

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA
CALIDAD”**

TEMA

**REDUCCIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME APLICANDO LA METODOLOGÍA
DMAIC EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CERÁMICAS EN UNA EMPRESA
UBICADA EN LA PROVINCIA DEL AZUAY**

AUTOR

LUISA MARÍA ZÚÑIGA MEDRANO

Guayaquil – Ecuador

2016

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia,
personas importantes en mi vida,
quienes con su apoyo y comprensión,
inspiraron mi espíritu a lo largo de este camino.

A mi incondicional amigo y novio Arturo,
quien junto a su compañía
emprendimos este nuevo desafío
y hoy lo estamos haciendo realidad.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por cada día de vida,
a mi familia por ser mi pilar fundamental,
a mi madre quien con sus fuerzas y apoyo me motivó a seguir adelante,
a mi padre quien con sus consejos sabios hizo de este camino más venidero,
a mi abuelita quien me acompaña desde el cielo,
a mis hermanos por sus ánimos,
a Arturo por su confianza, apoyo y lucha constante en cada paso que dimos.
A mis maestros, por cada enseñanza impartida
y en especial a mi directora de tesis Tania,
por su apoyo y excelente guía en la elaboración de esta tesis.

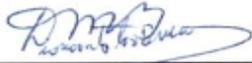
DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Luisa María Zúñiga Médrano

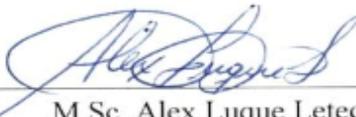
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



MPC. Diana Montalvo Barrera
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

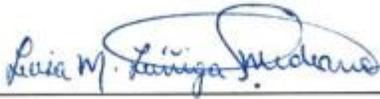


Máster Tania Jiménez Yance
DIRECTOR DEL PROYECTO



M.Sc. Alex Luque Letechi
VOCAL DEL TRIBUNAL

FIRMA DEL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, reading "Luisa M. Zúñiga Medrano". The signature is written in a cursive style with a large loop at the end.

Luisa María Zúñiga Medrano

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	XI
JUSTIFICACIÓN.....	XIII
OBJETIVOS GENERALES.....	XIII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1. NORMATIVA INEN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 REGLAMENTOS ECUATORIANOS	2
1.3 COMPARACIÓN NTE INEN 644 VERSUS ISO 13006	3
2. CALIDAD.....	3
3. PRODUCTO NO CONFORME	4
4. HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD.....	5
4.1 HISTOGRAMAS	5
4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	6
4.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	7
4.4 GRÁFICAS DE CONTROL.....	8
4.5 DIAGRAMA DE PARETO.....	10
4.6 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN	10
4.7 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	11
4.8 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF).....	12
5. CAPACIDAD	13
CAPÍTULO II	15
METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DMAIC.....	15
2.1 ORÍGENES.....	15
2.2 QUÉ ES SEIS SIGMA.....	15
2.3 PASOS DE LA METODOLOGÍA DMAIC	16
2.3.1 Definir:	16

2.3.2	Medir:.....	17
2.3.3	Analizar:.....	18
2.3.4	Improve (Mejorar):.....	19
2.3.5	Controlar:	19
CAPÍTULO III.....		21
PROCESO DE FABRICACIÓN DE CERÁMICA		21
3.1	INTRODUCCIÓN	21
3.2	EQUIPOS Y MAQUINARIA.....	21
3.3	CLASIFICACIÓN DE LA CERÁMICA.....	23
3.4	PROCESO PRODUCTIVO	23
3.4.1	MOLIENDA Y ATOMIZADO	23
3.4.2	PRENSADO.....	24
3.4.3	SECADO.....	25
3.4.4	ESMALTADO	26
3.4.5	EMPAQUE	26
CAPÍTULO IV.....		27
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CERÁMICAS		27
4.1	ETAPA DE DEFINICIÓN.....	27
4.1.1	SELECCIÓN DE PROYECTOS	27
4.1.2	PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS	32
4.1.3	DEFINICIÓN DE PROYECTOS	32
4.1.4	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	33
4.2	ETAPA DE MEDICIÓN.....	34
4.2.1	CADENA DE VALOR.....	34
4.2.2	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO	35
4.2.3	DATOS ESTADÍSTICOS	37
4.2.4	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN	39
4.2.5	SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	42
4.2.6	PRUEBA DE NORMALIDAD DE DATOS.....	43
4.2.7	ESTABILIDAD DE LOS DATOS	44
4.2.8	CAPACIDAD DEL PROCESO.....	46
4.3	ETAPA DE ANÁLISIS	48

4.3.1 DETERMINACIÓN DE CAUSA RAÍZ	48
4.3.2 DETERMINACIÓN DE FALLAS POTENCIALES	51
4.4 ETAPA DE IMPROVE (MEJORAR)	53
ACCIÓN#1	53
ACCIÓN#2	54
ACCIÓN#3	54
ACCIÓN#4	55
ACCIÓN#5	55
4.4.1 MONITOREO DE ACCIONES IMPLEMENTADAS	59
4.5 ETAPA DE CONTROL.....	60
4.5.1 CARTAS DE CONTROL DE MEDIAS	60
CAPÍTULO V	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1. Balanza Comercial del Ecuador.....	XI
Gráfico 2. Modelo Histograma	5
Gráfico 3. Símbolos Diagrama Flujo de Procesos	6
Gráfico 4. Modelo Diagrama de Ishikawa	7
Gráfico 5. Modelo Gráficas de Control.....	8
Gráfico 6. Diagrama de Pareto.....	10
Gráfico 7. Tipos de relación.....	11
Gráfico 8. Etapas de la metodología DMAIC	16
Gráfico 9. Área de Producción.....	22
Gráfico 10. Molienda y Atomizado	24
Gráfico 11. Prensadora.....	25
Gráfico 12. Secado	25
Gráfico 13. Esmaltado.....	26
Gráfico 14. Empaque	26
Gráfico 15. Pregunta 1: ¿Cuáles son las necesidades de los clientes?	28
Gráfico 16. Pregunta 2: En ¿qué área aparecen con frecuencia los reprocesos?.....	28
Gráfico 17. Pregunta 3: ¿Qué producto genera rechazos / devoluciones?	29
Gráfico 18. Pregunta 4: ¿Qué áreas presentan reclamos de clientes?	29
Gráfico 19. Pregunta 5: ¿Por qué se generan los reprocesos?.....	30
Gráfico 20. Pregunta 6: ¿Cuáles consideran son los puntos de mejora en la organización?.....	30
Gráfico 21. Cadena de valor.....	35
Gráfico 22. Caracterización del proceso de Producción	36
Gráfico 23. Macro Mapa de Procesos - Producción.....	36
Gráfico 24. Producción planificada vs real producido en m ² en el año 2015	37
Gráfico 25. Productos no conformes en m ² en el año 2015	38
Gráfico 26. Devoluciones y PNC en m ² en el año 2015	39
Gráfico 27. Diagrama de Pareto de variables de entrada	41
Gráfico 28. Prueba de normalidad de % absorción de agua.....	43
Gráfico 29. Prueba de normalidad de peso	44
Gráfico 30. Gráfica R de variable peso	45
Gráfico 31. Gráfica R de variable porcentaje de absorción de agua	45
Gráfico 32. Análisis de capacidad de variable peso.....	46
Gráfico 33. Análisis de capacidad de variable porcentaje de absorción de agua	47
Gráfico 34. Diagrama de Ishikawa – Producto no conforme	49
Gráfico 35. Carta de control Xbarra-R variable peso.....	60
Gráfico 36. Carta de control Xbarra-R variable porcentaje de absorción de agua.....	61

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Tipos de cartas de control para variables	9
Tabla 2. Tipos de cartas de control para atributos.....	9
Tabla 3. Ponderación para el grado de severidad.....	12
Tabla 4. Ponderación para la probabilidad de incidencia.....	13
Tabla 5. Ponderación para la habilidad para detectar.....	13
Tabla 6. Selección de proyectos.....	31
Tabla 7. Definición del problema.....	33
Tabla 8. Puntuación del nivel de impacto	40
Tabla 9. Puntuación del nivel de impacto	40
Tabla 10. Variables críticas.....	41
Tabla 11. 5 Por qué's de causas críticas de producto no conforme.....	50
Tabla 12. AMEF - Análisis de Modo y Efecto de Fallas del proceso de Fabricación de cerámica ..	52
Tabla 13. Cronograma de acciones a implementar	58
Tabla 14. Indicadores de Control	59
Tabla 15. Conclusiones y Recomendaciones de objetivos específicos	63
Tabla 16. Conclusiones y Recomendaciones de metodología DMAIC	65

INTRODUCCIÓN

La zona del Austro es un lugar de atracción para los fabricantes de cerámicas, debido a la riqueza en minerales y recursos naturales que ésta posee, tales como arcilla, caolines, cuarzo, sílice, feldespatos, entre otros, los cuales son incorporados bajo un proceso de control de elementos como la temperatura, la presión y el tiempo, y así lograr el producto final.

En el 2013, la industria alfarera sufre cambios en la reducción de sus importaciones, de acuerdo a la normativa expedida en la resolución 116 del Comité de Comercio Exterior, la misma que “considera el artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador en la sección novena “personas usuarios y consumidoras”, establece el derecho que tienen las personas a disponer de bienes de óptima calidad, por lo que se estableció incluir el “Certificado de Reconocimiento”, documento exigible como soporte a la Declaración Aduanera para todas las mercancías embarcadas”¹.

A lo largo de estos últimos 5 años, la balanza comercial del Ecuador en su mayoría demuestra que las importaciones son mayores que las exportaciones totales, como se demuestra en el siguiente gráfico:



Gráfico 1. Balanza Comercial del Ecuador

Fuente: Banco Central del Ecuador

Autor: Luisa María Zúñiga

¹ Comité de Comercio exterior, Resolución 116, Ecuador-2013.

Como se muestra en el gráfico 1, nuestro país ha presentado déficit comercial, al ser las exportaciones menores que las importaciones totales, siendo el año 2015 el período de mayor déficit presentado en los últimos 5 años.

No obstante, la industria alfarera ha sobrellevado la reducción de importaciones positivamente, analizando su capacidad de producción local que abastece la demanda nacional actual, enfocados a la estrategia del país de cambiar la matriz productiva, sin tener que descuidar los niveles de calidad a los que están sujetos de revisión por la norma exigida.

La producción de cerámica en el país, frente a la reducción de importaciones, se abre paso a una nueva era de incrementos en producción nacional, impulsando la mano de obra local y trabajando intensamente en el valor agregado de los productos finales.

Para todo aquello, las empresas de la industria alfarera, han tenido que tomar importantes decisiones, como el incremento de personal, sustituir las importaciones, realizar nuevas inversiones, adquirir maquinarias, ampliar las áreas de trabajo, adquirir nuevos esquemas de cambio en los flujos de los procesos, entre otros.

Cabe indicar, que estas nuevas formas adquiridas no deben afectar la calidad final del producto a comercializar. Unas empresas podrán asumir el reto de constituir una integración vertical hacia atrás o implementar mejoras que ayuden a contribuir a mantener la calidad de los productos ofertados al mercado; otras en cambio, podrán tener obstáculos que superar en el camino hacia lograr brindar un producto con óptimas calidades y que cubran las expectativas de sus clientes.

JUSTIFICACIÓN

La competitividad diaria que enfrentan las empresas en la actualidad, los conlleva a brindar productos altamente calificados y que cumplan con los estándares y excelencia óptima. El método que utilicen las empresas dependerá del grado de apetito que deseen obtener en sus resultados financieros y en la fidelidad de sus clientes.

La metodología DMAIC (por sus siglas en inglés Define, Measure, Analyze, Improve, Control) ayudará a estandarizar una cultura de calidad a lo largo de todo el proceso de producción que impactará en los resultados finales de los procesos que se nutren del área de producción, como son las ventas, atención al cliente, entre otros.

La empresa objeto a estudio, presenta incumplimientos a los requisitos que deben contener sus productos finales, generando productos no conformes que incurren en mayores gastos de producción. Es por esto, que el presente proyecto de titulación está enfocada a realizar la aplicación de la metodología DMAIC en cada una de sus etapas de producción, tomando como base referencial la información del año 2015.

OBJETIVOS GENERALES

Con el desarrollo del presente proyecto de titulación, se plantea como objetivo realizar un análisis a cada una de las actividades que comprenden el proceso de fabricación de cerámicas, con el fin de realizar mejoras incrementales al proceso mediante la aplicación de la metodología DMAIC.

Con la aplicación de esta herramienta de calidad y el uso de la estadística, se espera obtener resultados positivos a la reducción de los productos no conformes, identificando las causas raíces de los defectos encontrados a lo largo del flujo del proceso, establecer oportunidades de mejora e implementar los controles y medidas que aseguren un eficaz y eficiente resultado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El presente proyecto de titulación tiene como objetivos:

- Analizar y determinar las causas que originan el incumplimiento de las especificaciones técnicas.
- Realizar una reducción significativa al volumen de productos no conformes. Esta reducción se enfoca a los productos de la línea de cerámicas por incumplimiento de especificaciones técnicas y niveles de calidad del producto.
- Aplicar la metodología DMAIC con el objetivo de enfocar a la empresa objeto de estudio en la búsqueda de la mejora continua al desempeño de sus procesos.
- Reducir los reprocesos en la fabricación.
- Proponer acciones de mejora que contribuyan a mantener controlados los procesos y que no se incurran en incumplimientos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. NORMATIVA INEN

1.1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) fue fundado en el año 1970, es un organismo creado con el objetivo de normalizar la reglamentación técnica.

Según el artículo 15 de la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad indica que: “El Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN tendrá las siguientes funciones:

- a) Cumplir las funciones de organismo técnico nacional competente, en materia de reglamentación, normalización y metrología, establecidos en las leyes de la República y en tratados, acuerdos y convenios internacionales;
- b) Formular, en sus áreas de competencia, luego de los análisis técnicos respectivos, las propuestas de normas, reglamentos técnicos y procedimientos de evaluación de la conformidad, los planes de trabajo, así como las propuestas de las normas y procedimientos metrológicos;
- c) Promover programas orientados al mejoramiento de la calidad y apoyar, de considerarlo necesario, las actividades de promoción ejecutadas por terceros;
- d) Preparar el Plan Nacional de Normalización que apoye la elaboración de reglamentos técnicos para productos;
- e) Organizar y dirigir las redes o subsistemas nacionales en materia de normalización, reglamentación técnica y de metrología;
- f) Prestar servicios técnicos en las áreas de su competencia;
- g) Previa acreditación, certificación y/o designación, actuar como organismo de evaluación de la conformidad competente a nivel nacional;
- h) Homologar, adaptar o adoptar normas internacionales;

- i) El INEN coordinará sus acciones con instituciones públicas y privadas dentro del ámbito de su competencia; y las demás establecidas en la ley y su reglamento.”²

1.2 REGLAMENTOS ECUATORIANOS

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) contiene una serie de normas técnicas referentes a la determinación de productos conformes con base a criterios de calidad del producto, que serán utilizados como referencia y marco normativo en el desarrollo del presente estudio.

Entre las normas a considerar para la elaboración de cerámicas, que contienen como base la norma ISO 13006, tenemos:

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 644 - Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación y características.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 645 - Baldosas cerámicas. Muestreo y bases para aceptación.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 647 - Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia al cuarteado de baldosas esmaltadas.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 648 - Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a los agentes químicos.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 650 - Baldosas cerámicas. Determinación de las dimensiones y calidad superficial.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 651 - Baldosas cerámicas. Determinación de la absorción de agua. Porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad total.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 652 - Baldosas cerámicas. Determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 654 - Baldosas cerámicas. Requisitos.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2189 - Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de baldosas sin esmaltado.

² Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, Quito-2007.

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2190 - Baldosas cerámicas.
Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de baldosas esmaltadas.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2198 - Baldosas cerámicas.
Determinación de la resistencia a las manchas.

Estas normas técnicas ecuatorianas tienen como objetivo principal, ofrecer a los consumidores productos que contengan y cumplan con requisitos mínimos de calidad; más sin embargo, existen organizaciones que consideran que estas imposiciones son obstáculos que impiden o retrasan la comercialización de sus productos.

1.3 COMPARACIÓN NTE INEN 644 VERSUS ISO 13006

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) adoptó la norma ISO 13006:1998 a las normas técnicas ecuatorianas. La estructura de la norma NTE INEN 644 frente a la ISO 13006 son similares en cuanto a las definiciones, clasificaciones y características detalladas.

La diferencia entre la norma nacional NTE INEN 644 y la norma internacional ISO 13006 radica en el objeto, la norma ISO 13006 abarca hasta el rotulado y las especificaciones, las mismas que han sido contempladas en la norma nacional NTE INEN 654 que se enfoca específicamente en los requisitos que deben cumplir las baldosas cerámicas en cuanto a inspección, rotulado, especificaciones y pedido.

2. CALIDAD

La calidad es el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumplen con los requisitos”, así lo define la ISO 9000:2015.³ Sin embargo, para llegar a un concepto de calidad moderno, esta ha sufrido una serie de evoluciones a lo largo del tiempo. La calidad y su planificación son temas de controversia universal y es un tema importante en el desarrollo y cumplimiento de las metas en las organizaciones.

³ ISO 9000:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabularios, Publicado por la Secretaria Central de ISO, Suiza-2015 cuarta edición.

Joseph Juran, famoso gurú de la calidad define la planificación de la calidad como “uno de los tres procesos básicos de gestión por medio de los cuales gestionamos la calidad. El objeto de planificar la calidad es suministrar a las fuerzas operativas los medios para producir productos que puedan satisfacer las necesidades de los clientes”.⁴

Y es esa necesidad de los clientes, que logra que las organizaciones se esfuercen en cumplirlas o superarlas. Muchas organizaciones a nivel mundial, tienen entre sus metas institucionales la satisfacción del cliente, para ello invierten e incentivan a su personal a realizar cada actividad con esmero, pulcritud y excelencia. Caso contrario, el sobreponerse a fuertes pérdidas por deficiencias en los procesos puede acarrear a una disminución de sus ventas, dado que en el mercado se cuenta con competidores claves, los costos de la mala calidad así como los reclamos y quejas de los clientes, sería un costo enorme para cada organización.

3. PRODUCTO NO CONFORME

El origen de una inconformidad radica en el incumplimiento de un requisito o característica establecida, ya sea en una parte o en la totalidad de un proceso. La norma ISO 9000:2015 define el producto no conforme como “producto que no cumple con las características requeridas”⁵

La falta de control dentro del proceso o la ausencia de planificación para cumplir con estos requisitos son fuentes generadoras de productos no conformes. Y es aquí, donde la organización debe centrar sus esfuerzos para identificar la causa que originan estos incumplimientos, revisar el alcance del problema y determinar las acciones correctivas que ayudaran a eliminar la no conformidad detectada y prevenir que vuelva a suceder.

⁴ Juran Joseph M., Juran y la Planificación para la Calidad, Ediciones Díaz de Santos, 1990

⁵ ISO 9000:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabularios, Publicado por la Secretaría Central de ISO, Suiza-2015 cuarta edición.

4. HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Con la finalidad de contar con información que ayude a analizar y determinar los problemas presentes en la empresa objeto a estudio, se detalla a continuación aquellas herramientas enfocadas para el control de la calidad:

4.1 HISTOGRAMAS

Según Edgardo Escalante, lo define como “un despliegue gráfico del número de veces que ocurre un hecho determinado en una serie de observaciones, en donde la tendencia más alta del gráfico indica la tendencia central de los datos”.⁶

Los datos presentados en el histograma están conformados por intervalos y frecuencias y permiten visualizar una tabla de datos y su respectiva distribución y dispersión. Su representación gráfica es en forma de barras, en el eje vertical se ubican las frecuencias mientras que en el eje horizontal se representan los valores de las variables a analizar. Su utilización es para variables continuas y discretas, con una visualización de datos de manera clara y ordenada.

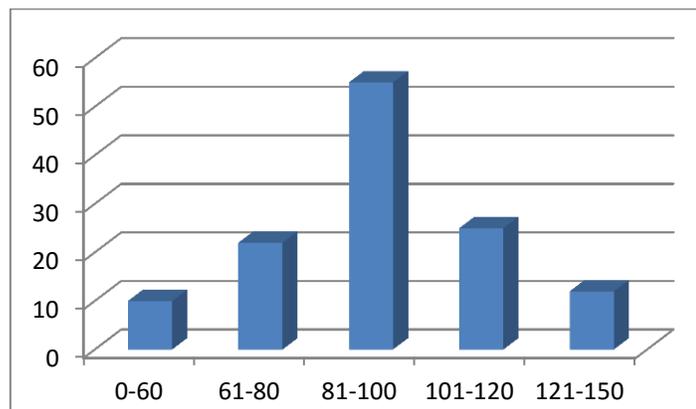


Gráfico 2. Modelo Histograma

Fuente: Propia

Autor: Luisa María Zúñiga

⁶ Escalante Edgardo, Seis Sigma: Metodología y Técnicas, Limusa, Mexico-2003.

Existen varios tipos de histogramas, entre ellos se encuentran los de barra simples, barras agrupadas, barras compuestas, polígono de frecuencias y ojivas. Su uso dependerá de la representación de la información a analizar y del tipo de información que se posea.

4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Es la forma de representar gráficamente el flujo de actividades de un proceso, donde cada actividad toma un símbolo gráfico que define la descripción de una etapa. Estos símbolos se encuentran unidos mediante flechas que determina la dirección del flujo.

El diagrama de flujo de proceso brinda a los usuarios una comprensión rápida del proceso, identificando las actividades y sus relaciones entre sí. Ayuda de igual manera a determinar el alcance de un proceso.

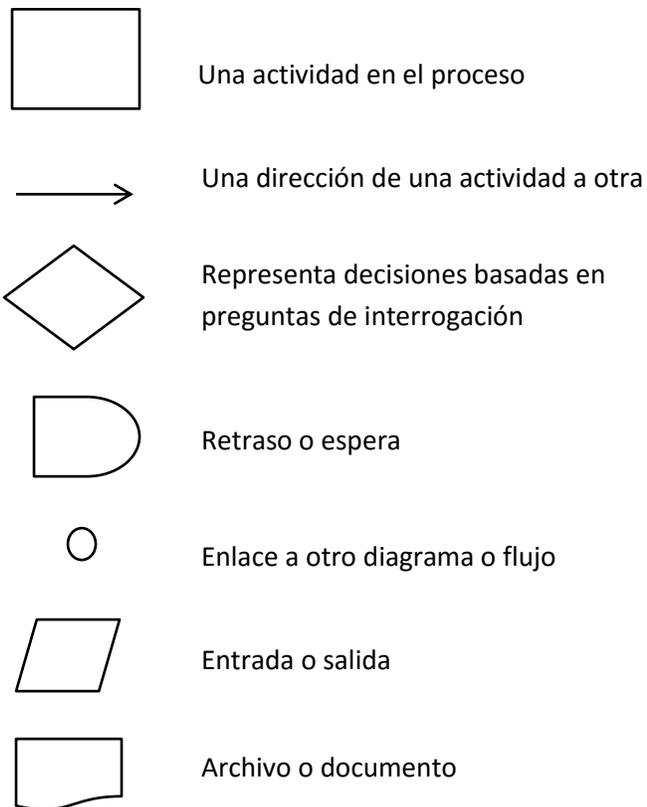


Gráfico 3. Símbolos Diagrama Flujo de Procesos
Fuente: Propia
Autor: Luisa María Zúñiga

4.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

El diagrama de Ishikawa, diagrama causa-efecto o diagrama de espina de pescado fue implementado por Kaoru Ishikawa con el objetivo de identificar las principales causas y sus efectos a través de categorías que segregaran las causas conectados con una línea central (espina de pescado).

Cada categoría ayuda a enfocar las causas en subgrupos:

Mano de Obra: Problemas que enfrentan los trabajadores.

Medio: Efectos de medio ambiente y clima laboral.

Material: Suministros del proveedor adecuados o de mala calidad?.

Método: Se cuenta con herramientas adecuadas?.

Maquinaria: Se efectúan los mantenimientos adecuados?.

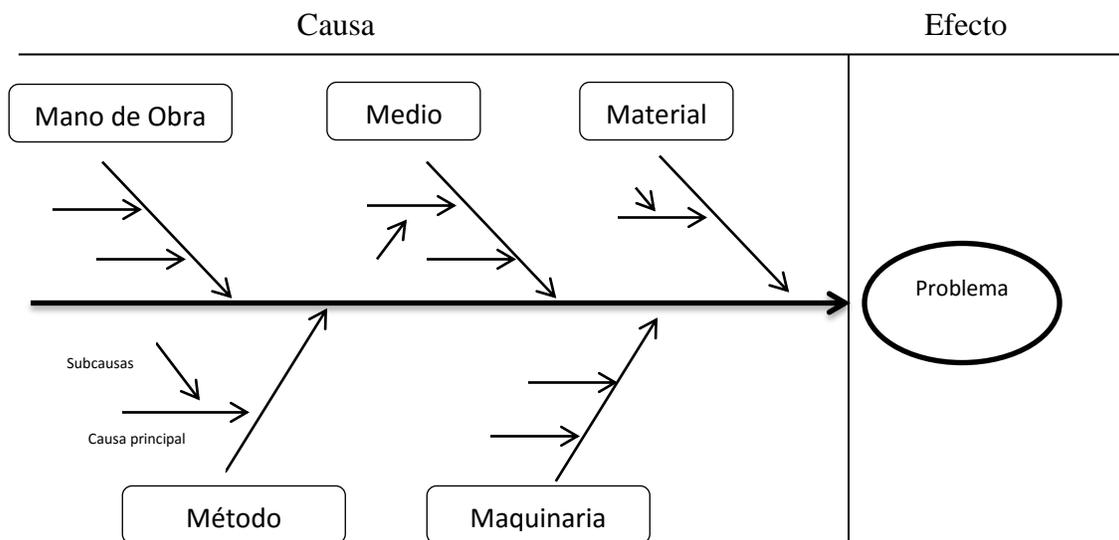


Gráfico 4. Modelo Diagrama de Ishikawa

Fuente: Propia

Autor: Luisa María Zúñiga

Este diagrama identifica las causas potenciales por lo que se deberá complementar con otra herramienta de análisis para determinar las conclusiones de las causas principales.

4.4 GRÁFICAS DE CONTROL

Las gráficas de control fueron utilizadas durante la II Guerra Mundial por parte de las empresas industriales con el objetivo de controlar sus procesos. Desarrolladas por el Dr. Shewart.

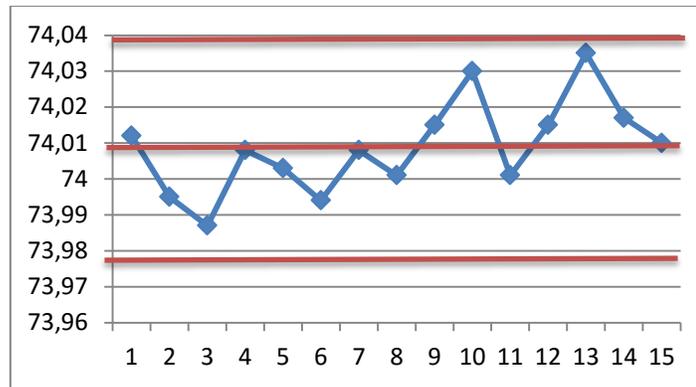


Gráfico 5. Modelo Gráficas de Control
Fuente: Propia
Autor: Luisa María Zúñiga

Son cartas de control con una característica de calidad a analizar, compuesta por una línea central y dos límites de control (superior e inferior).

Su función principal es evaluar la estabilidad de un proceso, analizando los datos frente a los límites de control a los que está sujeta. Según Escalante, los gráficos de control se utilizan:

- Para evaluar el desempeño de un proceso por medio de estudios de capacidad.
- Para mejorar el desempeño de un proceso al dar indicaciones sobre las posibles causas de variación.
- Para mantener el desempeño de un proceso al indicar el tiempo de ajustes del mismo.⁷

⁷ Escalante Edgardo, Seis Sigma: Metodología y Técnicas, Limusa, Mexico-2003.

En las cartas de control se pueden graficar variables o características denominadas “atributos” y existen varios tipos para cada una de ellas:

- **Cartas de control para variables:** Se aplican a una característica de calidad que sea “medible” tales como temperatura, humedad, peso, longitudes, entre otros.

Carta	Descripción
$\bar{X} - R$	Medias y Rangos
$\bar{X} - S$	Medias y Desviación Estándar
$X - R_m$	Mediciones y Rangos Móviles

Tabla 1. Tipos de cartas de control para variables

Fuente: Propia

Autor: Luisa María Zúñiga

- **Cartas de control para atributos:** Se aplican a una característica de calidad que no se pueden medir, como nivel de conformidad o no conformidad, defectuoso o no defectuoso.

Carta	Descripción
p	Proporción
np	Número de defectos
c	Defectos
u	Promedio de defectos por unidad

Tabla 2. Tipos de cartas de control para atributos

Fuente: Propia

Autor: Luisa María Zúñiga

4.5 DIAGRAMA DE PARETO

Consiste en ordenar los datos en orden descendente, es decir con frecuencia de mayor a menor y aplicar la regla del 80 – 20, la cual significa que “pocas causas (20%) generan la mayor cantidad de problemas (80%)”.

En el diagrama de Pareto se puede identificar los “pocos vitales” y los “muchos triviales, los primeros son representados por la parte izquierda del gráfico. El diagrama de Pareto ayuda a determinar las causas que tienen mayor impacto sobre un problema y a dar prioridad en ellas.

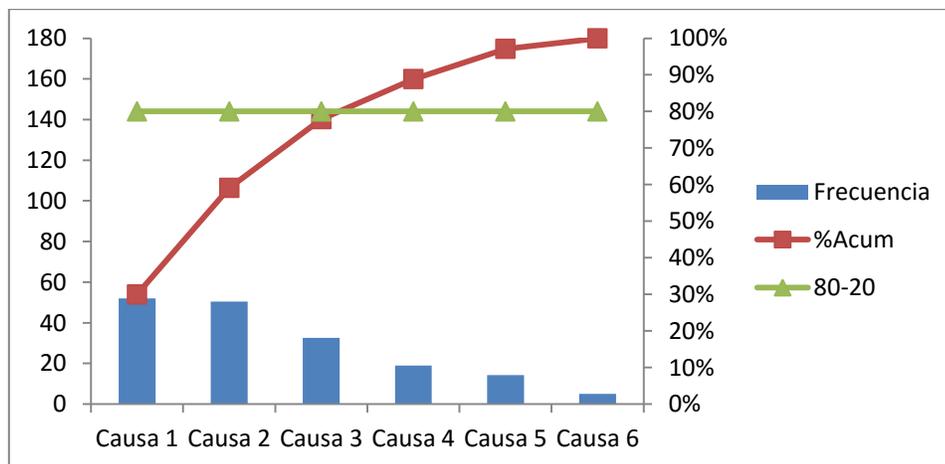


Gráfico 6. Diagrama de Pareto

Fuente: Propia

Autor: Luisa María Zúñiga

4.6 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

Se lo conoce también como gráficos de correlación y su objetivo es analizar la relación entre dos variables.

“Hay tres métodos de validación que el equipo puede usar: una recolección de datos básicos, un experimento diseñado o un diagrama de dispersión.”⁸ Se dice que las variables poseen una relación directa cuando estas crecen o decrecen en la misma dirección.



Gráfico 7. Tipos de relación
Fuente: Seis Sigma, Metodología y Técnicas
Autor: Luisa María Zúñiga

4.7 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Según Escalante lo define como “Se usan para comprobar afirmaciones sobre la forma de distribución de una población o sobre los valores de sus parámetros utilizando una muestra aleatoria escogida de esa población”⁹.

Para la elaboración de las pruebas de hipótesis, se debe de tomar en cuenta los siguientes elementos:

- **Hipótesis nula:** Conocida como H_0 o como hipótesis verdadera, pero que deberá ser sometida a una comprobación experimental.
- **Hipótesis alternativa:** Conocida o denotada como H_1 y la cual es aceptada solo si la hipótesis nula es rechazada.
- **Nivel de confianza** de la prueba.
- **Estadístico de prueba:** Variable que resume la información de la muestra.
- **Región de rechazo:** Zona en la que el estadístico de prueba se encuentra denotada y en la que se concluye aceptar o rechazar la hipótesis nula.

⁸ Eckes George, El Six Sigma para todos, Norma, Bogota-2004.

⁹ Escalante Edgardo, Seis Sigma: Metodología y Técnicas, Limusa, Mexico-2003.

4.8 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

Es un grupo sistemático de actividades con el propósito de:

- Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, y los efectos de dichas fallas.
- Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
- Documentar todo el proceso.¹⁰

Los elementos que intervienen en el desarrollo de esta herramienta son:

- **Modo de falla:** El defecto o incumplimiento.
- **Efecto de la falla:** El resultado que se obtiene al no eliminarse o disminuir el modo de falla.
- **Causa:** Fuente que origina el modo de fallo.
- **Gravedad / Severidad:** Grado en el que el cliente percibe los fallos, para ello se utiliza la siguiente ponderación:

Clasificación	Grado de Severidad	
Muy baja	1	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.
Baja	2 a 3	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.
Moderada	4 a 6	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.
Alta	7 a 8	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.
Muy alta	9 a 10	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.

Tabla 3. Ponderación para el grado de severidad
Fuente: Análisis de modos y efectos de fallas potenciales¹⁰
Autor: Luisa Maria Zúñiga

¹⁰ Rosales Alonso, Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, El Cid, Argentina-2009.

- **Ocurrencia:** La frecuencia con la que ocurren y se utiliza la siguiente ponderación:

Clasificación	Probabilidad de incidencia
Muy baja	1 Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.
Baja	2 a 3 Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.
Moderada	4 a 5 Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.
Alta	6 a 8 El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.
Muy alta	9 a 10 Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.

Tabla 4. Ponderación para la probabilidad de incidencia
Fuente: Análisis de modos y efectos de fallas potenciales¹¹
Autor: Luisa Maria Zúñiga

- **Detección:** Posibilidad de que el sistema en la actualidad detecte las causas que lo originan, se utiliza la siguiente ponderación:

Clasificación	Habilidad para detectar
Muy alta	1 El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.
Alta	2 a 3 El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.
Mediana	4 a 6 El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.
Pequeña	7 a 8 El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.
Improbable	9 a 10 El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.

Tabla 5. Ponderación para la habilidad para detectar
Fuente: Análisis de modos y efectos de fallas potenciales¹¹
Autor: Luisa Maria Zúñiga

- **NPR (Numero de Prioridad de Riesgo):** Resulta de la multiplicación de las clasificaciones de la gravedad, ocurrencia y detección.

5. CAPACIDAD

El objetivo principal de analizar la capacidad de un proceso es calcular la habilidad del proceso para mantenerse dentro de las especificaciones del producto. Según Escalante define como “el índice de capacidad del proceso es una comparación entre la variabilidad natural y la variabilidad especificada.

¹¹ Rosales Alonso, Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, El Cid, Argentina-2009.

Para ello se define el índice de capacidad del proceso C_p , llamado también potencial del proceso como:¹²

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

Donde:

C_p : Capacidad potencial.

LSE: Límite superior especificado.

LIE: Límite inferior especificado.

$\hat{\sigma}$: Estimador desviación estándar.

Si la capacidad de un proceso es:

$C_p \geq 1$; se dice que el proceso es capaz.

$C_p < 1$; se dice que el proceso no es capaz.

¹² Escalante Edgardo, Seis Sigma: Metodología y Técnicas, Limusa, Mexico-2003.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DMAIC

2.1 ORÍGENES

La metodología DMAIC por sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyze, Improve y Control) fue desarrollada por la empresa Motorola y es una herramienta de la metodología Seis Sigma cuyo objetivo es incrementar la mejora en procesos ya existentes.

Aunque su historia data a mediados de los años 80's gracias al Ing. Mikel Harry, quien motivado por los conceptos de Deming, deseaba obtener una reducción en la variabilidad de los procesos con el fin de mejorarlos, fue en los años 90's que el presidente de la empresa General Electric, Jack Welch, decidió utilizar esta herramienta con bases en la estadística, obteniendo resultados favorables a la economía de su empresa y alcanzando óptimos niveles de calidad en sus procesos y productos.

La letra sigma (σ) en términos estadísticos, es conocido como la desviación estándar, que representa la variación típica de una población. Se utilizó esta herramienta estadística con el objetivo de llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades, midiendo la distancia entre la media y ambos límites de especificaciones.

Alcanzar este objetivo máximo, es lograr un ideal de cero defectos. Este ideal podría sonar ambicioso para algunas organizaciones, mientras que para otras sería un verdadero reto a obtener. Cualquiera de los dos caminos que escoja la organización, sólo la segunda podrá conocer la satisfacción del deber cumplido con la aplicación de la metodología seis sigma.

2.2 QUÉ ES SEIS SIGMA

Podemos definir Seis Sigma como:

1. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
2. Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.

3. Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.¹³

2.3 PASOS DE LA METODOLOGÍA DMAIC

La metodología DMAIC está conformada por 5 etapas, las cuales son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar¹⁴.

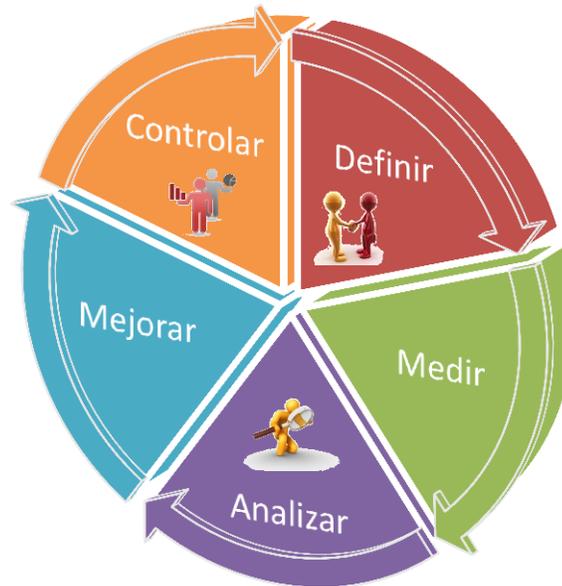


Gráfico 8. Etapas de la metodología DMAIC

Fuente: The Six Sigma Handbook

Autor: Luisa María Zúñiga

2.3.1 Definir:

La fase de definición se enfoca en determinar qué procesos intervienen en la satisfacción y expectativa de los clientes y qué cualidad debe estar presente en el proceso crítico para mantener al cliente satisfecho.

Dentro de esta etapa de definición, se utilizan herramientas que ayudarán de forma ágil y eficaz a identificar las necesidades de los clientes y determinar el proceso que deberá ser

¹³ Lefcovich Mauricio, Seis Sigma hacia un nuevo paradigma en gestión, El Cid, argentina-2009.

¹⁴ Pyzdeck Thomas, The Six Sigma Handbook, McGraw-Hill, United States-2003.

sujeto a análisis, debido a su impacto tanto en la ejecución del proceso como en la calidad del producto final.

Para ello, se deberá partir con la definición del alcance del problema; es decir, analizar la situación actual del problema, qué proceso es el que causa la no satisfacción del cliente, si es por incumplimiento de los requisitos del cliente, incumplimiento en los procesos internos establecidos por la organización, o por nuevas necesidades de los clientes.

La definición del problema debe extenderse a encontrar dónde están sucediendo los problemas; es decir, si es en una región establecida, si es en la ejecución de una determinada línea de procesos, o si es para un producto particular. Adicional, se deberá analizar el tiempo de partida del problema, su extensión o impacto en las quejas de los clientes y en la rentabilidad del proceso.

2.3.2 Medir:

La etapa de medición tiene como objetivo principal establecer o definir aquellas variables críticas que intervendrán en el proceso y definir el sistema de medida para analizar la capacidad del mismo. Así como, conocer la forma en que se desarrolla el proceso y su flujo de actividades, cuáles son los parámetros de medición del proceso y su interrelación con las necesidades del cliente.

Herramientas como el mapeo de procesos, macro mapa de procesos, diagrama de flujo de procesos, el diagrama SIPOC; son algunos de los ejemplos de instrumentos utilizados dentro de la etapa de medición, que ayudarán a identificar cada uno de los procesos intervinientes, que según su definición en la norma ISO 9000 está establecida como “el conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”¹⁵.

¹⁵ ISO 9000:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad - Fundamentos y Vocabularios, Publicado por la Secretaria Central de ISO, Suiza-2015 cuarta edición.

Dentro de esta etapa de medición, el uso de la estadística descriptiva es de vital importancia para la recolección y análisis de los datos.

2.3.3 Analizar:

Comprende el análisis y la determinación de la causa raíz del problema, así como el desarrollo de pruebas de hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto, partiendo de la verificación de la distribución de los datos, formulación de la hipótesis nula y alterna, la determinación de la región de rechazo y la toma de decisiones.

El diagrama de Ishikawa o conocida también como el diagrama de espina de pescado o diagrama de causa-efecto, es una herramienta útil para la determinación de la raíz de un problema, la cual consiste en describir el efecto a analizar en la cabeza del pescado, mientras que las 5 categorías relacionadas a mano de obra, materiales, método, máquina y medio ambiente son agrupadas en las espinas del pescado; de esta manera, se podrá visualizar globalmente la causas y efectos de un problema específico.

La metodología de los 5 porqués es una herramienta vital para el desarrollo de esta etapa, la cual consiste en preguntar y responder hasta 5 veces el porqué del suceso y así determinar la causa raíz de la problemática planteada.

El análisis de la capacidad del proceso se lleva a cabo cuando el proceso se encuentra bajo control, con el objetivo de analizar las estimaciones de los parámetros que determinan su variabilidad y determinar la capacidad del proceso en relación al cumplimiento de las especificaciones planteadas. Los gráficos de control son las herramientas útiles para el desarrollo de este análisis.

Con la ayuda de la herramienta AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) se analizan las fallas potenciales del proceso y se proponen mejoras para eliminar los defectos.

2.3.4 Improve (Mejorar):

Una vez obtenido los resultados de la etapa anterior, se procede a identificar y seleccionar las opciones de solución, desarrollando e implementando planes de acción sobre los problemas identificados; además de, cuantificar los resultados y evaluar los beneficios de la mejora a implementar, para ello es importante tener claro los factores que afectan el problema en estudio.

El diseño de experimentos permitirá analizar datos mediante modelos estadísticos para observar la interacción entre las variables independientes y su afectación en la variable dependiente. De acuerdo a lo publicado por Montgomery, establece que la importancia del diseño de experimentos recae en la necesidad que tienen las empresas de contar con procesos óptimos con la menor variabilidad para incrementar la calidad en sus productos o servicios.¹⁶

En esta etapa el objetivo se centra en identificar y proponer alternativas de mejora que brinden mejoras al proceso.

2.3.5 Controlar:

Fase en la que se deberá establecer los pasos a seguir para asegurar que lo implementado se mantenga o incluso mejore con el objetivo de rediseñar procesos existentes sin descuidar el proceso de mejora continua.

Todos los planes de acción deberán ser monitoreados conforme a una periodicidad establecida y, en caso de que se presente alguna variabilidad se deberá tomar las acciones pertinentes y correctivas que deberán estar alineadas al aseguramiento de la mejora. Sin la ejecución del control, la probabilidad de que se vuelva al estado inicial es alta.

Dentro de la implementación de las soluciones, es importante contar con un plan de trabajo, donde se detalle como mínimo lo siguiente:

¹⁶ Montgomery Douglas, Diseño y Análisis de Experimentos, Limusa Wiley, Mexico-2004.

- Actividades a realizar (tareas).
- Responsables de la realización de las tareas.
- Fechas de cumplimiento de las tareas.
- Recursos necesarios para la implementación.
- Estado de cumplimiento.

Dentro de esta etapa, es de suma importancia contar con procedimientos formalmente definidos y fomentar la capacitación al personal de la organización.

CAPÍTULO III

PROCESO DE FABRICACIÓN DE CERÁMICA

3.1 INTRODUCCIÓN

La cerámica proviene del griego kerámikos, que significa “sustancia quemada” y su naturaleza proviene de la arcilla. Según la normativa NTE INEN 644 define a las baldosas cerámicas como “Placas de poco grosor de arcilla y/u otras materias primas, generalmente utilizadas como revestimientos de pisos y paredes, usualmente moldeadas por extrucción o prensado a temperatura ambiente pero también pueden ser moldeadas por otros procesos, seguidamente son secadas y posteriormente cocidas a suficiente temperatura para que se desarrollen las propiedades requeridas; las baldosas pueden ser esmaltadas (GL) o no esmaltadas (UGL) y son incombustibles e inalterables por la luz”¹⁷.

A lo largo de la historia de la humanidad, se ha hecho presente la materia prima que conforma la elaboración de la cerámica, como lo es la arcilla, que comúnmente era utilizada para la construcción de hornos. Sin embargo, los egipcios fueron los pioneros en la elaboración de la cerámica vidriada que eran utilizados en los pisos y paredes suntuarios, así como en las tumbas.

La evolución de la cerámica y su innovación tecnológica, ha sido viable para abarcar campos desde la construcción, arquitectura hasta la decoración. Su uso es diversificado y va acorde a cada era histórica en la presencia e influencia de países donde la cerámica es un producto de alto consumo.

3.2 EQUIPOS Y MAQUINARIA

Para el proceso de fabricación de cerámica se necesita contar con una planta con óptimas adecuaciones para desarrollar el proceso, así como las maquinarias y materias primas intervinientes.

¹⁷ Norma Técnica Ecuatoriana – Baldosas Cerámicas, Definiciones, Clasificación y Características, NTE INEN 644:2000, Quito-Ecuador-2000.

Algunas de las empresas de cerámica en Ecuador, cuentan con sus propias plantas de regasificación y almacenamiento de gas natural, lo que logra reducir los costos de producción, aumentar la competitividad y aportar al desarrollo ecológico del país.

Entre las maquinarias que se utilizan en el proceso, se cuenta con: Cintas transportadoras, balanzas de precisión, molinos, atomizadores, silos, prensadoras, máquinas de secado, máquinas de líneas de esmaltado, mesas transportadoras, hornos, apiladoras y empacadoras.

La empresa objeto a estudio, posee una (1) planta de producción de cerámica y cuenta con las siguientes áreas de producción:



Gráfico 9. Área de Producción

Fuente: Organigrama de la empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

La materia prima a utilizar en el proceso de fabricación corresponde previamente a un proceso de extracción y preparación de arcillas obtenidas de canteras cercanas, estas arcillas poseen una gran variedad por su composición química que va a depender del producto final que se espera brindar a los consumidores. A su vez, se utilizan materias primas como los feldepatos, el granito, la arena, entre otros.

3.3 CLASIFICACIÓN DE LA CERÁMICA

La cerámica se clasifica de acuerdo a su método de fabricación y a la absorción del agua. La norma técnica ecuatoriana del INEN No. 644-2000 establece la siguiente clasificación para el método de fabricación:

“Hay tres métodos de fabricación que son los siguientes:

- Método A, baldosas extruidas.
- Método B, baldosas prensadas en seco.
- Método C, baldosas fabricadas por otros procesos”.

De igual manera la norma establece la clasificación de la cerámica de acuerdo a la absorción del agua:

“Hay tres grupos según la absorción de agua que son los siguientes:

- Baldosas con baja absorción de agua (Grupo I), $E \leq 3\%$. Además el grupo I está dividido para las baldosas prensadas en seco como sigue:
 - 1) $E \leq 0,5\%$ (Grupo BIa);
 - 2) $0,5\% < E \leq 3\%$ (Grupo BIb);
- Baldosas con mediana absorción de agua (Grupo II), $3\% < E \leq 10\%$. Además, el grupo II, para baldosas extruidas, está dividido como sigue:
 - 1) $3\% < E \leq 6\%$ (Grupo AIIa, Partes 1 y 2);
 - 2) $6\% < E \leq 10\%$ (Grupo AIIb, Partes 1 y 2).
- Baldosas con alta absorción de agua (Grupo III), $E > 10\%$ ”.¹⁸

3.4 PROCESO PRODUCTIVO

3.4.1 MOLIENDA Y ATOMIZADO

Inicia con la recepción y pesado de la materia prima que se encuentra almacenada en las bodegas, las cuales son enviadas al área de producción a través de cintas transportadoras y pesadas en las balanzas de precisión.

¹⁸ Norma Técnica Ecuatoriana – Baldosas Cerámicas, Definiciones, Clasificación y Características, NTE INEN 644:2000, Quito – Ecuador – 2000

Una vez obtenido el peso de las materias primas a utilizar en una determinada producción, son enviadas a los molinos donde se agrega agua y otros ingredientes naturales (Feldespatos y carbonato de calcio) y se procede con el movimiento de agitación, propio del molino, con el objetivo de una adecuada trituración e incorporación de materias primas, el resultado de esta incorporación se lo conoce como barbotina.

Posteriormente, se da inicio al proceso de atomizado con el objetivo de eliminar un porcentaje de agua hasta alcanzar la humedad necesaria para el proceso y que consiste en incorporar la barbotina a altas temperaturas en cámaras de gases, donde cae en forma de polvo debido al contacto con aire caliente proveniente de los quemadores convencionales de gas natural.

La barbotina es pasada por un tamizador con el objetivo de separar los residuos obtenidos de la molienda de la barbotina y luego son almacenados en silos de 2 a 3 días para homogeneizar su humedad.

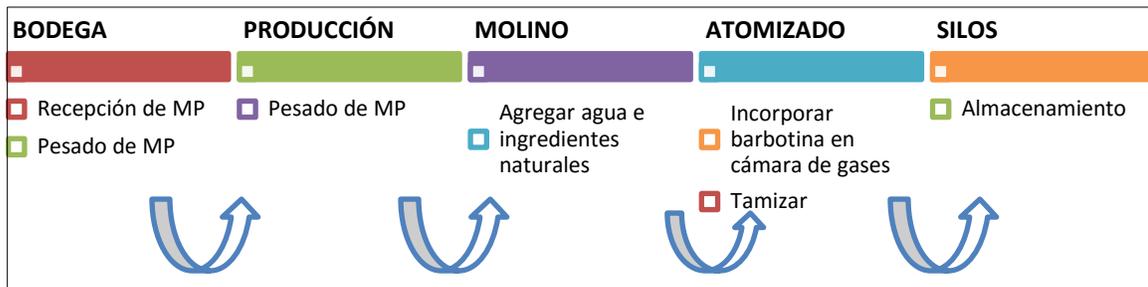


Gráfico 10. Molienda y Atomizado

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

3.4.2 PRENSADO

Es importante conocer las medidas de las baldosas a producir en cada orden para preparar las máquinas prensadoras, las cuales a través de cintas transportadoras conducen el material para la conformación (moldeo) de las piezas.

Las máquinas prensadoras operan por compresión mecánica en el molde, ejercidas por la compactación y presión en una de las superficies de la pieza a través de las prensas

hidráulicas de 25 toneladas, en su interior el polvo se tamiza en los moldes que dan forma a las piezas boca abajo para luego ser volteados por rodillos giratorios para que su cara lisa se ubique cara arriba.

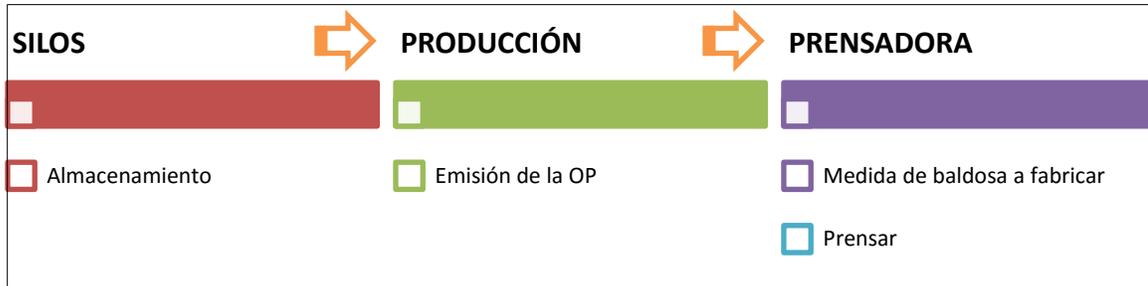


Gráfico 11. Prensadora

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

3.4.3 SECADO

Este proceso oscila en promedio 48 minutos en donde se busca reducir al máximo el porcentaje de humedad de las piezas. El tiempo de secado, dependerá del tipo de cerámica y serigrafía que se va a producir. Y la temperatura consiste en etapas que oscilan los 900 y 1200 grados centígrados.

Las piezas ingresan al horno a una temperatura baja para eliminar el agua en el interior, posteriormente pasa a una zona de temperatura regulada a su máximo nivel donde la pieza adquiere compactación y dureza. Finalmente, a través de ventiladores y dispositivos se elimina el calor obtenido, el cual ayuda a desprender las partículas sueltas y que en conjunto con la máquina pulidora deja las piezas perfectamente lisas.

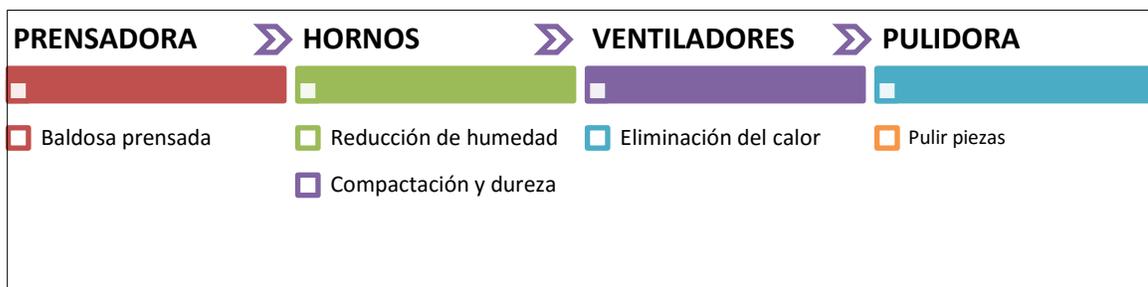


Gráfico 12. Secado

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

3.4.4 ESMALTADO

Las piezas son transportadas a las líneas de esmaltado y acabados, donde el área de laboratorio de esmaltes impregna el diseño serigráfico en la pieza a través de rodillos de acuerdo a la orden de producción. Luego las piezas son conducidas mediante las mesas de transporte a los hornos donde se realiza la cocción y son sometidas a un baño de barniz, que es obtenido de un compuesto de cuarzo, conocido como sílice, que brinda brillo y protección de posibles ralladuras y manchas.

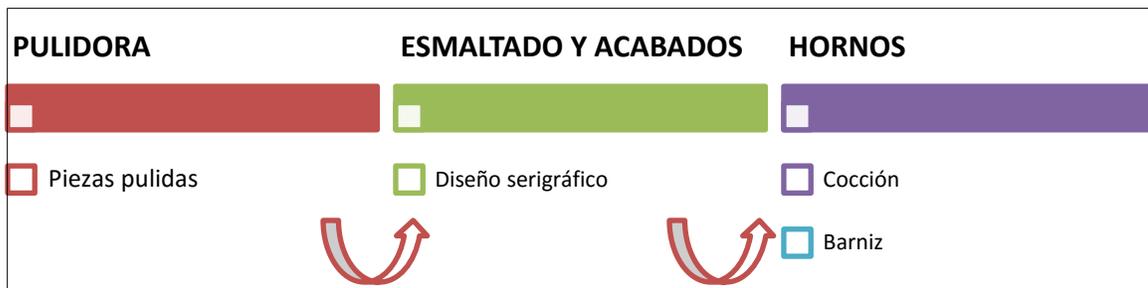


Gráfico 13. Esmaltado

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

3.4.5 EMPAQUE

Las piezas son empacadas por un proceso automático que depende del formato de la cerámica producida y son cargadas manualmente por operadores en los respectivos pallets dependiendo de la cantidad a comercializar. Los montacarguistas conducen los pallets de cerámica al área de emplastado y posteriormente a la zona de despacho o a las bodegas de producto terminado.

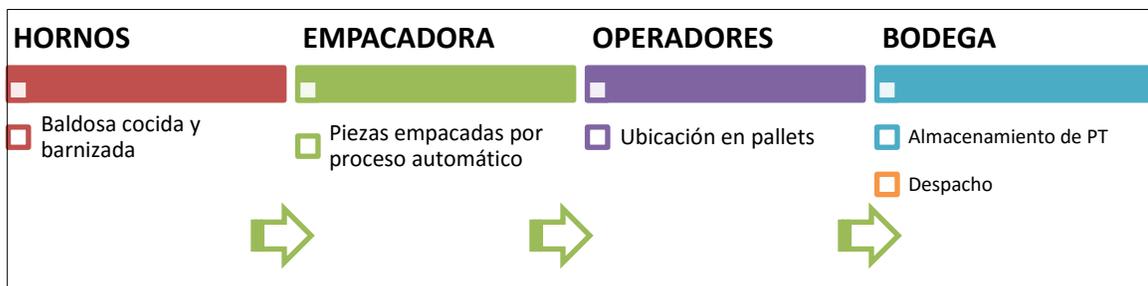


Gráfico 14. Empaque

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CERÁMICAS

4.1 ETAPA DE DEFINICIÓN

Para el desarrollo de la aplicación de la metodología DMAIC, se seleccionó el proceso de fabricación de cerámicas de la empresa objeto a estudio, al ser un proceso clave dentro de la organización y que con base a la alta problemática de los defectos presentados en los productos terminados es necesaria la aplicación de una mejora en el proceso y la identificación de la causa que origina este incumplimiento de las especificaciones técnicas.

El proceso de fabricación se encuentra definido, en el mapa de procesos de la organización sujeto a estudio, como un proceso productivo. Ver en Capítulo IV, gráfico 21 Cadena de valor del presente trabajo.

Sin embargo, se aplicaron las siguientes herramientas para la selección del proyecto en la etapa de definición y al cual se enfocó la aplicación de la metodología DMAIC:

4.1.1 SELECCIÓN DE PROYECTOS

Se revisó la situación actual de la organización antes de seleccionar el proyecto, para lo cual se llevaron a cabo reuniones de trabajo con los miembros de la Alta Dirección y Jefaturas Departamentales, donde se desarrollaron mediante lluvia de ideas las respuestas a una serie de interrogantes.

Resultados obtenidos de la lluvia de ideas



Gráfico 15. Pregunta 1: ¿Cuáles son las necesidades de los clientes?
Fuente: Lluvia de ideas con funcionarios de la empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga

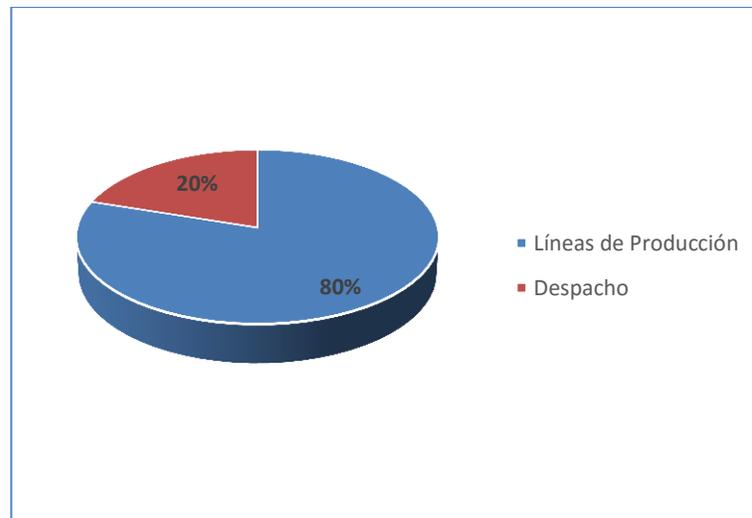


Gráfico 16. Pregunta 2: En ¿qué área aparecen con frecuencia los reprocesos?
Fuente: Lluvia de ideas con funcionarios de la empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga

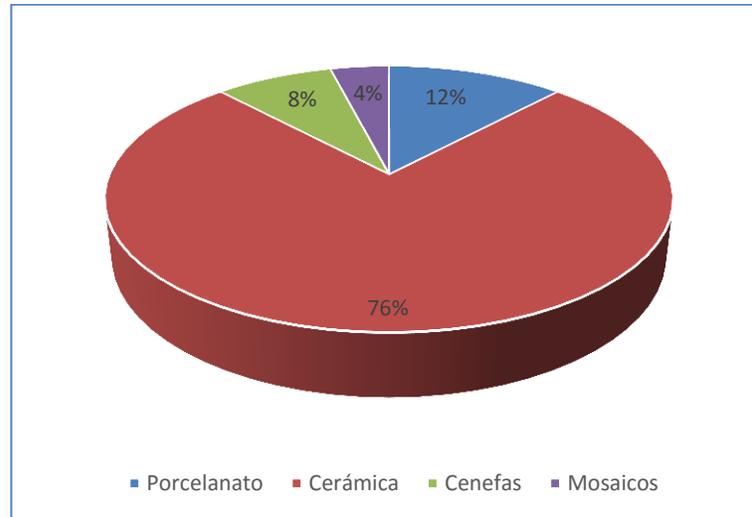


Gráfico 17. Pregunta 3: ¿Qué producto genera rechazos / devoluciones?
Fuente: Lluvia de ideas con funcionarios de la empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga

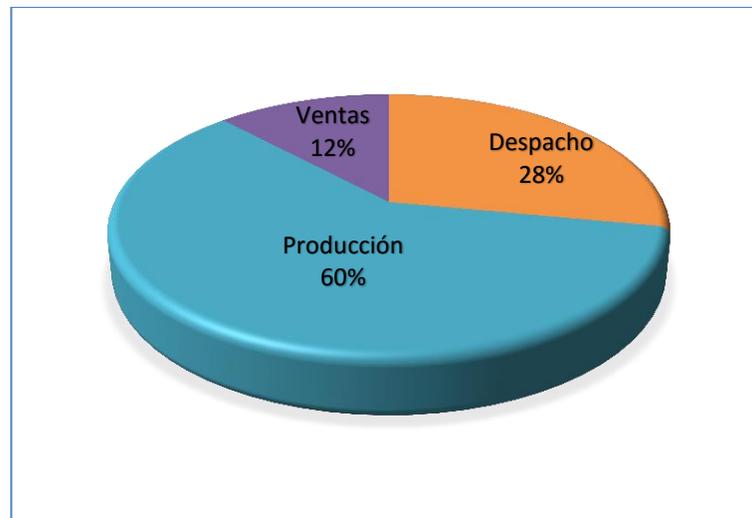


Gráfico 18. Pregunta 4: ¿Qué áreas presentan reclamos de clientes?
Fuente: Lluvia de ideas con funcionarios de la empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga

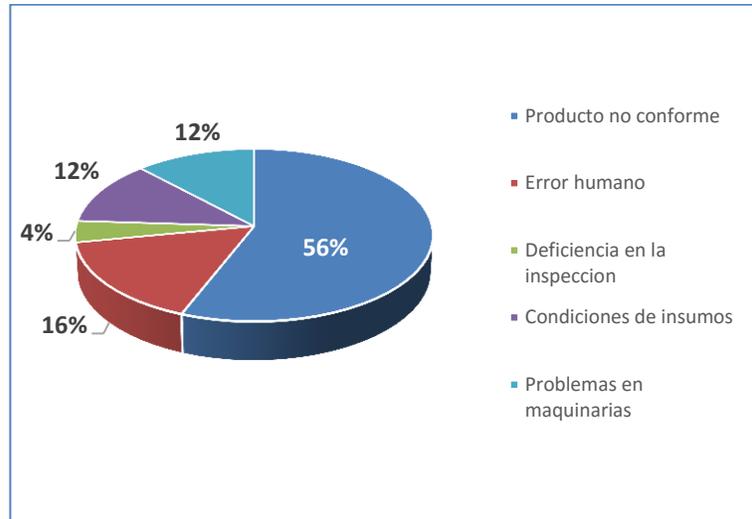


Gráfico 19. Pregunta 5: ¿Por qué se generan los reprocesos?
Fuente: Lluvia de ideas con funcionarios de la empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga



Gráfico 20. Pregunta 6: ¿Cuáles consideran son los puntos de mejora en la organización?
Fuente: Lluvia de ideas con funcionarios de la empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga

Como resultado preliminar del ejercicio realizado, con base a la lluvia de ideas realizada con el personal de la organización, se evidenció que el principal problema se origina por deficiencias en el área de producción, debido a productos no conformes que no cumplen con las especificaciones técnicas del producto que pudieran darse por falta de revisiones de calidad y reprocesos en las líneas de producción que afectan principalmente al proceso de fabricación de cerámica.

Con el objetivo de seleccionar el proyecto a desarrollar, es necesario listar e identificar los proyectos potenciales y aplicar un filtro de selección con base a criterios técnicos, como se detalla a continuación:

No.	Proyecto Propuesto	Criterios técnicos de selección					Cumple?
		1	2	3	4	5	
1	Mejoras en el proceso de despacho		X		X	X	No
2	Reducción de producto no conforme	X	X	X	X	X	Si
3	Mejoras en la atención al cliente (asesoría en ventas)		X	X	X		No

Tabla 6. Selección de proyectos

Fuente: Reunión lluvia de ideas con personal de la empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

En donde los criterios técnicos de selección son:

- 1 – **Repetitivo:** El proyecto ocurre reiterativamente.
- 2 – **Significativo:** El proyecto es importante para cumplir los objetivos de la organización.
- 3 – **Real:** El proyecto puede cumplirse en un corto plazo.
- 4 – **Posibilidades de éxito:** El proyecto debe tener posibilidades de éxito en su desarrollo y logro de resultados.
- 5 – **Cuantificable:** El proyecto debe corresponder a un problema medible, existiendo datos para evaluar el impacto del mismo.

Como podemos observar en la tabla No. 6, el proyecto propuesto que cumple con los 5 criterios técnicos de selección es el de “reducción de producto no conforme” que incide en el proceso de fabricación de la cerámica.

4.1.2 PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS

Luego de contar con la selección del proyecto es primordial destacar la priorización del mismo, el enfoque principal a la selección de la reducción del producto no conforme reincide en:

- El alto impacto que conlleva el proceso a la obtención de la satisfacción de los clientes,
- La reducción de los reprocesos,
- La disminución de costos de no calidad,
- La posible recuperación del nivel de ingresos por ventas realizadas y conformes; y,
- La relación directa con los objetivos estratégicos de la organización.

4.1.3 DEFINICIÓN DE PROYECTOS

Para definir el alcance del proyecto seleccionado, emplearemos la herramienta 5W y 1H, esta herramienta nos ayudará a comprender con precisión el detalle del problema, donde se detallan:¹⁹

What – Qué: Qué problema está ocurriendo.

Where - Dónde: Dónde es observado el problema.

Where – Cuándo: Desde dónde y hasta dónde se lleva a cabo el problema.

Who – Quién: Qué persona es responsable.

Why – Por qué: Motivo por el que sucede el problema.

How – Cómo: Cómo ocurre el problema.

¹⁹ UNIT, Herramientas para la mejora de la calidad, Uruguay-2009.

5W – 1H		Resultado
What - Qué	Qué problema se tiene	Productos no conformes.
Where - Dónde	Dónde ocurre	En las líneas de fabricación de cerámica.
When - Cuándo	Cuándo ocurre	A lo largo del proceso de fabricación.
Who - Quién	Quién es el responsable	Operadores de Producción.
Why – Por qué	Por qué ocurre	Errores operativos.
How - Cómo	Cómo ocurre	La cerámica pasa por las diferentes líneas de fabricación y llega a su almacenamiento de producto terminado hasta su despacho, sin previa verificación exhaustiva de un área de calidad de la totalidad del producto.
<p>Problema: Actualmente existe un alto volumen de productos no conformes por incumplimiento de especificaciones técnicas en el producto de cerámica, originado a lo largo del proceso de fabricación, en sus diferentes líneas, debido a errores operativos.</p>		

Tabla 7. Definición del problema

Fuente: Reunión lluvia de ideas con personal de la empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

4.1.4 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Una vez determinado y priorizado el proyecto a analizar, es importante conocer a que personas afecta de manera directa el problema.

El proceso de fabricación de cerámicas en la empresa objeto a estudio, posee como clientes externos (afectados por el producto final):

- Distribuidores,
- Puntos de venta y
- Consumidores finales,

Mientras que los clientes internos son el personal (afectados por las operaciones diarias necesarias para la continuidad del flujo):

- Del área de calidad y
- Despacho.

Sin embargo, al ser el análisis del problema enfocado al nivel de productos no conformes a las especificaciones técnicas, los primeros clientes que se ven afectados son los clientes internos, al elevar el proceso de calidad y verificación de cada especificación inconforme. El tratamiento del producto no conforme involucra la decisión de ser desechada o vendida como segunda mano, por lo que la afectación también repercute al área de despacho al realizar el tratamiento de este producto como segunda.

4.2 ETAPA DE MEDICIÓN

4.2.1 CADENA DE VALOR

Para representar gráficamente la secuencia de fabricación de la cerámica se ha elaborado un diagrama de flujo de proceso que permitirá comprender por secuencia las etapas del proceso y determinar las áreas donde se pueden implementar mejoras.

La cadena de valor de la organización sujeta a estudio está conformada por procesos gobernantes, operativos y de soporte, como se muestra en el gráfico No. 21.

Como lo indica Porter en su libro Estrategia Competitiva, “La cadena de valor es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual descomponemos una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor. Esa ventaja competitiva se logra cuando la empresa desarrolla e integra las actividades de su cadena de valor de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales. Por consiguiente la cadena de valor de una empresa está conformada por todas sus actividades generadoras de valor agregado y por los márgenes que éstas aportan.”²⁰

²⁰ Porter Michael, Estrategia Competitiva: Técnicas para el análisis de la empresa y sus competidores, Pirámide, 2009

La cadena de valor está conformada por la siguiente clasificación:

Los **procesos gobernantes**, son conocidos como el margen de la directriz de la organización, el gran paraguas que ayudará a limitar los procesos y su función dentro de la operatividad organizacional.

Los **procesos operativos**, son aquellos procesos que intervienen directamente en la transformación de un producto hasta la transferencia del bien al comprador final.

Los **procesos de apoyo**, que como su nombre lo indica, son aquellos procesos que generan una acción de soporte a los procesos operativos y gobernantes.



Gráfico 21. Cadena de valor
Fuente: Empresa objeto a estudio
Autor: Luisa María Zúñiga

4.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

La caracterización del proceso de Producción está definida como se muestra a continuación:



Gráfico 22. Caracterización del proceso de Producción

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Se segregará al proceso de Producción, en un macro mapa de procesos para obtener una visión general del mismo, conocer las entradas y salidas en cada subprocesso identificado en la fabricación de cerámica:

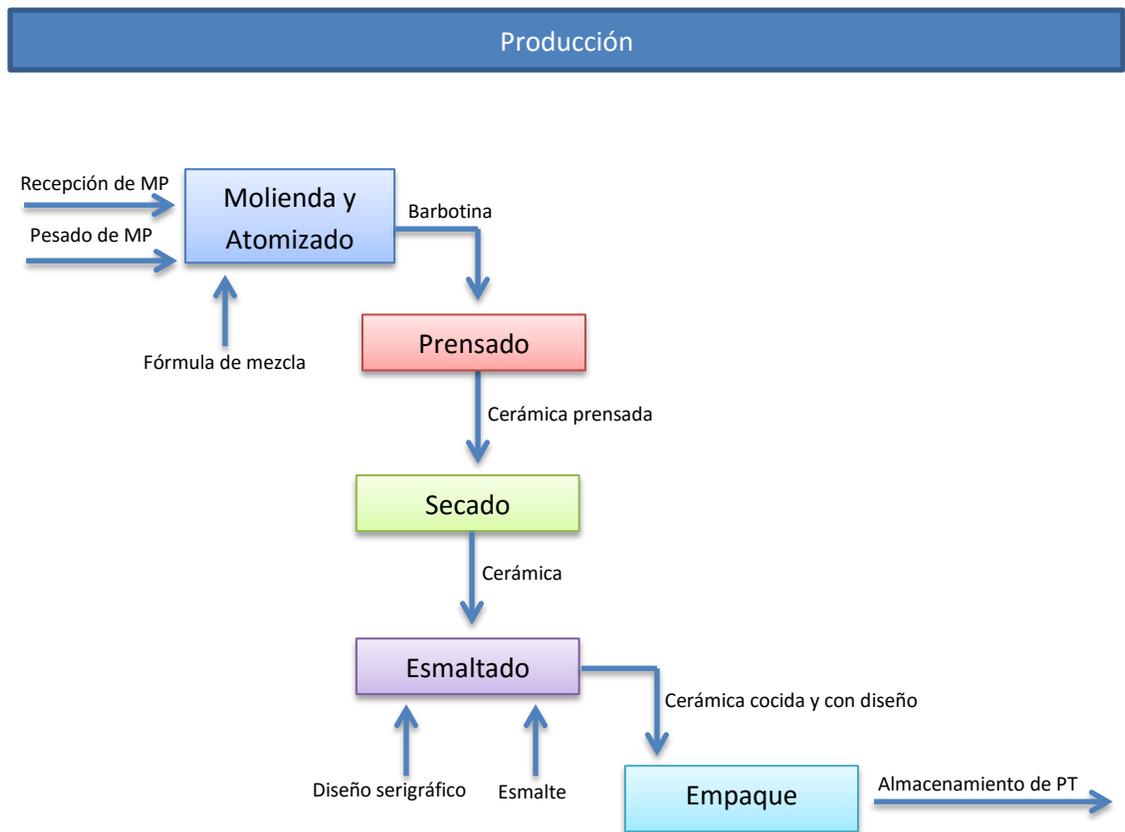


Gráfico 23. Macro Mapa de Procesos - Producción

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

El proceso de Producción cuenta con 5 sub-procesos identificados, los mismos que se componen de un adecuado límite y alcance. Los elementos de entrada de cada sub-proceso, se transforma con los insumos propios, para así constituir el elemento de salida que a su vez formará parte del elemento de entrada consecutiva de cada sub-proceso.

4.2.3. DATOS ESTADÍSTICOS

Con el objeto de analizar la información que se obtiene de las variables críticas del proceso de fabricación, se recolectaron los siguientes datos para el período comprendido de enero a diciembre del 2015, para el producto cerámica.

Se seleccionaron los datos históricos referentes a la producción planificada mensualmente por el área de Planificación y se realizó una comparación versus la cantidad producida real en metros cuadrados:

Producción en m ² – 2015	Líneas de Producción	
	1	2
Planificado	499.100	468.000
Real Producido	512.000	507.358
	103%	108%

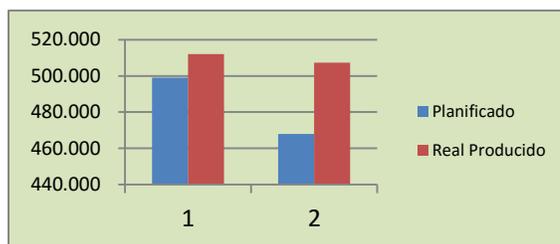


Gráfico 24. Producción planificada vs real producido en m² en el año 2015

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Como lo muestra el gráfico 24, se puede evidenciar que la compañía sujeto a estudio produce más de lo planificado en las dos líneas de producción. En el año 2015, la empresa produjo 11% más de lo que se planificó. Cabe mencionar que la capacidad máxima de producción total es de 88.725 m² cada mes; es decir, un total anual de 1.057.500m² aproximadamente. En el tiempo sujeto a estudio, la compañía sólo utilizó aproximadamente un 96% de su capacidad máxima de producción, debido a costes de fabricación, costes de almacenamiento del producto terminado, presupuesto de compras y su planificación financiera.

A continuación se detalla la producción no conforme anual por cada línea de producción en metros cuadrados:

Producto no conforme por línea – 2015	Líneas de Producción	
	1	2
No conforme	173.794	160.572
Real Producido	512.000	507.358
	34%	32%

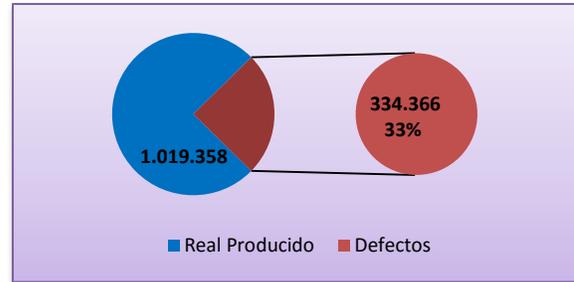


Gráfico 25. Productos no conformes en m² en el año 2015

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Se puede evidenciar que la línea de producción 1 es la que más productos no conformes posee, debido a errores en las fórmulas de mezcla, errores en la preparación de los hornos a la temperatura correcta, errores operativo y humanos por falta de conocimientos claros en cuanto al proceso productivo.

Los defectos en producción pueden seguir dos caminos: La primera es, continuar con el proceso de producción y ser vendidos como cerámica de segunda mano, lo cual influye en pactar un precio de venta más bajo conociendo que la calidad de la misma no es la óptima; y, la segunda es, un desecho del producto defectuoso, lo que incurre en altos costos de desperdicios y mermas.

Alrededor de un 60%, la decisión de la organización sujeta a estudio, es desechar el producto defectuoso y un 40% en producir cerámica de segunda mano.

La detección de los defectos en los productos no sólo está presente en las líneas de fabricación, sino también luego de efectuar los despachos y entregas del producto final a los consumidores, sean estos distribuidores o clientes finales.

A continuación se detalla los datos históricos de las devoluciones del producto final “cerámica” luego de haber finalizado el proceso de producción:

Producción en m ²	Líneas de Producción		Totales	%	Observación
	1	2			
Real Producido	512.000	507.358	1.019.358		
Devoluciones	109.586	106.254	215.840	21%	Corresponde a productos devueltos por los clientes.
PNC	173.794	160.572	334.366	33%	Corresponde a los defectos presentados en las líneas de fabricación antes de su despacho.

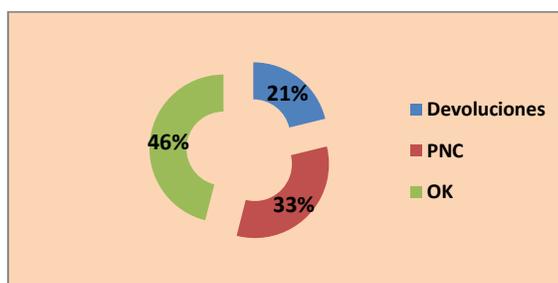


Gráfico 26. Devoluciones y PNC en m² en el año 2015

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

El 21% de lo producido en el periodo 2015 corresponde a devoluciones efectuadas por los consumidores finales, debido a problemas que pudiesen estar presentes en el embalaje del producto terminado, en el despacho del producto, en la transportación y entrega del mismo.

Las devoluciones así como los productos no conformes presentados en el periodo 2015 superaron el 7% de las ventas luego de efectuar la disminución respectiva del costo de venta anual, lo que representa aproximadamente \$635mil dólares americanos. Ver Anexo I.

4.2.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

A fin de verificar que se recolecte la información real, se hará uso de la herramienta MSA (Análisis del Sistema de Medición), el mismo que evaluará cuantitativamente el proceso o la herramienta de medición que se utilizó.

Para poder determinar las variables de entrada críticas del proceso de fabricación de cerámica, se llevó a cabo una reunión con el personal de producción y se analizó el impacto de cada una de las variables que son consideradas por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 645 como propiedades indispensable al producto de la cerámica.²¹

Se utilizó la siguiente tabla de ponderación para evaluar el impacto de esta propiedad en el proceso de fabricación:

Puntuación	Nivel de impacto
0	No impacta
1	Bajo
3	Mediano
5	Alto

Tabla 8. Puntuación del nivel de impacto

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

En la tabla No. 9 se muestra la puntuación por cada variable analizada de acuerdo al nivel de impacto:

Proceso	Variables	*F1	F2	F3	F4	F5	Puntuación
Molienda y Atomizado	Peso	5	5	5	5	5	25
	Absorción de agua	5	5	5	5	5	25
	Humedad	3	1	3	0	2	9
Prensado	Dimensiones	3	3	1	1	0	8
Secado	Temperatura	3	2	1	1	2	9
	Resistencia a la abrasión	1	1	2	1	0	5
Esmaltado	Resistencia al cuarteado	0	0	1	0	0	1
	Resistencia a los agentes químicos	0	1	1	0	0	2
	Resistencia a las manchas	1	0	0	1	0	2
	Resistencia a la helada	0	0	3	1	0	4
	Resistencia al choque térmico	2	1	0	1	1	5
	Diferencias de color	1	1	0	0	0	2

Tabla 9. Puntuación del nivel de impacto

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

(*) Donde F representa el funcionario entrevistado del área de Producción.

²¹ Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 645 – Baldosas cerámicas, Muestreo y bases para aceptación, Quito-Ecuador-2000.

De las variables de entrada sujetas a análisis, se procedió a elaborar un diagrama de Pareto con la finalidad de determinar aquellas variables críticas del proceso:

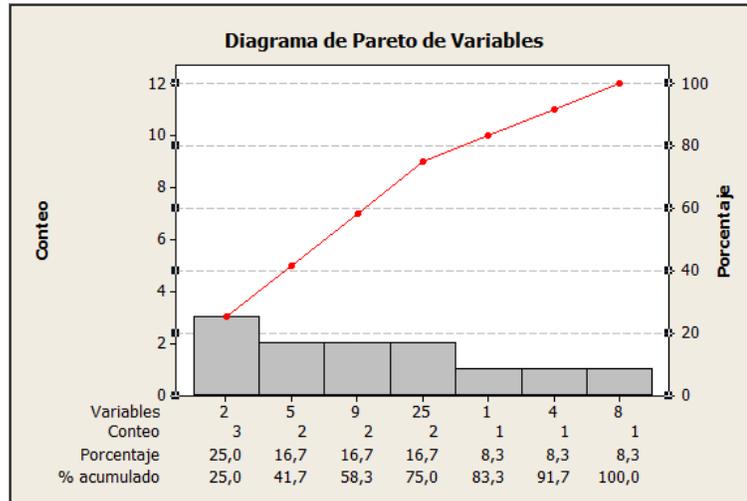


Gráfico 27. Diagrama de Pareto de variables de entrada

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Conforme al diagrama de Pareto, gráfico 27, se puede observar que las variables críticas influyentes en el proceso de fabricación de cerámica está representada por:

No.	Variable críticas
1	Peso
2	Absorción de agua
3	Humedad
4	Temperatura
5	Dimensiones
6	Resistencia a la abrasión

Tabla 10. Variables críticas

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Sin embargo, para el desarrollo del presente proyecto se tomaran en consideración las variables de peso y de absorción de agua, que en conjunto representan el 54%.

4.2.5 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

La empresa objeto a estudio, cuenta con especificaciones normativas establecidas en la NTE INEN 654, la misma que detalla los requisitos para las baldosas cerámicas, en relación a las variables críticas identificadas en el punto anterior como las dimensiones, la absorción de agua y la resistencia a la abrasión. Ver Anexo II.

Para determinar el tamaño de la muestra a analizar, se empleó el uso de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nz_{\alpha/2}^2pq}{E^2(N-1) + z_{\alpha/2}^2pq}$$

Donde:

N: Tamaño de la población.

p: Probabilidad de éxito (0.5).

q: Probabilidad de fracaso (0.5).

E: Error (5%).

Z: Nivel de confianza (95%).

La población determinada será la producción de cerámicas baldosas, en las dimensiones de 45x45cm durante el segundo trimestre en las dos líneas de producción y en los 3 turnos, con una probabilidad de éxito de 0.05, nivel de confianza del 95% y un error de muestreo del 5%, se obtienen los siguientes resultados:

$$n = \frac{Nz_{\alpha/2}^2pq}{E^2(N-1) + z_{\alpha/2}^2pq}$$

$$n = \frac{1300(1.96)^2(0.5)(0.5)}{0.05^2(1300-1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 296.71$$

4.2.6 PRUEBA DE NORMALIDAD DE DATOS

A continuación pondremos a prueba el supuesto de normalidad para los datos, donde la hipótesis planteada es:

H₀: Los datos poseen una distribución normal.

H₁: Los datos no poseen una distribución normal.

Variable: Porcentaje de absorción de agua

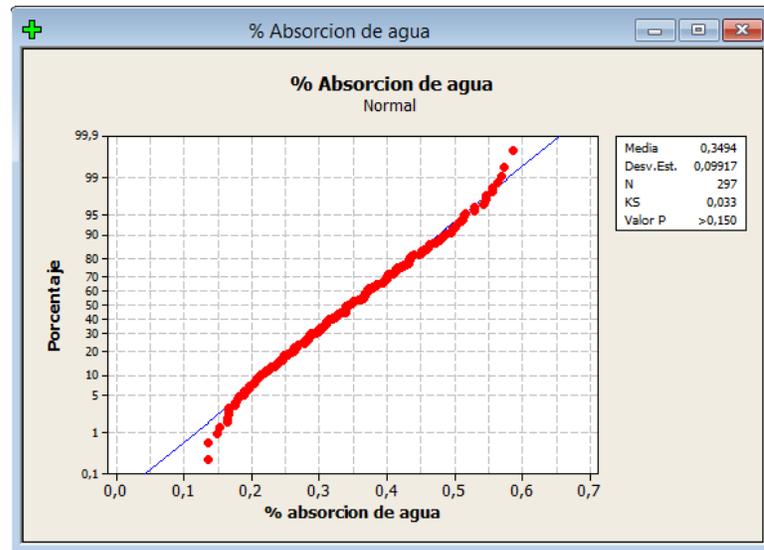


Gráfico 28. Prueba de normalidad de % absorción de agua

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Se tomaron los datos de 297 muestras de cerámicas en relación al porcentaje de absorción de agua, el mismo que es calculado como lo indica la norma NTE INEN 651 “Absorción de agua. Para cada baldosa, la absorción de agua, $E(b,v)$, expresada como porcentaje de la masa seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$E_{(b,v)} = \frac{m_2(b,v) - m_1}{m_1} \times 100$$

En donde:

m₁: Es la masa de la baldosa seca;

m₂: Es la masa de la baldosa húmeda”²²

²² Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 651 – Determinación de la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad total.

Como se muestra en el gráfico No. 28 el valor p es mayor a 0.150 lo que significa que se acepta la hipótesis nula que indica que los datos poseen una distribución normal.

Aproximadamente el 95% de las cerámicas de medida 45x45cm están entre:

$$(\mu - 2\sigma) \text{ y } (\mu + 2\sigma) \text{ porcentaje de absorción de agua:}$$
$$(0.3494 - 2(0.09917)) \text{ y } (0.3494 + 2(0.09917))$$
$$0.15106 \text{ y } 0.54774$$

Variable: Peso

La siguiente variable a ser analizada es el peso de la cerámica, donde se observa en el gráfico No. 29 que su valor p es menor a 0.010 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica que los datos no poseen una distribución normal.

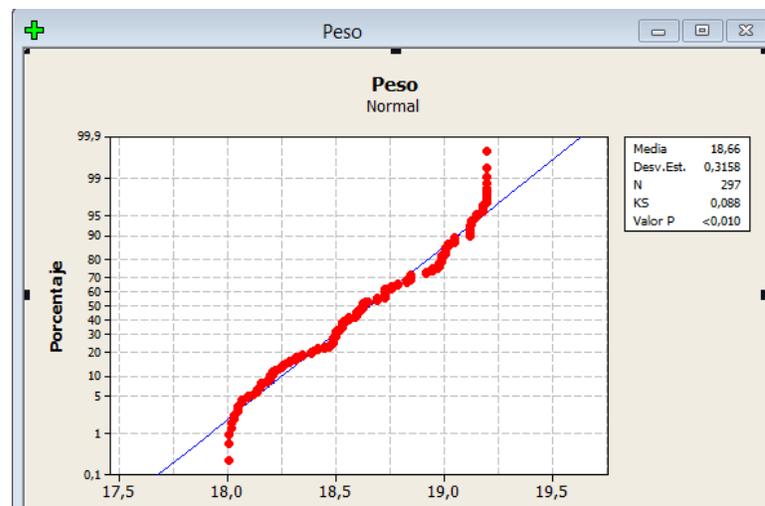


Gráfico 29. Prueba de normalidad de peso

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

4.2.7 ESTABILIDAD DE LOS DATOS

Para las variables sujetas a estudio, se analizó la estabilidad de los datos mediante la carta de control X-R, con un tamaño de subgrupo igual a 6, se obtuvo que:

Variable: Peso

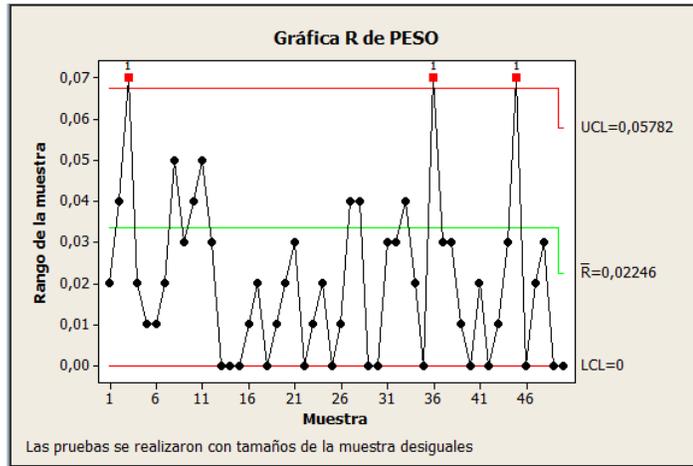


Gráfico 30. Gráfica R de variable peso

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

En el gráfico No. 30 se puede observar que el promedio de los rangos de la variable peso es de 0,02246 con un límite superior de 0,05782 que demuestra la variación del proceso. Los puntos varían aleatoriamente alrededor del límite inferior y central; sin embargo, se observan 3 patrones o tendencias que superan el límite superior establecido. La variabilidad en el peso de las cerámicas no es estable entre los subgrupos.

Variable: Porcentaje de absorción de agua

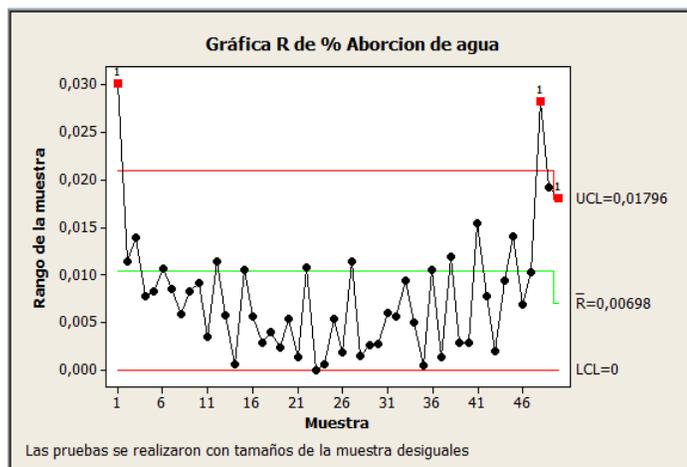


Gráfico 31. Gráfica R de variable porcentaje de absorción de agua

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

La variación del proceso no se encuentra bajo control al existir 3 tendencias que superan el límite superior de los rangos de la variable de porcentaje de absorción de agua por lo que se determina que no es estable entre los subgrupos, debido a esto es más probable la fabricación de piezas defectuosas con incumplimientos en la variable analizada.

4.2.8 CAPACIDAD DEL PROCESO

Con el objetivo de determinar si el proceso tiene capacidad; es decir, que satisface los límites de las especificaciones y produce piezas “satisfactorias” se realizó el análisis de capacidad para cada variable.

Variable: Peso

Se desea conocer si el peso de las cerámicas satisface las especificaciones, la misma que debe de tener como máximo 19 kg de peso, medidas en 297 baldosas cerámicas durante el 2do trimestre del año 2015 en los 3 turnos diarios y 2 líneas de producción.

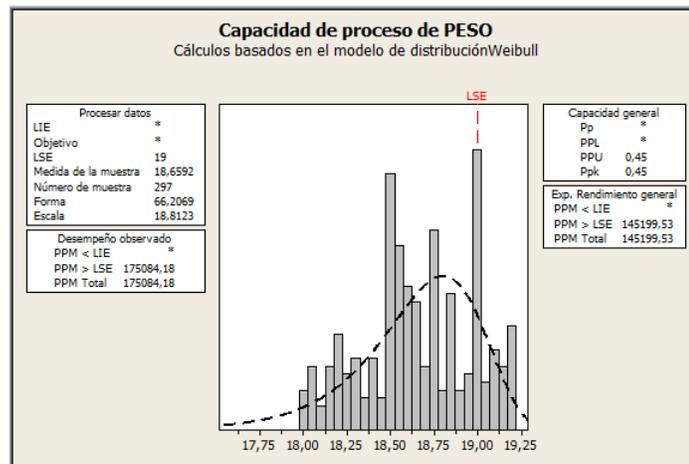


Gráfico 32. Análisis de capacidad de variable peso

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Se puede observar que el histograma muestra sesgo a la izquierda y que los índices Ppk y PPU ambos son de 0,45, por debajo de la referencia de 1,33, lo que aparentemente significa que el proceso no es capaz.

De igual modo, el índice PPM observadas > LSE (número de partes por millón sobre el límite superior de especificación) es de 175084.18 que significa que 175,084 de 1,000,000 de baldosas cerámicas se deforman más que el límite superior de especificación de 19kg.

Variable: Porcentaje de absorción de agua

Se desea evaluar si el porcentaje de absorción de agua satisface las especificaciones, la misma que debe de tener 0.55 ± 0.05 % de absorción de agua.

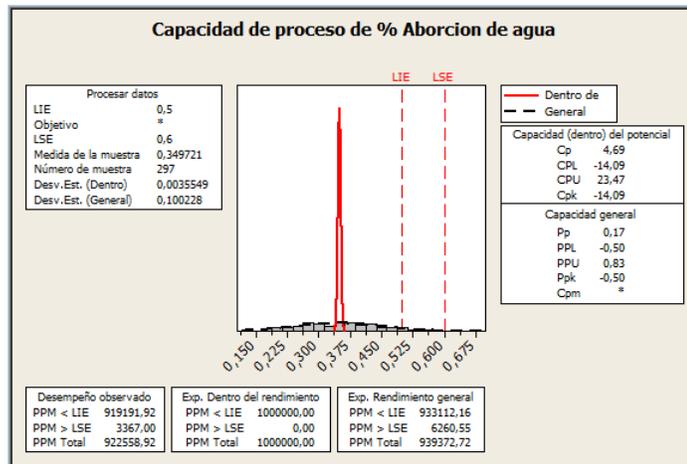


Gráfico 33. Análisis de capacidad de variable porcentaje de absorción de agua

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Se observa que el índice Ppk es de -0.50 y el índice de PPU es 0.83 lo que determina que el proceso no está centrado; es decir, que es más probable producir unidades defectuosas que violen los límites de especificación inferior.

El PPM total (Exp. Rendimiento general) es el número de partes por millón (939,372.72) cuya característica de interés está fuera de los límites de tolerancia, lo que significa que aproximadamente 939.372 de cada 1 millón de baldosas cerámicas no satisfacen las especificaciones.

Al realizar estos análisis para ambas variables, se puede concluir que la organización sujeta a estudio no satisface los requisitos mínimos de especificaciones técnicas por lo que deberá mejorar su proceso reduciendo la variación del mismo.

4.3 ETAPA DE ANÁLISIS

4.3.1 DETERMINACIÓN DE CAUSA RAÍZ

El producto no conforme, según definición de la ISO 9000:2015 establece que es el “producto que no cumple con las características requeridas”.²³

Con el objetivo de analizar las causas que originan los productos no conformes y mantener el enfoque estructurado, se aplicará la herramienta de Diagrama de Ishikawa o Diagrama de causa-efecto, que consiste en identificar las causas principales que son agrupadas en categorías 5M (materiales, mano de obra, medio ambiente, maquinaria y métodos).

Se realizó una lluvia de ideas en conjunto con las áreas involucradas de producción y el resultado final es el que se muestra en el Gráfico 34.- Diagrama de Ishikawa – Producto no conforme; en donde se evidencia que la mayoría de causas se originan en la categoría de “Mano de Obra”; sin embargo, la ocurrencia del conjunto de causas restantes pueden tener un mayor impacto en el producto no conforme.

A fin de determinar las causas raíces, se aplicó la herramienta de los “5 por qué”; partiendo de la información detallada en el diagrama de Ishikawa.

²³ ISO 9000:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabularios, Publicado por la Secretaría Central de ISO, Suiza-2015 cuarta edición.

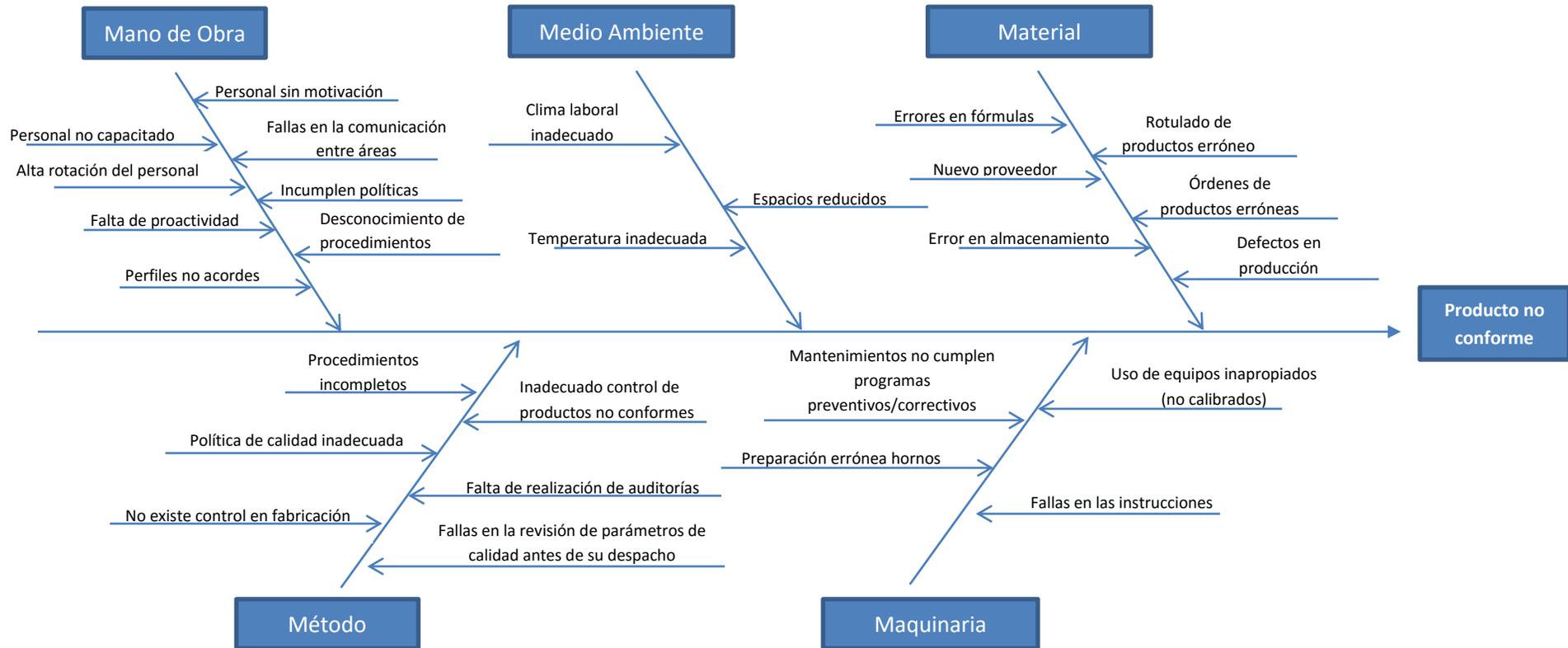


Gráfico 34. Diagrama de Ishikawa – Producto no conforme
 Fuente: Empresa objeto a estudio
 Autor: Luisa María Zúñiga

Producto no conforme	Causas críticas				
	Errores en fórmulas de mezcla	Calibración de equipos	Preparación hornos a temperatura incorrecta	Mantenimientos no cumplen programas preventivos/correctivos	Defectos en producción
1er ¿Por qué?	Desconocimiento de cantidades a mezclar	Desconocimiento de calibración adecuada	Desconocimiento de preparación de hornos	No se pueden parar los equipos	Materia prima inadecuada
2do ¿Por qué?	Falta de capacitación	Falta de capacitación	Falta de capacitación	Afectaría la producción	Nuevos proveedores
3er ¿Por qué?	No se cuenta con un plan anual de capacitación	No se cuenta con un plan anual de capacitación	No se cuenta con un plan anual de capacitación	El proveedor realiza mantenimientos solamente durante el día	No hay proveedores calificados
4to ¿Por qué?	Falta de asignación presupuestaria	Falta de asignación presupuestaria	Falta de asignación presupuestaria	-	No se cuenta con lineamientos para la evaluación y calificación de proveedores
5to ¿Por qué?	Falta de aprobación a rubros y recursos	Falta de aprobación a rubros y recursos	Falta de aprobación a rubros y recursos	-	Falta de contratos formalmente establecidos

Tabla 11. 5 Por qué's de causas críticas de producto no conforme

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

4.3.2 DETERMINACIÓN DE FALLAS POTENCIALES

Con el propósito de identificar y evaluar las fallas potenciales del proceso productivo objeto a estudio se utilizó la metodología AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallos) para analizar las acciones que deberán ser implementadas para eliminar o minimizar el riesgo asociado.

En conjunto con el personal responsable de las áreas de producción y despacho, se realizó la evaluación de la gravedad de la falla, la probabilidad de ocurrencia y la probabilidad de detección de los fallos potenciales y se calculó el IPR (Índice de Prioridad de Riesgos) el cual nos ayudará a determinar el orden de importancia de las causas y sus acciones respectivas.

Como se observa en la tabla No. 11 se obtuvieron 5 IPRs altos en las líneas de producción y calidad, afectando directamente el incumplimiento de los estándares de calidad. Los problemas presentados en las líneas de producción tienen un efecto financiero para la organización al ocasionar retrasos en las líneas o paralizaciones de maquinarias, viéndose afectado la matriz productiva.

Para ello, se han establecido planes de acción con el objetivo de reforzar y minimizar el riesgo de una posible afectación económica o de imagen para la organización.

AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas)

Proceso: Fabricación de cerámicas

Componente	Función	Fallos potenciales			Controles	G	O	D	NPR	Prioridad
		Modos de Fallo	Efectos	Causas						
Línea de Producción	Molienda y Atomizado	Desecho de mezclas	Retrasos en la producción	Error en la selección de materia prima	No hay	9	7	7	441	2
				Error en la fórmula de mezcla	No hay	9	6	8	432	3
	Prensado	Prensadoras averiadas	No hay producción	Falta de mantenimientos a las prensadoras	Cronogramas de mantenimientos preventivos	10	7	6	420	4
	Secado	Desecho de cerámicas	Retrasos en la producción	Hornos a temperatura errónea	Control de temperaturas en producción	9	6	6	324	5
	Esmaltado	Cerámicas con serigrafía no acorde a la orden	Retrasos en la producción	Selección de plantilla errónea	Control de órdenes de producción	6	2	2	24	
	Empaque	Etiquetas erróneas	Entregas al cliente erróneas	Confusión por productos similares	No hay	6	30	9	162	
Calidad	Calidad	Producto no conforme	Incumplimiento de especificaciones técnicas	No cumplen con estándares de calidad	Control de calidad	10	8	8	640	1
Línea de Despacho	Despachos	Entregas inoportunas	Insatisfacción del cliente	Retrasos en las líneas de producción	Control de órdenes de producción y despacho	9	5	2	90	
		Cerámicas rotas	Reclamos del cliente	Movilización inadecuada del producto	No hay	9	4	6	216	
		Entregas erróneas	Reclamos del cliente	Orden de entrega con errores	Orden de entrega y orden de pedido	9	4	2	72	

Tabla 12. AMEF - Análisis de Modo y Efecto de Fallas del proceso de Fabricación de cerámica

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

4.4 ETAPA DE IMPROVE (MEJORAR)

Una vez obtenido los resultados de la etapa anterior, se procede a identificar y seleccionar las opciones de solución, desarrollando e implementando planes de acción sobre los problemas identificados; además de, cuantificar los resultados y evaluar los beneficios de la mejora a implementar.

Luego del análisis realizado mediante el Diagrama de Ishikawa – Producto no conforme, se establecieron las siguientes acciones para cada causa crítica identificada:

ACCIÓN#1

Para los errores en fórmulas de mezcla realizados por parte de los operarios en los distintos turnos y en las dos líneas de producción, se establecieron planes de capacitación anual para el área de fabricación debido al alto nivel de rotación de los operarios.

Estas capacitaciones consistirán en dar a conocer mediante ejemplos prácticos el impacto organizacional al obtener un producto no conforme, lo que implica altos niveles de reprocesos, pérdidas económicas al tomar la decisión de desechar el producto, o bajas en el impacto financiero al vender el producto final como de segunda.

La concientización de realizar la mezcla de las fórmulas adecuadamente, es el primer eslabón de la cadena de fabricación de cerámica, por lo que se espera obtener de las capacitaciones es crear cultura de hacer las cosas bien a la primera.

Adicionalmente, se establecieron tarjetas de control donde consten las recetas para una mezcla de materiales o materia prima adecuada, pesando correctamente cada uno de ellos y se estableció un procedimiento que detalle cada una de las actividades que deberán ser realizadas por los operarios teniendo en cuenta los elementos de entrada y salida para el subproceso de molienda y atomizado. Ver Anexo III y IV.

ACCIÓN#2

Para la segunda causa crítica identificada y relacionada a la calibración de equipos que se origina en el pesaje de los materiales de entrada para el subproceso de molienda y atomizado, se incorporó en el plan anual de capacitación de los operarios las técnicas adecuadas para calibrar los equipos y maquinarias que intervienen en el proceso, como lo son: hornos, balanzas, molinos, cronómetros, mezcladores, morteros, entre otros.

Se diseñaron tarjetas de identificación que determinan los diferentes niveles de calibración de cada equipo para los diversos productos que se elaboran en la fábrica, estas tarjetas serán de gran ayuda para los operarios al consultarlas.

Se incorporó un control a nivel del Jefe de Producción, el mismo que tendrá la responsabilidad de verificar que los equipos se encuentren debidamente calibrados al iniciar la fabricación del día, registrando este control en un formato de “Hoja de verificación de calibraciones en equipos”. Este control fue incorporado en los procedimientos y políticas establecidas. Ver Anexo V.

ACCIÓN#3

Al igual que las acciones anteriores, la causa de la preparación de hornos a temperatura incorrecta serán tratadas con planes de capacitación constante a los operarios, control del Jefe de Producción al verificar la calibración de los equipos y la implementación de las tarjetas de identificación que determinen los niveles de temperatura que deberán poseer los hornos para la cocción de la cerámica.

Estos planes de acción ayudaran en su conjunto a la mejora continua de la organización y a mitigar los riesgos inmersos y presentes en cada una de las causas críticas identificadas por productos no conformes.

ACCIÓN#4

El área Administrativa de la empresa objeto a estudio, analizó en conjunto con el área de producción diferentes alternativas de proveedores para cumplir con los programas anuales de mantenimientos preventivos y correctivos de las maquinarias y equipos.

Se establecieron como políticas de Calificación y Contratación de Proveedores, contar con al menos 3 proveedores calificados para cada rubro de acción, debiendo cumplir con los parámetros establecidos para ser considerados como proveedores. Ver Anexo VI.

Para aquellas maquinarias críticas que incurren en la parada de la producción para ser realizadas en mantenimiento preventivo o correctivo, se establecieron “Acuerdos de nivel de servicio” con los proveedores, que implicarían la necesidad de reemplazo de maquinarias (préstamos hasta la finalización de la maquinaria en mantenimiento).

Como acción de mejora futura, la organización sujeta a estudio analizará la posibilidad de adquirir una maquinaria que actúe como backup.

ACCIÓN#5

Para la causa de defectos en producción, se tomaron medidas de acción inmediatas en relación con el tratamiento de proveedores contratados. Se realizó un análisis de la totalidad de proveedores de materia prima con los que cuenta la organización y se observó que el 45% posee contratos formalmente establecidos, por lo que el plan de acción principal fue la de establecer contratos entre ambas partes.

Se revaluaron los contratos y acuerdos ya establecidos y se regularizaron los casos donde el file del proveedor no se encontraba completo o inconsistente. Se establecieron contar con pólizas de fiel cumplimiento y garantías en las que amparen el retraso o defectos en el cumplimiento de las obligaciones pactadas por el proveedor. Ver Anexo VI.

Se estableció políticas de calificación y evaluación de proveedores al menos una vez al año para análisis de su contratación siguiente o desvinculación de la misma.

Para los resultados obtenidos del diagrama de AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) se establecieron las siguientes acciones de mejora:

ACCIÓN#1

El Gerente de Desarrollo Organizacional aplicó mejoras en la incorporación de nuevos tópicos al plan anual de capacitación de los operarios, el mismo que será constante a lo largo del crecimiento dentro de la institución.

ACCIÓN#2

El Jefe de Producción estableció un reporte de control donde se determina la receta de mezclas para cada orden de fabricación, la misma es puesta en conocimiento a los operarios antes de iniciar con el proceso de elaboración de cerámica, y así contar con un mejor control de materias primas utilizadas y su peso. Ver Anexo III.

ACCIÓN#3

El Jefe de Mantenimiento en conjunto con el Gerente de Desarrollo Organizacional establecieron políticas para la contratación de proveedores y analizaran la opción de adquirir maquinarias de reemplazo para futuros planes de mantenimiento; mientras, se estableció un acuerdo de servicios con el proveedor de ofrecer maquinaria de reemplazo. Ver Anexo VII.

ACCIÓN#4

El Jefe de Producción estableció una tarjeta de control donde identifica los niveles de temperatura a los que deberán ser calibrados los hornos previos al inicio de la elaboración de cerámica. El control visual de los niveles adecuados será realizado por el Jefe de Producción y registrado en una hoja de reporte diaria.

ACCIÓN#5

El Jefe de Calidad estableció indicadores que ayuden a determinar el comportamiento del cumplimiento de las especificaciones en relación a cada variable sujeta a análisis, estos

indicadores serán presentadas en Comité de Calidad con frecuencia mensual para tomar medidas correctivas en caso de ser necesario. Ver Anexo VIII.

Será analizado en largo plazo la automatización del control de calidad de las especificaciones técnicas de la elaboración de la cerámica, contar con herramientas tecnológicas que ayuden a determinar un producto no conforme y realizar mejoras para que las causas que originan el problema no sean reiterativas.

El área de Desarrollo Organizacional al conocer los errores operativos presentes en la problemática de producto no conforme se comprometió con la mejora en el recurso humano de la institución y estableció como objetivo “crear lazos de compromiso continuo con el mejor elemento para lograr productos de calidad, su gente”. Para lograr este objetivo, se analizó y replanteo el plan anual de capacitación del personal, realizar incentivos para mantener el personal motivado y con miras a ofrecer productos de calidad a sus clientes.

No.	CAUSA	ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA DE DESARROLLO	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN
1	Error en la selección de materia prima	Capacitaciones constantes	Gerente Desarrollo Organizacional	Diciembre 2015	Enero a Diciembre 2016
2	Error en la fórmula de mezcla	Capacitaciones constantes	Gerente Desarrollo Organizacional	Diciembre 2015	Enero a Diciembre 2016
2	Error en la fórmula de mezcla	Creación de reporte con recetas de mezclas	Jefe de Producción	Diciembre 2015	Marzo 2016
2	Error en la fórmula de mezcla	Elaboración del procedimiento – subproceso molienda y atomizado	Jefe de Organización y Métodos	Enero 2016	Enero 2016
3	Calibración errónea	Capacitaciones constantes	Gerente Desarrollo Organizacional	Diciembre 2015	Enero a Diciembre 2016
3	Calibración errónea	Tarjetas de identificación de calibración de equipos	Jefe de Producción	Enero 2016	Febrero 2016
3	Calibración errónea	Elaboración de “Hoja de verificación de calibraciones en equipos”	Jefe de Producción	Diciembre 2015	Enero 2016
3	Calibración errónea	Actualización del procedimiento y política con la inclusión del control de verificación de equipos calibrados	Jefe de Organización y Métodos	Enero 2016	Enero 2016
4	Falta de mantenimientos a las prensadoras	Proveedor que ofrezca servicio 24 horas - maquinaria de remplazo e inclusión en acuerdo de nivel de servicios	Jefe de Mantenimiento	Enero 2016	Marzo 2016
4	Falta de mantenimientos a las prensadoras	Establecer en la política calificación y contratación de proveedores contar con al menos 3 proveedores calificados	Jefe de Organización y Métodos	Febrero 2016	Febrero 2016
4	Falta de mantenimientos a las prensadoras	Análisis de la adquisición de maquinarias backup	Gerente de Planificación Financiera Jefe de Mantenimiento Jefe de Producción	Enero 2016	Junio 2016
5	Hornos a temperatura errónea	Tabla de control de temperatura	Jefe de Producción	Enero 2016	Febrero 2016
5	Hornos a temperatura errónea	Capacitaciones constantes	Gerente Desarrollo Organizacional	Diciembre 2015	Enero a Diciembre 2016
5	Hornos a temperatura errónea	Elaboración de “Hoja de verificación de calibraciones en equipos”	Jefe de Producción	Diciembre 2015	Enero 2016
6	No cumplen con estándares de calidad	Establecer indicadores para cumplimiento de estándares	Jefe de Calidad	Diciembre 2015	Enero 2016
7	Defectos en producción	Revaluación de los contratos y acuerdos con proveedores (pólizas y garantías)	Gerente de Compras	Enero 2016	Marzo 2016
7	Defectos en producción	Incorporar en política de Calificación y contratación de proveedores al menos una vez al año efectuar calificación de los mismos	Jefe de Organización y Métodos	Febrero 2016	Febrero 2016

Tabla 13. Cronograma de acciones a implementar

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

4.4.1 MONITOREO DE ACCIONES IMPLEMENTADAS

Con el objetivo de monitorear el cumplimiento de las acciones propuestas y el porcentaje de avance, se estableció los siguientes indicadores de control:

Código Indicador	Nombre del Indicador	Fórmula del Indicador	Frecuencia Medición y Reporte	Meta
IND001	Porcentaje de capacitaciones brindadas al personal de producción	Cantidad de capacitaciones dictadas / Cantidad total de capacitaciones programadas	Mensual	100%
IND002	Porcentaje de productos con recetas de mezclas	Cantidad de productos con recetas de mezclas / Cantidad total de productos	Mensual	100%
IND003	Porcentaje de productos no conformes (cerámicas)	Cantidad de cerámicas no conformes / Cantidad total de cerámicas producidas	Semanal	≤ 3%
IND004	Porcentaje de contratos y acuerdos con pólizas y garantías	Cantidad de contratos y acuerdos con inclusión de pólizas y garantías / Cantidad total de contratos y acuerdo	Mensual	100%
IND005	Porcentaje de cumplimiento de las calibraciones en equipos	Cantidad de equipos calibrados / Cantidad de equipos planificados a calibrar	Diario	100%
IND006	Porcentaje de cumplimiento de hornos con temperatura adecuada	Cantidad de hornos que cumplen con temperatura adecuada / Cantidad total de hornos	Diario	100%
IND007	Porcentaje de proveedores calificados para operar en la organización	Cantidad de proveedores calificados / Total de proveedores	Mensual	100%
IND008	Porcentaje de cumplimiento en la calificación a proveedores contratados	Número de proveedores calificados / Total de proveedores	Mensual	100%

Tabla 14. Indicadores de Control

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

4.5 ETAPA DE CONTROL

Como etapa final dentro de la metodología DMAIC se encuentra la de control, por lo que se aplicará con ayuda de las gráficas o cartas de control para el análisis del desempeño de las variables críticas luego de la implementación de las acciones de mejora dentro del proceso de fabricación de cerámica y realizar seguimiento a las estadísticas del proceso de fabricación de cerámica a lo largo del tiempo, a fin de detectar la presencia de posibles causas especiales (ocurrencias inusuales que normalmente no son parte del proceso) de variación.

Se analiza las variables de peso y porcentaje de absorción de agua para el mes de febrero del 2016, tomando como muestra 100 baldosas cerámicas de tamaño 45x45cm y se construyeron cartas de control para las medias y desviaciones, obteniendo los siguientes resultados:

4.5.1 CARTAS DE CONTROL DE MEDIAS

Variable: Peso

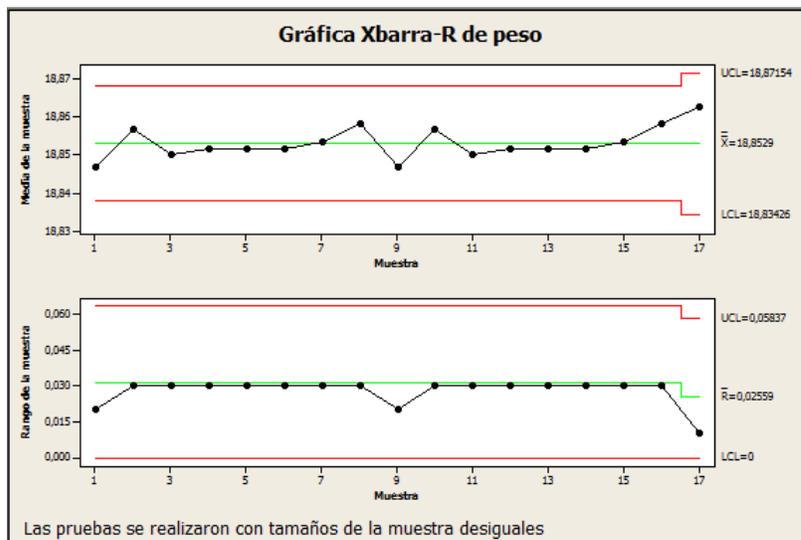


Gráfico 35. Carta de control Xbarra-R variable peso

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Esta carta de control muestra el gráfico de la media y del rango de la variable peso, donde se observa que los datos están alrededor del promedio y se encuentran dentro de los límites de control para ambos casos. Se puede concluir que luego de las implementaciones de mejora los pesos de las baldosas cerámicas son estables.

Variable: Porcentaje de absorción de agua

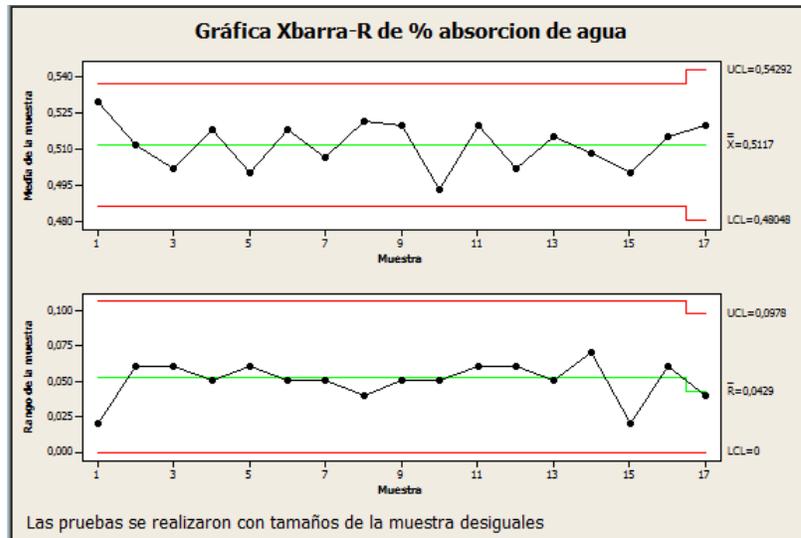


Gráfico 36. Carta de control Xbarra-R variable porcentaje de absorción de agua

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

Según lo observado en el gráfico No. 36 la media y la variación del proceso es estable y sus puntos varían aleatoriamente alrededor del límite central de la carta de control, no se visualizan patrones inusuales que salgan de los límites establecidos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como principales conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del presente proyecto se ha realizado la siguiente tabla para identificar si los objetivos planteados, tuvieron su respectiva respuesta:

	Objetivo	Conclusiones	Recomendaciones
Objetivos específicos planteados en el proyecto de titulación “Reducción de producto no conforme aplicando la metodología DMAIC en el proceso de fabricación de cerámicas en una empresa ubicada en la provincia del Azuay”	Analizar y determinar las causas que originan el incumplimiento de las especificaciones técnicas	Los errores operativos se originan en la selección de materia prima, programación de temperaturas en hornos, fórmulas de mezcla. Así como ausencia de mantenimiento a maquinarias e incumplimientos a estándares de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitaciones constantes al personal de la institución a lo largo de su permanencia en ella. ✓ Establecer recetas y tarjetas de control de calibraciones. ✓ Maquinarias de repuestos.
	Reducir significativamente el volumen de productos no conformes en la línea de cerámicas	Durante el periodo 2015, el 33% de la producción de cerámica corresponde a producto no conforme. Con la implementación de la metodología DMAIC se logró reducir el porcentaje a un 8% de producto no conforme al primer trimestre del periodo 2016. (Reducción del 25%)	Aplicar la metodología DMAIC para el proceso de fabricación de los diferentes productos que mantiene la organización.
	Enfocar a la empresa en la búsqueda de la mejora continua al desempeño de sus procesos	A lo largo del desarrollo del presente proyecto, la organización se comprometió con la cultura de calidad y filosofías presentes en la metodología DMAIC, obteniendo como resultados favorables la reducción de productos no conformes presentes en la producción de cerámica.	Mantener y fortalecer la cultura de calidad en la organización.
	Reducir reprocesos en la fabricación	Al implementar la metodología DMAIC, los reprocesos como la fabricación por segunda barrida fueron reducidos del 20% al 1%.	Aplicar la metodología DMAIC para el proceso de fabricación de los diferentes productos que mantiene la organización.

Tabla 15. Conclusiones y Recomendaciones de objetivos específicos

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

La siguiente tabla sustenta a los componentes de la metodología DMAIC, las conclusiones del estudio y las recomendaciones, aplicó en el logro de la reducción de producto no conforme en el proceso de fabricación de cerámica en una empresa ubicada en la provincia del Azuay:

	Objetivo	Conclusiones	Recomendaciones
D – Define	Definir qué proceso interviene en la satisfacción del cliente, así como la definición del problema que origina los productos no conformes	El proceso productivo de cerámicas cuenta con altos niveles de productos no conformes debido a incumplimientos en las especificaciones técnicas por reprocesos a lo largo de las líneas de producción.	Creación de cultura de calidad e implementación permanente de la metodología DMAIC y herramientas estadísticas que permitan identificar, analizar, implementar y controlar las causas raíces y determinar acciones correctivas.
M – Measure	Determinar las variables críticas del proceso	El 33% de la producción de cerámica corresponde a producto no conforme a lo largo del periodo 2015, siendo las variables: Peso, absorción de agua, humedad, temperatura, dimensión y resistencia a la abrasión las variables críticas influyentes.	Estandarizar la metodología DMAIC a lo largo de aquellos procesos críticos de la organización, con el objetivo de mejorar continuamente y mantener procesos capaces de cumplir con especificaciones técnicas.
A – Analyze	Determinar la causa raíz del problema y sus fallas potenciales	Los errores operativos se originan en la selección de materia prima, programación de temperaturas en hornos, fórmulas de mezcla. Así como ausencia de mantenimiento a maquinarias e incumplimientos a estándares de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitaciones constantes al personal de la institución a lo largo de su permanencia en ella. ✓ Establecer recetas y tarjetas de control de calibraciones. ✓ Maquinarias de repuestos. ✓ Mantenimientos preventivos y correctivos.
I – Improve	Establecer planes de acción a causas identificadas	Para todas las causas críticas se establecieron propuestas de mejora, las mismas que fueron puestas en conocimiento al personal involucrado y a la Alta Dirección.	Dar cumplimiento al 100% de las propuestas de mejora.
C – Control	Asegurar la implementación de las propuestas de mejora	Se establecieron indicadores de control a la implementación de las mejoras propuestas, con el objetivo de medir el avance de cumplimiento a cada una de ellas.	Dar cumplimiento al 100% de las propuestas de mejora.

Tabla 16. Conclusiones y Recomendaciones de metodología DMAIC

Fuente: Empresa objeto a estudio

Autor: Luisa María Zúñiga

- Con la aplicación de la metodología DMAIC en la problemática del producto no conforme se logró obtener un análisis completo, desde la identificación, análisis, implementación y control de las causas raíces que originaban el problema, para así poder determinar aquellas acciones correctivas a emplearse para mejorar o reducir el índice de productos no conformes presentes en la organización y poder cumplir con las especificaciones técnicas requeridas.
- Es imperativo crear una cultura de calidad con base a filosofías existentes y la aplicación de herramientas de calidad, con el objetivo de obtener los resultados esperados y de esta manera mantener la mejora continua de los procesos en la organización.
- La necesidad de cumplir con especificaciones técnicas conlleva a no perder el horizonte de satisfacer las necesidades de los clientes, por lo que el uso de herramientas estadísticas es de vital importancia para la operatividad diaria de cada actividad. Esto permitirá conocer la capacidad, variabilidad de un proceso y analizar con mayor profundidad el comportamiento de posibles variables para prevenir problemas a futuro.
- Se recomienda realizar un análisis de obtención de maquinaria de respaldo para aquellos mantenimientos prolongados en los que la producción se verá afectada y focalizar el esfuerzo a miras de mantener productos con calidad, equipos y maquinarias en óptimas condiciones para fabricación.
- El recurso humano en la organización es el principal motor de arranque para la elaboración de cualquier producto en una empresa, es por ello de vital importancia que se mantenga motivado y capacitado al personal involucrado. La realización de charlas de capacitación serán constantes en su permanencia en la institución.
- Los reprocesos generados al obtener un producto no conforme fueron disminuidos, éste logro se lo obtuvo con la implementación de las propuestas de mejoras realizadas y focalizados en acciones que ayuden a prevenir la ocurrencia de estos.

- El impacto financiero en la institución por desechos o ventas de segunda presenta un decrecimiento, al reducir el índice de productos no conformes en ambas líneas de producción de cerámica.
- Se recomienda estandarizar la metodología a lo largo de aquellos procesos críticos para la organización que tendrán como objetivo mantener un flujo capaz de producir insumos que cumplan las especificaciones y obtener de esta manera la satisfacción y fidelidad de los clientes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comité de Comercio Exterior, Resolución 116, Ecuador 2013.
- [2] Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, Quito-2007.
- [3] ISO 9000:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabularios, Publicado por la Secretaría Central de ISO, Suiza-2015 cuarta edición.
- [4] Escalante Edgardo, Seis Sigma: Metodología y Técnicas, Limusa, Mexico-2003.
- [5] Juran Joseph M., Juran y la Planificación para la Calidad, Ediciones Díaz de Santos, 1990.
- [6] Lefcovich Mauricio, Seis Sigma hacia un nuevo paradigma en gestión, El Cid, Argentina-2009.
- [7] Pyzdek Thomas, The Six Sigma Handbook, McGraw-Hill, United States-2003.
- [8] Pande Peter, Las claves prácticas de Seis Sigma, McGraw-Hill, United States-2004.
- [9] Montgomery Douglas, Diseño y Análisis de Experimentos, Limusa Wiley, México-2004.
- [10] Norma Técnica Ecuatoriana – Baldosas Cerámicas, Definiciones, Clasificación y Características, NTE INEN 644:2000, Quito – Ecuador – 2000.
- [11] UNIT, Herramientas para la mejora de la calidad, Uruguay -2009.
- [12] Porter Michael, Estrategia Competitiva: Técnicas para el análisis de la empresa y sus competidores, Pirámide, 2009.

ANEXOS

ANEXO I – Cuadro de Ventas al 31 diciembre 2015

INGRESOS

Ventas		\$ 16.010.423,20
(-) Costo de ventas		\$ 6.926.983,54
(=) Utilidad bruta		\$ 9.083.439,66

Gastos de administración		
	\$ 3.080.349,48	
Gastos de ventas		
	\$ 2.468.216,64	
Utilidad operacional		\$ 3.534.873,54
(-) Gastos financieros		
	\$ 632.480,78	
Utilidad no operacional		\$ 2.902.392,76
Otros ingresos y egresos		
(+) Otros ingresos	\$ 640.416,93	
(-) Otros egresos	\$ 50.233,35	
Utilidad del ejercicio		\$ 3.492.576,34

ANEXO II – Anexo G de la NTE 654

ANEXO G
(normativo)
BALDOSAS CERÁMICAS PRENSADAS EN SECO CON BAJA ABSORCIÓN DE AGUA
 $E \leq 0,5\%$
GRUPO BI_a

G.1 Requisitos. Los requisitos dimensionales y de calidad superficial y las propiedades físicas y químicas deben estar de acuerdo con la tabla G.1.

TABLA G.1 Requisitos para baldosas cerámicas prensadas en seco con baja absorción de agua, Grupo BI_a, $E \leq 0,5\%$

Dimensiones y calidad superficial	Superficie S del producto (cm ²)				Ensayo NTE INEN
	S < 90	90<S<190	190<S<410	S>410	
Longitud y ancho El fabricante debe escoger la dimensión de fabricación como sigue: a) Para baldosas modulares para dar un ancho de junta nominal entre 2 mm y 5 mm ¹⁾ b) Para baldosas no modulares tales que la diferencia entre la dimensión de trabajo y la dimensión nominal no sea mayor a $\pm 2\%$ (max. ± 5 mm) La desviación, en porcentaje, de la dimensión promedio para cada baldosa (2 o 4 lados) para las dimensiones de fabricación (w)	$\pm 1,2 \%$	$\pm 1,0 \%$	$\pm 0,75 \%$	$\pm 0,6 \%$	650
- La desviación, en porcentaje, de la dimensión promedio para cada baldosa (2 o 4 lados) para la dimensión promedio de los 10 especímenes de ensayo (20 o 40 lados)	$\pm 0,75 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	650
Espesor					
a) El espesor debe estar especificado por el fabricante					
b) La desviación, en porcentaje, del espesor promedio de cada baldosa para el espesor de las dimensiones de fabricación	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$	650
Rectitud de los lados ²⁾ (lados de la cara vista)					
La máxima desviación de la rectitud, en porcentaje, referido a las correspondientes dimensiones de fabricación	$\pm 0,75 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	650
Rectangularidad²⁾					
La máxima desviación de la rectangularidad, en porcentaje, referida a las correspondientes dimensiones de fabricación	$\pm 1,0 \%$	$\pm 0,6 \%$	$\pm 0,6 \%$	$\pm 0,6 \%$	650
Planitud de la superficie					650
La máxima desviación de la planitud, en porcentaje:					
a) curvatura del centro, referida a la diagonal calculada desde las dimensiones de fabricación;	$\pm 1,0 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	650
b) lado curvado, referido a la correspondiente dimensión de fabricación;	$\pm 1,0 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	650
c) alabeo, referido a la diagonal calculada desde las dimensiones de fabricación.	$\pm 1,0 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	650

Dimensiones y calidad superficial	Superficie S del producto (cm ²)				Ensayo NTE INEN
	S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410	
Calidad de la superficie ³⁾	Un mínimo de 95% de las baldosas deben estar libres de defectos visibles que pueden perjudicar la apariencia de una área mayor de baldosas.				650
Propiedades físicas		Requisitos			Ensayo
Absorción de agua Porcentaje por masa ⁸⁾	≤ 0,5 % máximo individual 0,6 %				651
Resistencia a la rotura, en N					
a) Espesor ≥ 7,5 mm	No menor que 1 300				652
b) Espesor < 7,5 mm	No menor que 700				652
Módulo de rotura, en N/mm ² No aplicable a baldosas con resistencia a la rotura ≥ 3000 N	Mínimo 35 Mínimo individual 32				652
Resistencia a la abrasión					
a) Resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas: volumen removido, en milímetros cúbicos	Máximo 175				2 189
b) Resistencia a la abrasión superficial de baldosas esmaltadas destinadas al uso en pisos ⁴⁾	Reportar la clase de abrasión y los ciclos aprobados				2 190
Coefficiente de dilatación térmica lineal⁵⁾					
Desde temperatura ambiente hasta 100°C	Método de ensayo disponible				2 191
Resistencia al choque térmico⁵⁾	Método de ensayo disponible				2 192
Resistencia al cuarteado: baldosas esmaltadas⁵⁾	Requerido				647
Resistencia a la helada	Requerido				2 194
Coefficiente de fricción					
Baldosas destinadas al uso en pisos	Requerido				2 195
Expansión por humedad, en mm/m⁵⁾	Método de ensayo disponible				2 193
Pequeñas diferencias de color⁵⁾	Método de ensayo disponible				2 199
Resistencia al impacto⁵⁾	Método de ensayo disponible				2 188

Propiedades químicas		Ensayo
Resistencia al manchado		
a) Baldosas esmaltadas	Mínimo clase 3	2 198
b) Baldosas no esmaltadas ⁵⁾	Método de ensayo disponible	2 198
Resistencia a los agentes químicos		
Resistencia a los ácidos y álcalis de baja concentración		
a) baldosas esmaltadas	El fabricante declara la clasificación	648
b) baldosas no esmaltadas ⁷⁾	El fabricante declara la clasificación	648
Resistencia a ácidos y álcalis de alta concentración ⁵⁾		
Resistencia a los agentes químicos caseros y sales de piscina		
a) baldosas esmaltadas	Mínimo GB	648
b) baldosas no esmaltadas ⁷⁾	Mínimo UB	
Desprendimiento de plomo y cadmio⁵⁾	Método de ensayo disponible	
<p>1) Anchos de juntas similares se pueden usar para aplicar a sistemas tradicionales basados en dimensiones no métricas.</p> <p>2) No aplicable a baldosas que tienen lados curvados.</p> <p>3) A causa de la cocción, variaciones ligeras de la norma de color son inevitables. Este no es aplicable a irregularidades intencionales de variaciones de color de la cara de las baldosas (que puede ser no esmaltada, esmaltada o parcialmente esmaltada) o la variación de color sobre una área de baldosa que es característica para este tipo de baldosa y es deseable. Manchas o puntos de color que son introducidos con propósitos decorativos no se consideran un defecto.</p> <p>4) Se puede hacer referencia al anexo A de la NTE INEN 644 para la clasificación de la resistencia a la abrasión para todas las baldosas esmaltadas destinadas al uso en pisos.</p> <p>5) Se puede hacer referencia al apéndice Z de esta norma para información con respecto a los requisitos que no son obligatorios pero que están registrados "método de ensayo disponible".</p> <p>6) Ciertos efectos decorativos pueden tener una tendencia al cuarteado. Estos deben ser identificados por el fabricante, en tal caso el ensayo para el cuarteado dado en la NTE INEN 647 no es aplicable.</p> <p>7) Si el matiz llega a ser ligeramente diferente, este no se considera como ataque del agente químico.</p> <p>8) Una baldosa vitrificada totalmente es una baldosa con absorción de agua de un máximo valor individual de 0,5 % (algunas veces descrito como impermeable).</p>		

ANEXO III – Tarjetas de Control

Producción de:
Cantidad producida:

Ingredientes	Cantidad		Procedimiento
	Peso	Medida	

ANEXO IV – Procedimiento Subproceso – Molienda y Atomizado

PROCESO FABRICACIÓN DE CERAMICA SUBPROCESO - MOLIENDA Y ATOMIZADO

1. ALCANCE

INICIO: Recepción de la materia prima

FIN: Envío de la barbotina al prensado

2. DEFINICIONES

Barbotina: Resultado de mezclar agua y arcilla

Molienda: Proceso de desfragmentar materia sólida, a través del golpe o frote de piezas dura, hasta su reducción en trozos o fragmentos muy pequeños como polvos

Atomizado: Pulverizar en partículas muy pequeñas

Silos: Espacio de almacenamiento de materiales, equipo de acopio

3. PROCEDIMIENTO

DE LA RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Operador

1. Receptar la materia prima para iniciar el proceso de molienda y atomizado, verificando el correcto pesaje de las mismas y validar la cantidad solicitada en la orden de fabricación del día.
2. Proceder a registrar su visto bueno en la hoja de recepción de materia prima como constancia de la verificación realizada. En caso de encontrar inconsistencias entre las cantidades físicas recibidas y las detalladas en la orden, comunicar al Asistente

y Jefe de Bodega de Materia Prima la inconformidad observada y solicitar la regularización correspondiente.

DE LA MOLIENDA Y EL ATOMIZADO

Jefe de Producción

3. Verificar la calibración de los hornos que serán usados en el atomizado de la barbotina y registrar los resultados de la verificación en la “Hoja de Registro de Verificación de Calibración de Equipos” previo a su utilización.

Operador

4. Ubicar la materia prima dentro de los molinos para sometimiento del proceso por vía húmeda.
5. Obtener la barbotina y ubicarla en el tamizador con el objetivo de separar los residuos obtenidos de la molienda e incorporarla a altas temperaturas en cámaras de gases, donde cae en forma de polvo debido al contacto con aire caliente proveniente de los quemadores convencionales de gas natural.
6. Preparar el registro y enviar la barbotina a los silos de almacenamiento para homogeneizar su humedad a través de las cintas transportadoras.

4. RESPONSABILIDAD

ELABORADO	Asistente de O&M	<<Firma>>
REVISADO	Jefe de Producción	<<Firma>>
APROBADO	Gerente de Producción	<<Firma>>

5. ANEXOS

ANEXO I – CONTROL DE CAMBIOS

Fecha de actualización (dd/mm/aaaa)	Actualizado por	Cambios Realizados	Versión #

ANEXO V – Hoja de Registro de Verificación de Calibraciones de Equipo

HOJA DE REGISTRO – VERIFICACIÓN DE CALIBRACIONES DE EQUIPO

FECHA DE VERIFICACIÓN: _____

LUGAR DE VERIFICACIÓN: _____

EQUIPO: _____ MARCA DEL EQUIPO: _____

No. DE SERIE: _____

VERIFICACIÓN REALIZADA:

LINEA DE PRODUCCIÓN: _____ TURNO: _____

No. ORDEN PRODUCCIÓN: _____

CALIBRACIÓN	MEDIDA

OBSERVACIONES:

ANEXO VI - Extracto de la política de Calificación y Contratación de Proveedores

POLÍTICA - CALIFICACIÓN Y CONTRATACIÓN DE PROVEEDORES

Se considera como requisito indispensable para la gestión de los proveedores, contar con al menos 3 proveedores debidamente calificados, con los que la organización mantendrá negociaciones previamente pactadas mediante un contrato formal entre las partes y con la que deberán cumplir con los criterios básicos para la selección de los mismos.

Entre los criterios básicos a tener en cuenta para la selección de la contratación son:

- Evaluación de la experiencia del proveedor
- Análisis del costo beneficio
- Desempeño del proveedor
- Tiempos de entrega
- Reputación y referencias comerciales
- Capacidad del servicio
- Servicio al cliente
- Ofertas brindadas
- Rapidez en soluciones a posibles problemas

Se deberá solicitar a los proveedores garantías económicas para todo tipo de contratos o anticipos de compras, considerando lo siguiente:

- Para todo tipo de contrato, solicitar una garantía económica de fiel cumplimiento por el 10% del valor total del contrato.
- Para anticipos de compras, solicitar una garantía económica por el 100% del valor del anticipo.

ANEXO VII – Extracto del nivel de acuerdo de servicios

NIVEL DE ACUERDO DE SERVICIOS

Responsabilidades y supuestos del servicio

Compromisos del PROVEEDOR:

El mantenimiento programado de los equipos será de acuerdo al cronograma anual previamente acordado con el cliente.

El nivel de servicio esperado y el nivel mínimo aceptado del mismo están descritos a continuación:

Objetivo:	Medición del tiempo de respuesta del mantenimiento efectuado en la maquinaria.
Criterio:	Cumplimiento de los tiempos de acuerdo a la complejidad del mantenimiento.
Cómo medir:	Se medirá el tiempo transcurrido desde la fecha del requerimiento del CLIENTE, hasta la confirmación por parte del PROVEEDOR.
Tiempos de atención:	Los tiempos máximos comprometidos se clasifican por la complejidad del daño o mantenimiento: Baja: 2 horas. Media: 3 días laborables. Alta: 5 días laborables. NOTA: Con niveles medios y altos se otorgará una maquinaria de repuesto hasta la finalización del mantenimiento.

ANEXO VIII – Indicadores de Cumplimiento

INDICADOR DE CUMPLIMIENTO

PROCESO: Fabricación de cerámica

RESPONSABLE: Jefe de Calidad

Código Indicador	Nombre del Indicador	Fórmula del Indicador	Frecuencia Medición y Reporte	Valor umbral		
				Bajo	Medio	Alto
IND001	Porcentaje de productos no conformes (cerámicas)	Cantidad de cerámicas no conformes / Cantidad total de cerámicas producidas	Semanal	0	0	Mayor o igual al 1%

El indicador de cumplimiento será analizado con frecuencia semanal y presentado al comité de calidad de manera mensual.

Los resultados del indicador de cumplimiento serán remitidos a los jefes de cada área interviniente en el proceso de fabricación, luego de un análisis del motivo que ocasionó el producto no conforme y la causa raíz del incumplimiento a la especificación del producto.