en Holcim Planta Latacunga		X		
El trabajador es sancionado o premiado por los resultados de su trabajo				X
<b>RESUMEN GENERAL</b>				
<b>Siempre:</b>	8			
<b>A veces:</b>	8			
<b>Casi nunca:</b>	5			
<b>Nunca:</b>	4			
		<b>NOTA:</b> Para dejar constancia de la veracidad de la información obtenida, firman el Gerente General y el postulante.		
.....		.....		
Ing. Danny Totoy		Willian Maigua		

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

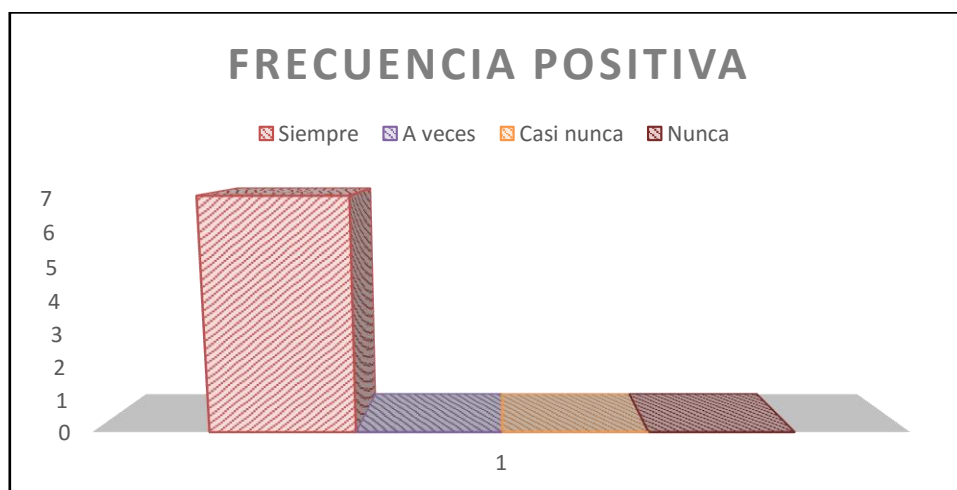
De acuerdo a la sumatoria de colores, se pudo obtener la incidencia empírica que tiene cada principio que conforma la estrategia de las 5S, dichas cuantificación y cualificación de variables afectan de manera positiva y negativa a los procesos de producción en la etapa de molienda de la empresa Holcim Planta Latacunga. En base a lo obtenido se puede observar que la empresa Holcim Planta Latacunga necesita el proceso de práctica 5S sea ejecutado. La tabla 25 muestra la escala de frecuencia del análisis 5S efectuado en la fábrica de cemento.

**Tabla 25:** Escala de frecuencia de las 5S

ESCALA	FRECUENCIA	
	POSITIVA	NEGATIVA
Siempre	7	1
A veces	0	8
Casi nunca	0	5
Nunca	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>18</b>

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

El gráfico 16 muestra la escala de frecuencia positiva.




**Gráfico 16:** Escala de frecuencia positiva

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

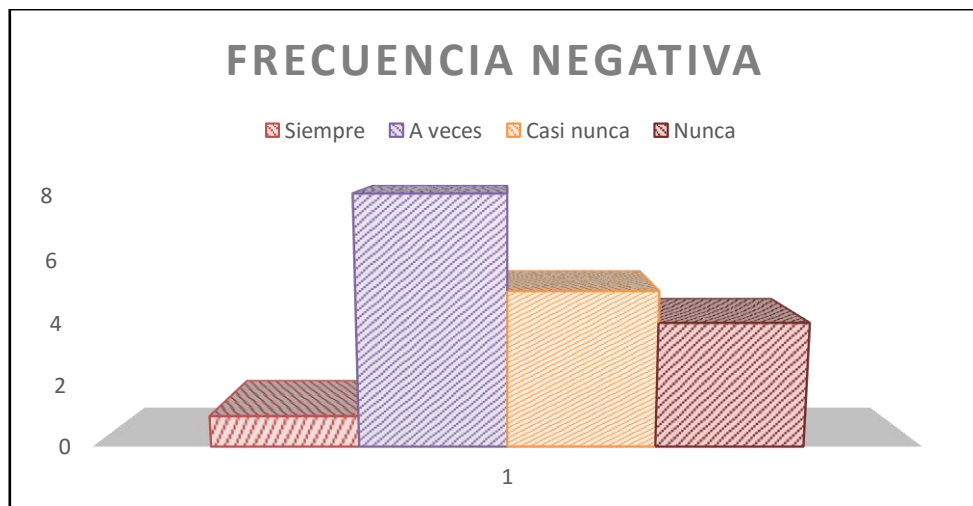
Las actividades analizadas en cada principio se consideraron como un factor positivo, siempre y cuando se ejecuten a cabalidad de acuerdo a lo que determina el proceso de práctica de las 5S, por tal razón como se puede observar en el gráfico, solo existe frecuencia en la escala siempre; que detallan en la tabla 26.

**Tabla 26:** Frecuencias en la escala siempre

	<b>EMPRESA HOLCIM PLANTA LATACUNGA</b>	<b>Fecha:</b> 13-02-2019		
	<b>METODOLOGÍA 5S</b>	<b>Responsable:</b> Willian Maigua	<b>Hora:</b> 11:25 A.M.	
<b>OBJETIVO:</b> Aplicar la metodología de las 5S para mejorar la eficiencia energética en la etapa de molienda.		<b>N° Operarios:</b> CINCO		
<b>CRITERIOS E INDICADORES</b>	<b>ESCALA</b>			
	<b>Siempre</b>	<b>A veces</b>	<b>Casi nunca</b>	<b>Nunca</b>
<b>1.- SEIRI U ORDENAR</b>				
Los desperdicios inorgánicos se desechan diariamente de la etapa de molienda	X			
<b>2.- SEITON U ORGANIZAR</b>				
El clínker se encuentra disponible y organizada para entrar en el molino	X			
Los equipos de medición de eficiencia energética son utilizados en la molienda	X			
<b>3.- SEISO O LIMPIAR</b>				
Antes y después de cada producción se revisan y registran la criticidad de equipos	X			
<b>4.- SEIKETSU O ESTANDARIZAR</b>				
Mantiene el orden de los equipos y herramientas necesarios en la molienda de cemento	X			
<b>5.- SHITSUKE O DISCIPLINA</b>				
Los trabajadores respetan su jornada laboral	X			
Los trabajadores cumplen con la producción designada	X			

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

El gráfico 17 muestra la escala de frecuencia negativa.




**Gráfico 17:** Escala de frecuencia negativa

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

Para determinar las actividades observadas como factor negativo, se tomó en consideración que no se ejecutan de forma correcta o al ciento por ciento como se debería de hacer en base a lo que indica la metodología 5S, siendo esta razón por la que influye la frecuencia expresada en el gráfico anterior, las mismas que se detallan a continuación con su respectiva escala, en la tabla 27.

**Tabla 27:** Frecuencias en escala negativa

	<b>EMPRESA HOLCIM PLANTA LATACUNGA</b>		<b>Fecha:</b> 13-02-2019	
			<b>Responsable:</b> Willian Maigua	
	<b>METODOLOGÍA 5S</b>		<b>Hora:</b> 11:25 A.M.	
			<b>Nº Operarios:</b> CINCO	
<b>OBJETIVO:</b> Aplicar la metodología de las 5S para mejorar la eficiencia energética en la etapa de molienda.				
<b>CRITERIOS E INDICADORES</b>	<b>ESCALA</b>			
	<b>Siempre</b>	<b>A veces</b>	<b>Casi nunca</b>	<b>Nunca</b>
<b>1.- SEIRI U ORDENAR</b>				
Existen elementos innecesarios en la etapa de molienda de cemento	X			
Mantienen equipos dañados en la etapa de molienda de cemento		X		
La materia prima y/o clínker es factible al proceso de molienda		X		
La maquinaria está en óptimas condiciones para el proceso de molienda			X	
<b>2.- SEITON U ORGANIZAR</b>				
Se manejan archivadores para la documentación de mantenimiento de molinos		X		
El proceso de producción de cemento en la parte de molienda es tecnificado			X	
Las actividades de mantenimiento de equipos y maquinaria están enfocados en el uso de formularios				X
<b>3.- SEISO O LIMPIAR</b>				
Los uniformes de los trabajadores permanecen limpios		X		
Se realiza limpieza a la planta de producción y la etapa de molienda		X		
Los trabajadores utilizan protección higiénica (gorros, mascarillas, guantes)		X		
Existe un control de limpieza en los molinos y motores de la etapa de molienda			X	
<b>4.- SEIKETSU O ESTANDARIZAR</b>				
Mantienen estandarizados los procesos de producción del cemento			X	
Los trabajadores respetan la limpieza de su área de trabajo		X		
Existe la capacitación técnica de los trabajadores en sistemas de calidad industrial				X
Existe control y regulación en la materia prima y el cemento elaborado.				X
<b>5.- SHITSUKE O DISCIPLINA</b>				
Los trabajadores utilizan los uniformes asignados por Holcim Planta Latacunga			X	
Se cumplen los derechos y obligaciones del trabajador en Holcim Planta Latacunga		X		
El trabajador es sancionado o premiado por los resultados de su trabajo				X

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga



## Matriz de ponderación 5S

Para realizar la matriz 5S y poderla analizar se necesitó valorar la intensidad con que impactan en el proceso de producción de cemento en la etapa de molienda. Es decir, se tuvo que valorar (para ello asignar una puntuación entre 1 y 4), a partir de los resultados ponderados. La tabla 28 muestra la ponderación de la 5S en la fabricación del cemento.

**Tabla 28:** Matriz de ponderación 5S en el proceso de producción de cemento

FABRICACIÓN DE CEMENTO		FACTORES CRÍTICOS																							TOTAL	
		SEIRI					SEITON				SEISO					SEIKETSU					SHITSUKE					
MOLIENDA DE CEMENTO	PROCESOS	P	S1	S2	S3	S4	SU BT OT AL	S1	S2	S3	SU BT OT AL	S1	S2	S3	S4	SU BT OT AL	S1	S2	S3	S4	SU BT OT AL	S1	S2	S3	SU BT OT AL	TOTAL
	Entrada del molino	P1	3	2	2	1	8	1	3	3	7	4	4	4	2	14	4	4	4	3	15	4	3	3	10	54
	Tambor del molino	P2	1	3	2	1	7	1	3	2	6	3	3	3	3	12	3	4	4	3	14	4	3	3	10	49
	Salida del molino	P3	1	1	1	2	5	1	2	4	7	1	3	2	2	8	4	2	4	3	13	4	3	3	10	43
	Pérdida por fricción	P4	1	1	3	2	7	1	2	2	5	2	3	1	1	7	3	2	4	4	13	3	3	3	9	41
	Pérdida por ventilación	P5	1	2	3	2	8	1	2	1	4	2	2	2	2	8	3	3	3	2	11	3	3	3	9	40
	Devanado estator y motor	P6	1	3	2	3	9	1	3	4	8	2	2	2	2	8	3	3	3	2	11	3	2	3	8	44
	Sobredimensionamiento	P7	2	2	3	2	9	1	4	1	6	2	3	3	3	11	3	3	4	2	12	4	3	3	10	48
	Pérdidas de energía térmica	P8	4	1	4	3	12	2	2	3	7	1	3	2	2	8	3	4	2	3	12	3	3	3	9	48
	Pérdidas de energía motor	P9	3	2	1	3	8	3	3	2	8	1	3	1	1	6	4	4	2	4	14	3	4	3	10	47
<b>TOTAL</b>			17	17	21	19	<b>73</b>	12	24	22	<b>58</b>	18	26	20	18	<b>82</b>	30	29	30	26	<b>115</b>	31	27	27	<b>85</b>	414

Elaborado por: Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

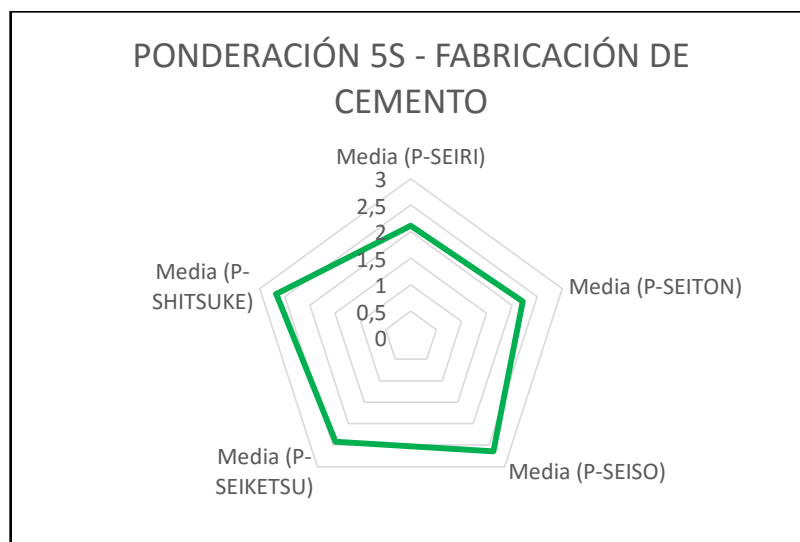
La tabla 29 muestra los resultados de la matriz de ponderación 5S para la fabricación de cemento en la etapa de molienda.

**Tabla 29:** Fórmulas de la matriz de ponderación 5S-molienda de cemento

FÓRMULA	PONDERACIÓN		RESULTADOS
Media(PROCESOS-SEIRI)	Total	73	<b>2,03</b>
	Nº de casos	36	
Media(PROCESOS-SEITON)	Total	58	<b>2,15</b>
	Nº de casos	27	
Media(PROCESOS-SEISO)	Total	82	<b>2,28</b>
	Nº de casos	36	
Media(PROCESOS-SEIKETSU)	Total	115	<b>3,19</b>
	Nº de casos	36	
Media(PROCESOS-SHITSUKE)	Total	85	<b>3,15</b>
	Nº de casos	27	

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

El gráfico 18 muestra los resultados de la ponderación 5S en la etapa de molienda de la fabricación del cemento.



**Gráfico 18:** Ponderación 5S-Fabricación de cemento etapa de molienda


**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

Los inconvenientes de la práctica 5S que mayor afectan a la fabricación de cemento en la etapa de molienda son el SEIKETSU o Estandarizar con 3,19 unidades de afectación y el SHITSUKE o disciplina con 3,15 unidades de afectación.


## Mantenimiento preventivo eléctrico

Para el mantenimiento de los motores y del molino vertical la tabla 30 muestra los proceso y el equipo necesario para las actividades preventivas.

**Tabla 30:** Mantenimiento preventivo de motores

MOTOR						COD. MANT	
MANTENIMIENTO Y PRUEBAS A LOS MOTORES ELÉCTRICOS						HOLC0001	
EQUIPO:		SISTEMA:	Eléctrico	COMPONENT:	Motor	TIEMPO:	
TIPO MT:	MPM	DISCIPLINA:	ELE	ESTADO:	M	N° INSP/EJEC:	1
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Und		
	01	Megómetro.		1	c/u		
02	Ohmímetro			1	c/u		
Herram	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Und		
	01	Llaves hexagonales		1	Jgo.		
02	Destornilladores aislados			1	Jgo.		
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Und		
	01	Trapo industrial		0.25	Kg.		
01	Cinta aislante			1	c/u		


**Desarrollo del mantenimiento**



**PRECAUCIÓN:**  
Para motores de media tensión desconectar del pararrayos o condensadores conectados al motor antes de iniciar la actividad tomando las precauciones del caso.

**1.- PRUEBAS DE AISLAMIENTO AL ESTATOR Y ROTOR**

a) Bloquear interruptor del motor a intervenir.  
b) Desconectar los terminales del motor.  
c) Aplicar el voltaje de prueba recomendado por la IEEE 43-2000 según el voltaje nominal del motor como muestra el siguiente cuadro:




**PRECAUCIÓN:**  
No tocar las puntas de prueba, bobinados o componentes bajo prueba, mientras la prueba está siendo realizada. Peligro de choque eléctrico de alta o media tensión.

Voltaje Nominal del Motor	Voltaje de Prueba
< 1000 VAC	500 VDC
1000 – 2500 VAC	500 – 1000 VDC
2501 – 5000 VAC	1000 – 2500 VDC
5001 – 12000 VAC	2500 – 5000 VDC

d) Medir la resistencia de aislamiento de las bobinas con un Megómetro, en el siguiente orden:

- Resistencia de aislamiento entre cada fase con tierra.



**INFORMACIÓN:**  
En Caso de que se pueda desconectar las bobinas del motor se realizará este por cada fase con respecto a tierra. Si no se puede desconectar las bobinas del motor se realizará esta de cualquiera de los terminales con respecto a tierra.

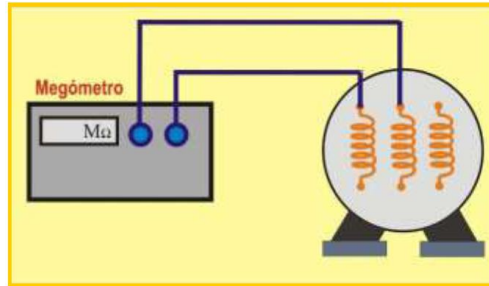
- Resistencia de aislamiento entre fases.



**INFORMACIÓN:**

Se realizará la medición de aislamiento entre fases solo de ser posible desconectar las bobinas del motor para que sean independientes.

Para la medición de aislamiento entre fases se puede visualizar el siguiente diagrama:



e) Tomar nota de los siguientes parámetros de resistencia de aislamiento.

- Índice de polarización (PI)**, igual a la lectura de la resistencia de aislamiento de 10 minutos entre la lectura de 1 minuto.

$$PI = \frac{R_{10min}}{R_{1min}}$$

- Índice de Absorción dieléctrica (DAI)**, igual a la lectura de la resistencia de aislamiento de 60 segundos entre la lectura de 30 segundos.

$$DAI = \frac{R_{60seg}}{R_{30seg}}$$

f) Los valores de PI y DAI recomendados por la IEEE 43-2000 se muestran en el siguiente cuadro:

Condición de Aislamiento	Relación 60/30 segundos (DAI)	Relación 10/1 minuto (PI)
Peligroso	Menos de 1	Menos de 1
Dudoso	1 a 1.25	1 a 2
Bueno	1.4 a 1.6	2 a 4
Excelente	Arriba de 1.6	Arriba de 4

g) Comparar los resultados obtenidos con el cuadro anterior y si la condición es dudosa o peligrosa proceder de la siguiente manera:

1.- Limpiar las bobinas con disolvente dieléctrico y secar el estator y rotor en el horno un tiempo aproximado de 8 a 12 horas, dependiendo el tamaño del motor, la temperatura del horno no debe sobrepasar los 90 °C.



**INFORMACIÓN:**

Basados en los resultados obtenidos y comparando con los valores recomendados de IP y de DAI por la IEEE 43-2000, si los resultados no llegan a una mejor condición se considerará debilidad del aislamiento de la máquina y próxima al fracaso o fallo.

2.- Una vez transcurrido el tiempo se sacará el motor del horno y se esperará que se enfríe hasta llegar a la temperatura ambiente para volver a realizar la prueba de aislamiento.



**INFORMACIÓN:**

Se tratará de realizar los ensayos a una temperatura ambiente similar. Si el ensayo fuera hecho a temperatura diferente, será necesario corregir la lectura utilizando un gráfico de variación de la resistencia de aislamiento en función de la temperatura.

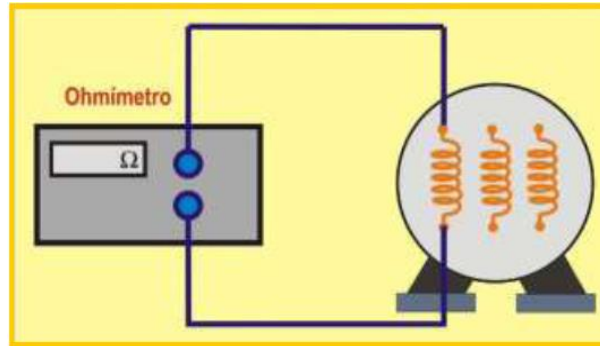
**2.- PRUEBA DE RESISTENCIA DE BOBINAS**

a) Medir la resistencia de cada bobina o fase con ayuda de un Ohmímetro.



**INFORMACIÓN:**

La desviación máxima del valor de resistencia entre bobinas o fases **no debe ser mayor al 5%** del promedio de estas, si fuese así se considerará próxima al fracaso o fallo.



**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

En la tabla 31 se muestra el formato de mantenimiento de los motores de ventilación para mejorar la eficiencia energética en la etapa de molienda de la empresa Holcim Planta Latacunga.

**Tabla 31:** Estado técnico del motor ventilador

MOTOR VENTILADOR			
<b>FECHA MANTENIMIENTO:</b>			
<b>MARCA:</b>		<b>RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO:</b>	
<b>CÓDIGO ACTIVO FIJO:</b> HOLC-MMV0001		<b>SIGNIFICADO:</b> Máquina del área de molienda.	
<b>MANUALES:</b> Si: _____ No: _____	<b>PLANOS:</b> Si: _____ No: _____	<b>REPUESTOS:</b> Si: _____ No: _____	
<b>AISLAMIENTO DEL ESTATOR Y ROTOR:</b>	<b>RESITENCIA DE BOBINAS:</b>	<b>PI:</b>	
		<b>DAI:</b>	
		<b>ESTADO:</b>	
<b>ESTADO TÉCNICO</b>		<b>Malo</b>	<b>Regular</b>
Estado motor eléctrico			
Estado de los elementos rodantes (rodamientos)			
Estado de la carcasa.			
Estado del anclaje.			
Estado de las bridas.			
Estado de las redes eléctricas.			
Estado de lubricadores (stuffers).			
Estado del impulsor.			
Estado de las tuberías de admisión y descarga.			

**Tabla continúa en la página 132**

Estado de tornillos y rodela.			
Estado del tablero de control.			
<b>CONCLUSIÓN:</b>			
<b>TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición del aislamiento del estator y rotor.</li> <li>- Medición de resistencia de bobinas.</li> <li>- Cálculo del PI, DAI y Estado del motor.</li> <li>- Emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.</li> <li>- Mantenimiento correctivo emplear en el caso de reparaciones imprevistas.</li> </ul>			
<hr style="width: 20%; margin: auto;"/> <b>FIRMA RESPONSABLE</b>			

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

La tabla 32 muestra el formato de mantenimiento para el motor molino, así como para el motor separador muy importantes en la etapa de molienda y en la producción del cemento.

**Tabla 32:** Estado técnico del motor molino

<b>MOTOR MOLINO/SEPARADOR</b>				
<b>FECHA MANTENIMIENTO:</b>				
<b>MARCA:</b>		<b>RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO:</b>		
<b>CÓDIGO ACTIVO FIJO:</b> HOLC-MMM0002		<b>SIGNIFICADO:</b> Máquina del área de molienda.		
<b>MANUALES:</b> Si: _____ No: _____	<b>PLANOS:</b> Si: _____ No: _____	<b>REPUESTOS:</b> Si: _____ No: _____		
<b>AISLAMIENTO DEL ESTATOR Y ROTOR:</b>	<b>RESITENCIA DE BOBINAS:</b>	<b>PI:</b>		
		<b>DAI:</b>		
		<b>ESTADO:</b>		
<b>ESTADO TÉCNICO</b>		<b>Malo</b>	<b>Regular</b>	<b>Bueno</b>
Estado motor eléctrico				
Estado de los rodillos verticales				
Estado de la unidad regulador de automático de alimentación de clínker				
Estado de rosca de alimentación (cilindros verticales).				
Estado de las bridas.				
Estado de las redes eléctricas.				
Estado de lubricadores (stuffers).				
Estado de cilindros.				
Estado de las tuberías de entrada clínker y salida de harina.				
Estado de tornillos y rodela.				
Estado poleas				

**Tabla continúa en la página 133**

Estado de embrague			
Estado del tambor de molienda			
Estado sistema transmisión engranes.			
Volante para el ajuste de los cilindros.			
Volante para el ajuste micrométrico.			
Chapa separable debajo de los rodillos de alimentación.			
Sistema de aspiración y alternativa.			
<b>CONCLUSIÓN:</b>			
<b>TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición del aislamiento del estator y rotor.</li> <li>- Medición de resistencia de bobinas.</li> <li>- Cálculo del PI, DAI y Estado del motor.</li> <li>- Emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.</li> <li>- Mantenimiento correctivo emplear en el caso de reparaciones imprevistas.</li> </ul>			
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> <b>FIRMA RESPONSABLE</b>			

**Elaborado por:** Maigua Valenzuela Willian – Holcim Planta Latacunga

En estos formatos, el encargado de la producción técnica y/o de la eficiencia energética puede tener una guía para elaborar sus hojas técnicas para el registro del mantenimiento preventivo y correctivo de los motores en la etapa de molienda de la empresa Holcim Planta Latacunga.

### **Componente Ambiental**

El ahorro y la eficiencia energética aparecen como la principal opción desde el ámbito energético para responder a la crisis económica, energética y medioambiental. El ahorro de energía permite ahorrar los recursos económicos, pospone el agotamiento de los recursos fósiles (de los que sin embargo depende mayoritariamente nuestro suministro energético) y, por último, parece revelarse como una de las mejores alternativas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La clave para la existencia de estos ahorros reside en el hecho de que no consumimos energía, sino servicios energéticos: por tanto, puede ser posible proveer el mismo nivel de servicio energético con un menor nivel de consumo de energía. Si bien el ahorro energético no es crítico para la resolución de todos los problemas ambientales, sí es cierto que su contribución a algunos de ellos, como el cambio climático, es la más significativa.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

Después de realizar el proyecto de investigación y luego de haber tenido un acercamiento con la tecnología utilizada en el desarrollo del estudio del proceso de molienda y el consumo energético, de la empresa de cemento Holcim Ecuador – Planta Latacunga, se disponen las siguientes conclusiones:

- La descripción del proceso de molienda de cemento en la empresa Holcim Ecuador Planta Latacunga, permitió establecer que existe cuatro motores eléctricos asignados al trabajo de molino, ventilación y separación; mismos que provocan un consumo de energía de 30,27 Kwh/t, debido a que concentran maquinaria con sobredimensionamiento de operación e incide directamente en la facturación mensual.
- Los indicadores energéticos vinculados al área de molienda apelan que el consumo excesivo de energía están asociados al limitado mantenimiento de los motores principales de la etapa de molienda; además de la pérdida de energía eléctrica y térmica debido al sobre dimensionamiento de las capacidades operativas de los motores y el calor que liberan el estator-rotor de los motores respectivamente, lo cual representa un desperdicio de energía.
- La relación existente entre el proceso de producción de molienda y el consumo energético en Holcim Ecuador Planta Latacunga, certifican que el ahorro de energía a través de un modelo de gestión permite lograr ahorros económicos



significativos de 4,47 USD/TM, representando el 13,6% del costo unitario del cemento. Los resultados obtenidos con un enfoque sistémico permite se sostenga en el tiempo y lleve a la fábrica de cemento a la excelencia operativa.

- La línea base energética de la planta Holcim Ecuador Planta Latacunga tiene un alto grado de consumo de energía eléctrica sobre el proceso productivo de cemento, según los datos métricos de los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre, debido a que la demanda aumenta en dichos meses; condición que propone la mejora de la eficiencia energética mediante la implantación de un modelo de gestión de ahorro de energía vinculado a la práctica de la metodología 5S con estrategias de calidad y eficacia.
- Los datos de todas las áreas recolectadas por el sistema de medición SCADA, dan como resultado el consumo significativo de energía en la molienda de cemento, debido a que este proceso se encuentra inmerso en el uso principal de motores eléctricos de baja eficiencia energética, induciendo al núcleo de la fabricación de cemento, el desperdicio de energía.

## **Recomendaciones**

Las principales recomendaciones efectuadas en el desarrollo del estudio del proceso de molienda y el consumo energético, de la empresa de cemento Holcim Ecuador – Planta Latacunga; se detallan a continuación:

- Implementar alternativas de eficiencia energética, por medio del diagnóstico energético, de acuerdo a las prioridades y políticas de Holcim Planta Latacunga, como el cambio de motores de eficiencia, evitándose pérdidas de energía eléctrica y térmica.
- Aplicar un plan de medidas para recoger información necesaria para realizar los cálculos de eficiencia energética en los equipos, o adquirir un equipo sofisticado que permita medir la eficiencia de los motores eléctricos.
- El uso de un variador de frecuencia eficaz permite establecer un consumo racional de energía eléctrica en el proceso de molienda de cemento; con un sistema de enfriamiento o ventilación óptimo ya que las altas temperaturas con

las que puede operar el variador de frecuencia reducen su vida útil, debido a que sus elementos electrónicos se exponen a excesivo calor.

- Implementar programas de Auditorías Energéticas (A.E.) para lograr mayores ahorros energéticos y mejorar la competitividad de Holcim Planta Latacunga. En la gestión debe disponerse de procedimientos estandarizados que permitirán rigurosidad y repetitividad, las herramientas de posible aplicación son ISO 50001, Six Sigma, 5S y Cuadro de mando.
- Se recomienda un cambio tecnológico en cuanto a sustitución de motores con eficiencias deficientes y cuyo factor de carga supere el 75%; a partir de una revisión del diseño de los molinos, para utilizar motores que estén de acuerdo a los parámetros requeridos de los mismos y así evitar que estos estén subutilizados.
- Para tener mejores resultados en la eficiencia de energía es necesario seguir procedimientos e instrucciones consistentes con las políticas de la empresa Holcim Planta Latacunga los que deben formar parte del sistema de normas de la empresa (sistema ISO 50001), esto permitirá su sostenimiento en el tiempo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Abdalla, K., Berdellans, L., Contreras, M., García, A., Gómez, Y., Henríquez, V. B., et al. (2018). Cuba: A Country Profile on Sustainable Energy Development, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, p.281.
- Alsop, Philip, (2011). “The Cement Plant Operations Handbook for Dry Process Plants”, 3a Ed. Tradeship Publications Ud, Houston, USA.
- Barcenas, L. (2011). “Estrategias para implementar sistemas de administración de energía exitosa”, Innovación Tecnológica. Recuperado de: [http://www.ase.org/uploadedfiles/mexico/Innovacion\\_Tecnologica.ppt](http://www.ase.org/uploadedfiles/mexico/Innovacion_Tecnologica.ppt)
- Bittner Werner (2010) “Tendencias en la industria del cemento”, Refrakolloquium 2010, Berlín, Alemania.
- Cadena, P. (1998). Diagnóstico Energético, Rama: Cemento. Situación Energética de la Industria, p.84.
- Camiglia S. Y Barma G. (2012). “Handbook of Industrial Refractories Technology”, Noyes Publications, New Jersey, USA.
- Campodonico H. (1998). “Las Reformas Energéticas y el Uso Eficiente de la Energía en el Perú”, ONU, Santiago de Chile, Chile.
- Canales, C. C., & Autores, C. d. (2014). Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de la Fabricación de Cemento (Centro de Publicaciones, Secretaría General, Ministerio del Medio Ambiente ed. Vol.1).
- CENERGIA, Centro de Conservación de energía. (2013). “I Curso Latinoamericano de Eficiencia Energética y Medio Ambiente”, Lima, Perú.
- CONAE, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, (2014). “Casos Exitosos en México”. Recuperado de: <http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1497>.
- Coppinger, S. J. (2008). “Strategic Anergy Management”. International Cement

Review, pp.155-158.

Duda, D.-1. W. H. (1977). “Manual Tecnológico del Cemento” (D. A. S. Gonzalez, Trans.Vol.1). Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Berlín.

Duda W. (1988). “Cement Data Book”, Volume 3: Raw Materials, Id Ed Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Germany.

ECC, the Energy Conservation Center, (2014). “Seminar on Energy Conservation in Cement Industry”, Ministry of International Trade and Industry, Japan.  
Recuperado de: <http://www.unido.org/userfiles/puffk/cement.pdf>.

Fernández Rafael, (2014). “Retos de futuro de la industria cementera española, en: presentación el 13 de Enero en Oficemen”, Agrupación de Fabricantes de cemento de España, Madrid, España.

Guzmán F. (2011). “Planeación Estratégica aplicada en la Comisión Federal de Electricidad, Dirección de Operaciones, Subdirección de Transmisión, Transformación y Control”, Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas, Instituto Politécnico Nacional, México.

Huaroto C. (2012). “El ahorro de energía eléctrica como alternativa”, CENERGIA, Junio 1992, p.3.

ILCE. (2018). “El consumo de energía en el Siglo XXI”, Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/10/htm/sec9.html>

Lafarge. (2010). “Todo Sobre Cemento: Ecología Industrial”. Recuperado de: <http://www.lafarge.com.es/wps/portal/es/222-Ecologia Industrial>

Montoya A. (2015). “La Auditoria Energética como aporte a la Gestión del área de Mantenimiento”, Revista de Mantenimiento. Recuperado de: <http://www.mantencion.com/articulos/rev20.html/rev20art1.html>

Nordelo, D. A. B., & Yanes, D. J. M. (2016). “Gestión y Economía Energética:

Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente”, Universidad de Cienfuegos, Cuba.

Pérez, I. S. M. R. (2015). “Mesa Redonda Sobre el Ahorro de Energía en la Industria Cementera”. Paper presented at the Forum de Energy.

UPME, Unidad de Planeación Minero Energética (2011). “Determinación de Eficiencia Energética del Subsector Industrial de Ladrillo, Vidrio y Cerámica”. Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Recuperado de: <http://www.upme.gov.co/si3ea/documentacion/ure/estudios/EstudiosEficienciaLadrilloVidrioCeramica.pdf>

# **ANEXOS**



Holcim Ecuador S.A. Telf.: (593-4) 3709000  
Urbanización San Eduardo 1 Fax: (593-4) 287 3482  
Av. Barcelona y Calle José  
Rodríguez Bonín  
Edificio El Caimán, Piso 2  
Casilla: 09-01-04243  
Guayaquil, Ecuador

## CERTIFICADO

Latacunga, Junio 03 del 2019

Ingeniera

María Belén Ruales

**DECANA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA (UTI)**

Presente

De mi consideración

Por medio del presente certifico que el Señor **MAIGUA VALENZUELA WILLIAN PATRICIO**, portador de cédula de ciudadanía N°. **0502935539**, llevó a cabo el trabajo de titulación en la modalidad Proyecto Técnico con el tema: **“ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR – PLANTA LATACUNGA”**. Mismo que la empresa Holcim Ecuador – Planta Latacunga avala y aprueba, dicho trabajo servirá para un análisis posterior de cómo mejorar la eficiencia energética en el área de Molienda dentro de Holcim – Latacunga, trabajo que se ha dado el respectivo seguimiento y recepción de acuerdo con su tutora Ing. Myriam Cumbajín.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada hacer uso de este documento como estime necesario.

Atentamente,

HOLCIM ECUADOR S.A.  
PLANTA LATACUNGA

**Dr. JOSÉ TITUSUNTA SUÁREZ**  
**Coordinador de Producción / Control de Calidad**  
**Holcim Ecuador S.A**  
**Planta Latacunga**

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Consumo de energía motor molino .....	142
ANEXO B: Consumo de energía motor ventilador molino .....	142
ANEXO C: Consumo de energía motor separador molino .....	142
ANEXO D: Coeficientes de cálculo .....	151
ANEXO E: Registro Fotográfico .....	154

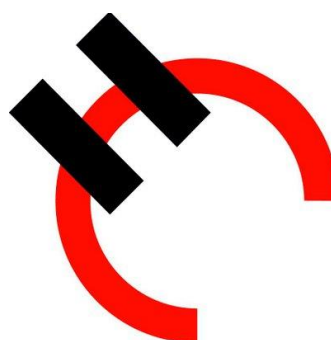


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ANEXOS A-B-C: CONSUMOS DE ENERGÍA**



TÍTULO:

ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO  
ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR –  
PLANTA LATACUNGA

AUTOR:

Willian Patricio Maigua Valenzuela



**ANEXO A: CONSUMO DE ENERGÍA MOTOR MOLINO**

**Motor Molino**

Agosto	Voltaje V	Corriente Amp.	Cosφ	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva VAR	Potencia Aparente VA	Eficiencia
1/8/2018	4160	290	0,82	1713,43	1131,10	2089,55	74%
2/8/2018	4160	257	0,82	1518,45	1002,39	1851,77	66%
3/8/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
4/8/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
5/8/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
6/8/2018	4160	279	0,82	1648,44	1088,20	2010,29	72%
7/8/2018	4160	274	0,82	1618,89	1068,70	1974,26	70%
8/8/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
9/8/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
10/8/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
11/8/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
12/8/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
13/8/2018	4160	225	0,82	1329,38	877,58	1621,20	58%
14/8/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
15/8/2018	4160	278	0,82	1642,53	1084,30	2003,08	71%
16/8/2018	4160	278	0,82	1642,53	1084,30	2003,08	71%
17/8/2018	4160	278	0,82	1642,53	1084,30	2003,08	71%
18/8/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
19/8/2018	4160	243	0,82	1435,73	947,79	1750,90	62%
20/8/2018	4160	279	0,82	1648,44	1088,20	2010,29	72%
21/8/2018	4160	272	0,82	1607,08	1060,90	1959,85	70%
22/8/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
23/8/2018	4160	220	0,82	1299,84	858,08	1585,17	57%
24/8/2018	4160	294	0,82	1737,06	1146,70	2118,37	76%
25/8/2018	4160	267	0,82	1577,54	1041,39	1923,82	69%
26/8/2018	4160	276	0,82	1630,71	1076,50	1988,67	71%
27/8/2018	4160	284	0,82	1677,98	1107,70	2046,31	73%
28/8/2018	4160	284	0,82	1677,98	1107,70	2046,31	73%
29/8/2018	4160	245	0,82	1447,55	955,59	1765,31	63%
30/8/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
31/8/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%



**ANEXO A: CONSUMO DE ENERGÍA MOTOR MOLINO**

**Motor Molino**

Septiembre	Voltaje V	Corriente Amp.	Cosφ	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva VAR	Potencia Aparente VA	Eficiencia
1/9/2018	4160	288	0,82	1701,61	1123,30	2075,14	74%
2/9/2018	4160	242	0,82	1429,83	943,89	1743,69	62%
3/9/2018	4160		0,82	0,00	0,00	0,00	0%
4/9/2018	4160	287	0,82	1695,70	1119,40	2067,93	74%
5/9/2018	4160	276	0,82	1630,71	1076,50	1988,67	71%
6/9/2018	4160		0,82	0,00	0,00	0,00	0%
7/9/2018	4160		0,82	0,00	0,00	0,00	0%
8/9/2018	4160	275	0,82	1624,80	1072,60	1981,47	71%
9/9/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
10/9/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
11/9/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
12/9/2018	4160	284	0,82	1677,98	1107,70	2046,31	73%
13/9/2018	4160	273	0,82	1612,99	1064,80	1967,06	70%
14/9/2018	4160	225	0,82	1329,38	877,58	1621,20	58%
15/9/2018	4160	273	0,82	1612,99	1064,80	1967,06	70%
16/9/2018	4160	279	0,82	1648,44	1088,20	2010,29	72%
17/9/2018	4160	211	0,82	1246,67	822,97	1520,32	54%
18/9/2018	4160	266	0,82	1571,63	1037,49	1916,62	68%
19/9/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
20/9/2018	4160	281	0,82	1660,25	1096,00	2024,70	72%
21/9/2018	4160	281	0,82	1660,25	1096,00	2024,70	72%
22/9/2018	4160	288	0,82	1701,61	1123,30	2075,14	74%
23/9/2018	4160		0,82	0,00	0,00	0,00	0%
24/9/2018	4160		0,82	0,00	0,00	0,00	0%
25/9/2018	4160	203	0,82	1199,40	791,77	1462,68	52%
26/9/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
27/9/2018	4160	284	0,82	1677,98	1107,70	2046,31	73%
28/9/2018	4160	287	0,82	1695,70	1119,40	2067,93	74%
29/9/2018	4160	282	0,82	1666,16	1099,90	2031,90	72%
30/9/2018	4160		0,82	0,00	0,00	0,00	0%



**ANEXO A: CONSUMO DE ENERGÍA MOTOR MOLINO**

**Motor Molino**

Octubre	Voltaje V	Corriente Amp.	Cosφ	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva VAR	Potencia Aparente VA	Eficiencia
1/10/2018	4160	296	0,82	1748,88	1154,50	2132,78	76%
2/10/2018	4160	287	0,82	1695,70	1119,40	2067,93	74%
3/10/2018	4160	281	0,82	1660,25	1096,00	2024,70	72%
4/10/2018	4160	299	0,82	1766,60	1166,21	2154,39	77%
5/10/2018	4160	276	0,82	1630,71	1076,50	1988,67	71%
6/10/2018	4160	293	0,82	1731,15	1142,80	2111,16	75%
7/10/2018	4160	260	0,82	1536,18	1014,09	1873,39	67%
8/10/2018	4160	274	0,82	1618,89	1068,70	1974,26	70%
9/10/2018	4160	285	0,82	1683,89	1111,60	2053,52	73%
10/10/2018	4160	290	0,82	1713,43	1131,10	2089,55	74%
11/10/2018	4160	288	0,82	1701,61	1123,30	2075,14	74%
12/10/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
13/10/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
14/10/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
15/10/2018	4160	285	0,82	1683,89	1111,60	2053,52	73%
16/10/2018	4160	292	0,82	1725,24	1138,90	2103,96	75%
17/10/2018	4160	280	0,82	1654,34	1092,10	2017,49	72%
18/10/2018	4160	202	0,82	1193,49	787,87	1455,48	52%
19/10/2018	4160	275	0,82	1624,80	1072,60	1981,47	71%
20/10/2018	4160	285	0,82	1683,89	1111,60	2053,52	73%
21/10/2018	4160	199	0,82	1175,77	776,17	1433,86	51%
22/10/2018	4160	281	0,82	1660,25	1096,00	2024,70	72%
23/10/2018	4160	271	0,82	1601,17	1057,00	1952,64	70%
24/10/2018	4160	276	0,82	1630,71	1076,50	1988,67	71%
25/10/2018	4160	270	0,82	1595,26	1053,10	1945,44	69%
26/10/2018	4160	274	0,82	1618,89	1068,70	1974,26	70%
27/10/2018	4160	275	0,82	1624,80	1072,60	1981,47	71%
28/10/2018	4160	184	0,82	1087,14	717,66	1325,78	47%
29/10/2018	4160	296	0,82	1748,88	1154,50	2132,78	76%
30/10/2018	4160	286	0,82	1689,79	1115,50	2060,72	73%
31/10/2018	4160	274	0,82	1618,89	1068,70	1974,26	70%



**ANEXO A: CONSUMO DE ENERGÍA MOTOR MOLINO**

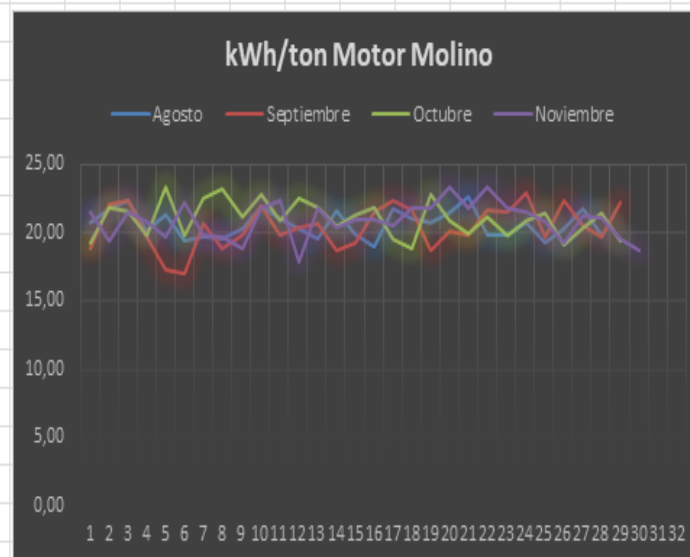
**Motor Molino**

Noviembre	Voltaje V	Corriente Amp.	Cosφ	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva VAR	Potencia Aparente VA	Eficiencia
1/11/2018	4160	273	0,82	1612,99	1064,80	1967,06	70%
2/11/2018	4160	261	0,82	1542,09	1017,99	1880,59	67%
3/11/2018	4160	249	0,82	1471,18	971,19	1794,13	64%
4/11/2018	4160	277	0,82	1636,62	1080,40	1995,88	71%
5/11/2018	4160	281	0,82	1660,25	1096,00	2024,70	72%
6/11/2018	4160	206	0,82	1217,12	803,47	1484,30	53%
7/11/2018	4160	268	0,82	1583,44	1045,29	1931,03	69%
8/11/2018	4160	285	0,82	1683,89	1111,60	2053,52	73%
9/11/2018	4160	268	0,82	1583,44	1045,29	1931,03	69%
10/11/2018	4160	265	0,82	1565,72	1033,59	1909,41	68%
11/11/2018	4160	284	0,82	1677,98	1107,70	2046,31	73%
12/11/2018	4160	283	0,82	1672,07	1103,80	2039,11	73%
13/11/2018	4160	238	0,82	1406,19	928,28	1714,87	61%
14/11/2018	4160	272	0,82	1607,08	1060,90	1959,85	70%
15/11/2018	4160	262	0,82	1547,99	1021,89	1887,80	67%
16/11/2018	4160	293	0,82	1731,15	1142,80	2111,16	75%
17/11/2018	4160	288	0,82	1701,61	1123,30	2075,14	74%
18/11/2018	4160	271	0,82	1601,17	1057,00	1952,64	70%
19/11/2018	4160	291	0,82	1719,34	1135,00	2096,75	75%
20/11/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
21/11/2018	4160	296	0,82	1748,88	1154,50	2132,78	76%
22/11/2018	4160	288	0,82	1701,61	1123,30	2075,14	74%
23/11/2018	4160	287	0,82	1695,70	1119,40	2067,93	74%
24/11/2018	4160	293	0,82	1731,15	1142,80	2111,16	75%
25/11/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
26/11/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%
27/11/2018	4160	277	0,82	1636,62	1080,40	1995,88	71%
28/11/2018	4160	278	0,82	1642,53	1084,30	2003,08	71%
29/11/2018	4160	273	0,82	1612,99	1064,80	1967,06	70%
30/11/2018	4160	0	0,82	0,00	0,00	0,00	0%



## Anexo A: Consumo de energía motor molino

Agosto	20,80	21,80	22,30	20,20	21,30	19,50	19,80	19,70	20,30	21,90	21,10	20,40	19,60	21,60	19,90	19,00	21,80	21,10	20,80	21,50	22,60	19,90	19,90	20,80	19,30	20,30	21,70	19,90		
Septiembre	18,8	22,1	22,4	19,7	17,3	17	20,7	18,8	19,8	21,9	19,8	20,4	20,6	18,6	19,3	21,5	22,4	21,6	18,6	20,1	19,8	21,6	21,5	22,9	19,6	22,4	20,5	19,6	22	
Octubre	19,2	21,8	21,5	19,8	23,4	19,8	22,6	23,3	21,2	22,9	20,8	22,5	21,8	20,4	21,3	21,9	19,5	18,8	22,8	20,8	19,9	21,2	19,7	20,8	21,4	19	20,3	21,4	19	
Noviembre	21,4	19,4	21,5	20,7	19,7	22,2	19,8	19,6	18,8	21,7	22,3	17,8	21,8	20,4	20,9	20,9	20,5	21,8	21,7	23,3	21,7	23,3	21,7	21,4	20,8	19,2	21,2	21	20	19



Fuente: Holcim Planta Latacunga – Willian Maigua

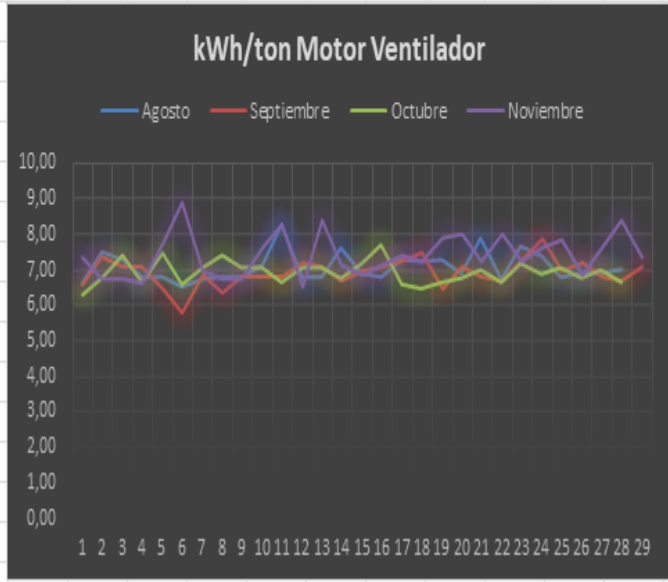


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA  
Octubre 2018 - Abril 2019



**Anexo B: Consumo de energía motor ventilador molino**

Agosto	6,60	7,50	7,30	6,80	6,80	6,50	6,70	6,80	6,80	7,10	8,30	6,80	6,80	7,60	6,90	6,80	7,30	7,20	7,30	6,90	7,90	6,70	7,70	7,40	6,80	6,90	6,90	7,00
Septiembre	6,60	7,40	7,10	7,10	6,50	5,80	6,90	6,40	6,80	6,80	6,80	7,20	7,10	6,70	7,00	7,10	7,30	7,50	6,50	7,10	6,80	6,70	7,30	7,90	7,00	7,20	6,80	6,70
Octubre	6,30	6,80	7,40	6,70	7,50	6,60	7,10	7,40	7,10	7,10	6,70	7,10	7,10	6,80	7,20	7,70	6,60	6,50	6,70	6,80	7,00	6,70	7,20	6,90	7,10	6,80	7,00	6,70
Noviembre	7,30	6,70	6,70	6,60	7,70	8,90	6,90	6,70	6,70	7,60	8,30	6,50	8,40	7,10	6,80	7,10	7,40	7,20	7,90	8,00	7,20	8,00	7,20	7,60	7,80	6,80	7,60	8,40

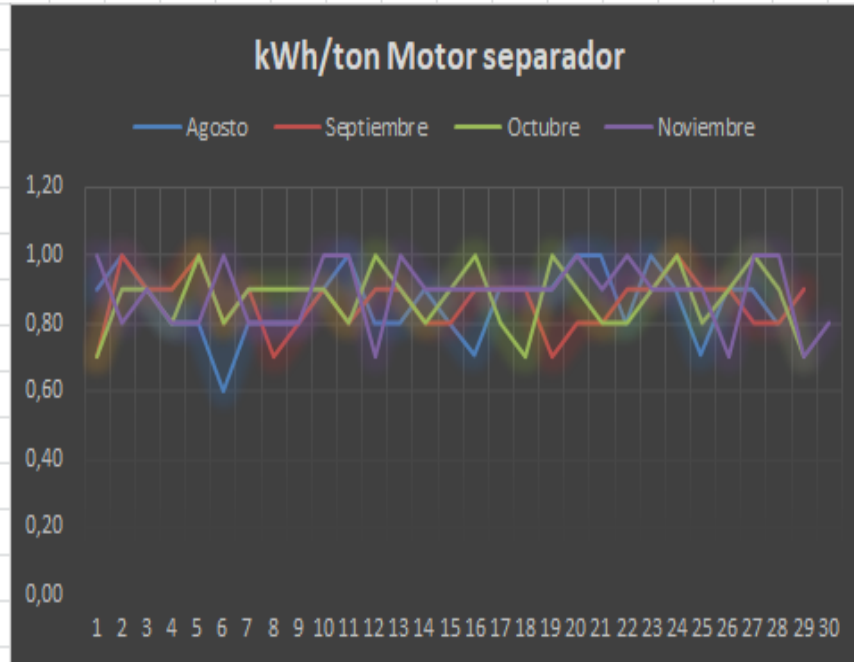


**Fuente:** Holcim Planta Latacunga – Willian Maigua



**Anexo C: Consumo de energía motor separador molino**

Agosto	0,90	1,00	0,90	0,80	0,80	0,60	0,80	0,80	0,80	0,90	1,00	0,80	0,80	0,90	0,80	0,70	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	0,80	1,00	0,90	0,70	0,90	0,90	0,80		
Septiembre	0,70	1,00	0,90	0,90	1,00	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	0,80	0,90	0,90	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,70	0,80	0,80	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	0,80	0,80	0,90	
Octubre	0,70	0,90	0,90	0,80	1,00	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	1,00	0,90	0,80	0,90	1,00	0,80	0,70	1,00	0,90	0,80	0,80	0,90	1,00	0,80	0,90	1,00	0,90	0,70	
Noviembre	1,00	0,80	0,90	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00	1,00	0,70	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,70	1,00	1,00	0,70



**Fuente:** Holcim Planta Latacunga – Patricio Maigua



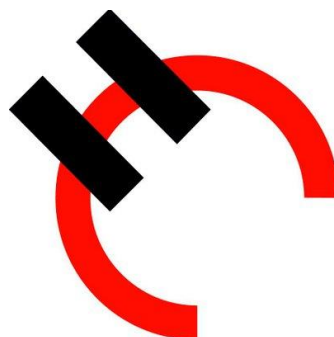


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ANEXO D: COEFICIENTES DE CÁLCULO**



TÍTULO:

ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO  
ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR –  
PLANTA LATACUNGA

AUTOR:

Willian Patricio Maigua Valenzuela



### Valores del factor (fórmula de Blanc)

Cuerpos molidores	Grado de llenado del molino				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Bolas gruesas (> 60 mm)	11.9	11.0	9.9	8.5	7.0
Bolas de acero (< 60 mm)	11.5	10.6	9.5	8.2	6.8
Cylpebs	11.1	10.2	9.2	8.0	6.0
Cuerpos molidores – promedio	11.5	10.6	9.53	8.23	6.8

### Coefficiente de morturabilidad (a)

Material	Coefficiente a
Clinker de horno rotatorio	1.00
Clinker de horno vert. automático	1.15–1.25
Escorias de horno alto granuladas	0.55–1.10
Creta	3.70
Arcilla	3.00–3.50
Marga	1.40
Caliza	1.20
Arena silícea	0.6–0.7
Carbón	0.8–1.6

### Factor de corrección para molienda fina (b)

% de residuo al tamiz de 4900 mallas/cm <sup>2</sup>	Factor de corrección b
2	0.59
3	0.65
4	0.71
5	0.77
6	0.82
7	0.85
8	0.91
9	0.95
10	1.00
11	1.04
12	1.09
13	1.13
14	1.17
15	1.21
16	1.26
17	1.30
18	1.34
19	1.38
20	1.42



**Coefficiente de morturabilidad según el % de Silicato bicálcico en clínker**

Silicato bicálcico en clínker %	Coefficiente de molt, a
5	1.10
10	1.05
15	1.00
20	0.95
25	0.88
30	0.82
35	0.72
40	0.70

**Factor de corrección por el tipo de molino (c)**

Circuito del molino	Tipo de molino	Factor de corrección c
Circuito abierto	Molino de varias cámaras (3-4 cámaras)	1.0
	Molino de dos cámaras	0.9
Circuito cerrado	Molino con separador de aire	1.3-1.5

**Porcentaje (%) de energía eléctrica según el tipo de molino**

Sistema de molienda	% de energía para:	
	Molino	Equipo auxiliar
Molino compound	94	6
Molino a circuito abierto	83	17
Molino harrido por aire	62	38

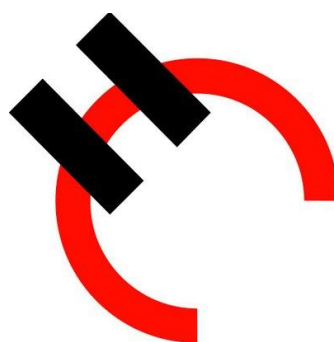


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ANEXO E: REGISTRO FOTOGRAFICO**



TÍTULO:

ESTUDIO DEL PROCESO DE MOLIENDA Y EL CONSUMO  
ENERGÉTICO, DE LA EMPRESA DE CEMENTO HOLCIM ECUADOR –  
PLANTA LATACUNGA

AUTOR:

Willian Patricio Maigua Valenzuela



ANEXO C	REGISTRO FOTOGRÁFICO	2 de 2
 <p data-bbox="320 674 671 734"><b>Fotografía 1:</b> Almacenamiento Repuestos</p>	 <p data-bbox="703 674 1054 734"><b>Fotografía 2:</b> Cuato de mantenimiento motores</p>	 <p data-bbox="1086 674 1437 734"><b>Fotografía 3:</b> Canalizado de conexiones eléctricas</p>
 <p data-bbox="320 1211 671 1272"><b>Fotografía 4:</b> Desarme de motores eléctricos</p>	 <p data-bbox="703 1211 1054 1272"><b>Fotografía 5:</b> Revisión de motores eléctricos</p>	 <p data-bbox="1086 1211 1437 1272"><b>Fotografía 6:</b> Almacenamiento de herramientas y equipos</p>
 <p data-bbox="320 1727 671 1787"><b>Fotografía 7:</b> Señalética de seguridad en Holcim</p>	 <p data-bbox="703 1727 1054 1787"><b>Fotografía 8:</b> Guantes de seguridad</p>	 <p data-bbox="1086 1727 1437 1787"><b>Fotografía 9:</b> Almacenamiento de equipos eléctricos</p>

