

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

COHORTE 2021

Tema: “AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALDOSA DE PORCELANATO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESOS.”

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de
Magister en Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de Titulación Proyecto de Desarrollo

AUTOR: Ing. Franklin Eduardo Carrillo Mejía.

DIRECTOR: Ing. Natalia Alexandra Montalvo Zamora, Mg

Ambato - Ecuador
2023

A la Unidad Académica de Titulación de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magister, e integrado por los señores: Ingeniero Edison Patricio Jordán Hidalgo Magister e Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Aumento de la productividad en la línea de producción de baldosa de porcelanato mediante el análisis de Capacidad de Procesos”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Franklin Eduardo Carrillo Mejía, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en la biblioteca de la UTA.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal.

Ing. Edison Patricio Jordán Hidalgo Mg.
Miembro del Tribunal.

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.
Miembro del Tribunal.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Aumento de la productividad en la línea de producción de baldosa de porcelanato mediante el análisis de Capacidad de Procesos”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Franklin Eduardo Carrillo Mejía, Autor bajo la Dirección de Ingeniera Natalia Alexandra Montalvo Zamora Magister, Directora del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Franklin Eduardo Carrillo Mejía.

c.c.: 0604087239

AUTOR.

Ing. Natalia Alexandra Montalvo Zamora. Mg.

c.c.: 1803540598

DIRECTORA.

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Franklin Eduardo Carrillo Mejía.

c.c.: 0604087239

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
CAPÍTULO I.....	18
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1. Introducción.....	18
1.2. Justificación.....	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. General	20
1.3.2. Específicos	20
CAPITULO II	21
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	21
2.1. Estado del arte	21
2.2. Proceso	22
2.3. Productividad.....	22
2.4. Calidad.....	22
2.5. Diagrama de flujo de proceso.....	22
2.6. Estadística.....	23
2.7. Conceptos básicos de la estadística	23
2.8. Control estadístico del proceso.....	24
2.9. Variabilidad	24
2.10. Fallas localizadas y fallas del sistema.....	25
2.11. Gráficos de control.....	25
2.12. Pasos para construir una gráfica de control.	26
2.13. Gráfica de control X-R	27
2.14. Capacidad del proceso	27
2.15. Índice a corto plazo.....	28

2.15.1.	Índice de capacidad potencial de proceso Cp	28
2.15.2.	Índice de control de capacidad potencial superior Cps	28
2.15.3.	Índice de control inferior Cpi	29
2.15.4.	Índice CPK	29
2.16.	Límite a largo plazo.....	29
2.16.1.	Índice de desempeño potencial del proceso Pp	29
2.16.2.	Índice de desempeño real del proceso Ppk	29
2.17.	Límites de control.....	30
2.18.	Métrica seis sigmas.....	30
2.19.	Índice Z	30
2.20.	Índice Zc	31
2.21.	Índice ZL	31
2.22.	Índice Zm	32
2.23.	Partes defectuosas por cada millón (PPM).....	33
2.24.	Índice defectos por unidad (DPU).....	33
2.25.	Índice defectos por oportunidad (DPU).....	33
2.26.	Índice defectos por millón de oportunidades (DPMO).....	33
2.27.	Diagrama de Ishikawa.....	34
CAPITULO III.....		35
MARCO METODOLÓGICO.....		35
3.1.	Ubicación.....	35
3.2.	Equipos y materiales.....	35
3.3.	Tipo de investigación.....	36
3.3.1.	Descriptiva.....	36
3.3.2.	Enfoque no experimental.....	36
3.3.3.	Enfoque cuantitativo.....	36
3.4.	Prueba de hipótesis - pregunta científica – idea a defender.....	36

3.5.	Población o muestra:	37
3.6.	Recolección de información:	37
3.7.	Procesamiento de la información y análisis estadístico:	37
3.8.	Variables respuesta o resultados alcanzados:	38
CAPITULO IV		40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		40
4.1.	Descripción de la empresa	40
4.2.	Visión.	41
4.3.	Misión.....	41
4.4.	Cartera de productos.....	41
4.5.	Planta industrial.....	44
4.6.	Organigrama de C.A. Ecuatoriana de Cerámica.	45
4.7.	Descripción del proceso productivo de baldosa de porcelanato.....	46
4.8.	Diagrama de procesos de fabricación de baldosa de porcelanato.	53
4.9.	Análisis de situación inicial.....	53
4.10.	Característica del problema.	59
4.11.	Caracterización del subproceso de control de baldosas de porcelanato. .	64
4.12.	Descripción de las actividades del control del subproceso.....	64
4.13.	Análisis e interpretación de datos.....	66
4.14.	Análisis descriptivo.....	66
4.15.	Gráficas de control.....	70
4.16.	Análisis de la capacidad de procesos.....	74
4.17.	Propuesta de mejora.....	83
4.18.	Análisis de costos.....	98
4.19.	Análisis económico de la propuesta.....	100
4.20.	Verificación de la hipótesis.....	105
CAPÍTULO V		107

5.1. Conclusiones	107
5.2. Recomendaciones	108
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Operacionalización de variables.	39
Tabla 4-1. Formatos de producción de baldosas.	41
Tabla 4-2. Estimación de la productividad de situación inicial.	54
Tabla 4-3. Distribución de costos por calidad del formato 60x120 del año 2022.....	57
Tabla 4-4. Clasificación de la producción del año 2022 y valor por defecto.....	57
Tabla 4-5. Resumen de valor generado del defecto despuntado.	58
Tabla 4-6. Ponderación de la matriz de criticidad.....	60
Tabla 4-7. Grado de criticidad.	60
Tabla 4-8. Matriz de criticidad.....	61
Tabla 4-9. Plan de implementación de las causas.	62
Tabla 4-10. Medición de longitudes.....	65
Tabla 4-11. Medición de espesor y peso.	65
Tabla 4-12. Coeficiente de variabilidad.	66
Tabla 4-13. Estadística descriptiva de longitud del lado largo.	67
Tabla 4-14. Estadística descriptiva de longitud del lado largo.	68
Tabla 4-15. Estadística descriptiva de longitud del lado ancho.	69
Tabla 4-16. Estadística descriptiva de longitud de lado ancho.	70
Tabla 4-17. Índices de capacidad de procesos y su interpretación.....	75
Tabla 4-18. Estadística descriptiva de longitud del lado largo.	84
Tabla 4-19. Estadística descriptiva de longitud del lado ancho.	85
Tabla 4-20. Frecuencia de longitud de lado largo.....	88
Tabla 4-21. Frecuencia de longitud de lado ancho.....	89
Tabla 4-22. Resumen de análisis de capacidad de longitud de lado largo.....	94
Tabla 4-23. Resumen de análisis de capacidad de longitud de lado ancho.....	96
Tabla 4-24. Resultados de simulación.....	98
Tabla 4-25 Clasificación de la prueba de producción y valor por defecto.....	98
Tabla 4-26. Resumen de valor generado del defecto despuntado.....	99
Tabla 4-27. Estimación de la productividad resultado de la simulación.....	100
Tabla 4-28. Cálculo de la inversión inicial.	100
Tabla 4-29. Detalle de ingresos del año 2022.	101
Tabla 4-30. Costos operacionales.....	102
Tabla 4-31. Presupuesto de producción.	102

Tabla 4-32. Cálculo del valor actual neto.	103
Tabla 4-33. Cálculo de la tasa interna de retorno.....	104
Tabla 4-34. Cálculo del beneficio costo.....	104
Tabla 4-35. Cálculo del periodo de recuperación.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Partes de una gráfica de control.	26
Figura 2-2. Interpretación del índice de Capacidad Potencial C_p	28
Figura 2-3. Representación de los límites de Control.....	30
Figura 2-4. Calidad de corto y largo plazo en términos de C_p , ZC , ZL y PPM	32
Figura 2-5. Reducción de defectos al subir el número de sigmas de un proceso.....	33
Figura 2-6. Esquema del diagrama de Ishikawa	34
Figura 3-1. Ubicación de la empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica.....	35
Figura 4-1. Formatos de producción de C.A. Ecuatoriana de Cerámica.	42
Figura 4-2. Colección de productos del formato 60X120 porcelanato.	42
Figura 4-3. Colección de productos del formato 20X120 porcelanato.	43
Figura 4-4. Colección de productos del formato 30X120 porcelanato.	43
Figura 4-5. Planta de producción PISOS.	44
Figura 4-6. Planta de producción AZULEJOS.	44
Figura 4-7. Organigrama de C.A. Ecuatoriana de Cerámica.	45
Figura 4-8. Pesado de materias primas.	46
Figura 4-9. Molienda de materias primas.	46
Figura 4-10. Atomizador AT – 600.	47
Figura 4-11. Prensa PH-5000.....	47
Figura 4-12. Secadero Horizontal.	48
Figura 4-13. Línea de Esmaltación	48
Figura 4-14. Impresora Kerajet.	49
Figura 4-15. Horno 3200.....	49
Figura 4-16. Rectificado de baldosa porcelanato.....	50
Figura 4-17. Pulsador de defectos visuales de la mesa de clasificación.	51
Figura 4-18. Clasificado de la baldosa.....	51
Figura 4-19. Encartonado de producto.....	52
Figura 4-20. Embalaje y paletizado del producto.	52
Figura 4-21. Producción de baldosa de porcelanato del formato 60X120.....	53
Figura 4-22. Calidad del formato 60X120 del año 2022.	54
Figura 4-23. Clasificación final por defectos.....	56
Figura 4-24. Proceso de rectificado.	59
Figura 4-25. Defecto despuntado.	59

Figura 4-26. Diagrama de Ishikawa del defecto despuntado.....	60
Figura 4-27. Toma de muestras.	64
Figura 4-28. Flexímetro serie MOR/5-TS 800 KG.....	66
Figura 4-29. Histograma de datos de longitud del lado largo L1 IZQ – L2 IZQ.....	67
Figura 4-30. Histograma de datos de longitud del lado largo L1 DER – L2 DER...	68
Figura 4-31. Histograma de datos de longitud del lado ancho A1 IZQ – A2 IZQ. ..	69
Figura 4-32. Histograma de datos de longitud del lado ancho A1 DER – A2DER..	69
Figura 4-33. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado largo.	71
Figura 4-34. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado ancho.	73
Figura 4-35. Capacidad de proceso de longitud de lado largo.....	78
Figura 4-36. Métricas seis sigmas de longitud de lado largo.....	80
Figura 4-37. Capacidad de proceso de longitud de lado ancho.	81
Figura 4-38. Métricas seis sigmas de longitud de lado ancho.	82
Figura 4-39. Histograma de datos de longitud del lado largo.....	85
Figura 4-40. Histograma de datos de longitud del lado ancho.....	85
Figura 4-41. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado largo.	86
Figura 4-42. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado ancho.	87
Figura 4-43. Histograma de longitud de lado largo.	88
Figura 4-44. Histograma de longitud de lado ancho.....	89
Figura 4-45. Capacidad de proceso de longitud de lado largo.....	90
Figura 4-46. Métricas seis sigmas de longitud de lado largo.....	91
Figura 4-47. Capacidad de proceso de longitud de lado ancho.	92
Figura 4-48. Métricas seis sigmas de longitud de lado ancho.	93
Figura 4-49. Prueba t para igualdad de medias, estado inicial y prueba industrial.	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resumen anual de cerámica y porcelanato.	112
Anexo 2. Diagrama de procesos de fabricación de baldosa de porcelanato.	113
Anexo 3. Clasificación de defectos del año 2022.	115
Anexo 4. Determinación del costo de fabricación de la baldosa de porcelanato.	116
Anexo 5. Registro de control de producto del formato 60x120 de porcelanato.	117
Anexo 6. Control de calibre a la salida del horno de prueba industrial.	118
Anexo 7. Formato de reporte de clasificación del producto terminando.	119
Anexo 8. Procedimiento de control estadístico de proceso.	120
Anexo 9. Tasas de interés activa referenciales.	134

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, al habernos acogido en sus aulas, a los docentes que han impartido sus conocimientos a través de su enseñanza y su ejemplo, para nuestro desarrollo académico y personal.

A los directivos de la empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica, por darnos una oportunidad de levantar la información necesaria, y sugerir cambios que han permitido el desarrollo de este proyecto.

A la Ingeniera Natalia Montalvo por compartir sus conocimientos y su valioso tiempo, en el desarrollo de este proyecto de Investigación, con el objetivo de cumplir nuestras metas académicas.

A mi familia que siempre me han brindado su apoyo y amor condicional, para perseguir mis sueños y las metas que me he trazado a nivel personal y académico y nunca abandonarlos frente a las adversidades.

Franklin Eduardo Carrillo Mejía.

DEDICATORIA

A mi hijo Julián Carrillo quien es la razón de mi vida, quien me motiva a seguir creciendo profesionalmente para cumplir con este objetivo.

A mi esposa Erica Hilbay que en todo momento de esta travesía me brindo su apoyo y amor incondicional, motivándome y ayudándome para juntos superarnos mutuamente.

A mi madre Narcisa Mejía, quien con su bendición a lo largo de mi vida me ha guiado y llevado por el camino del bien

A mi hermana que me acompaña y me motiva a seguir adelante.

Franklin Eduardo Carrillo Mejía.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES
COHORTE 2021

TEMA:

“AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
BALDOSA DE PORCELANATO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD
DE PROCESOS.”

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyecto de Titulación.

AUTOR: Ing. Franklin Eduardo Carrillo Mejía.

DIRECTOR: Ing. Natalia Alexandra Montalvo Zamora. Mg.

FECHA: 29 de agosto 2023

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar una propuesta de mejora de la productividad de la línea de producción de baldosa de porcelanato mediante el análisis de capacidad de procesos. Para la aplicación del control estadístico de procesos se usó el software estadístico MINITAB, facilitando el análisis de los datos. Se desarrollo un diagnóstico inicial del proceso de producción de baldosa de porcelanato del formato 60X120, analizando las características, equipos y variables utilizadas. Logrando así determinar que en el año 2022 se obtuvo una calidad del 70% de producto en Calidad Premium, mientras que el 20% de producto se clasificó como producto de Segunda Calidad y el 9% en Tercera Calidad, en el cual analizando los datos de clasificación final se determinó que el defecto despuntado representa el segundo mayor defecto de las unidades producidas.

Posterior se procedió con la elaboración de gráficas de control, histogramas y determinación de los índices de capacidad como: Índice potencial de proceso (C_p), Capacidad potencial respecto al centrado del proceso (C_{pk}), el centrado del proceso (K), el índice de Taguchi (C_{pm}), determinando que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y se requieren de modificaciones muy serias para lograr mejorar la calidad del proceso, reducir el porcentaje de productos fuera de especificaciones y sobre todo reducir la variabilidad y el centrado del proceso.

Finalmente se establece una propuesta de mejora en el cual contempla el desarrollo de un procedimiento para Control Estadístico de Procesos, en el que contempla el uso de herramientas como gráficas de control X barra, gráficas R, histogramas de capacidad, cálculos de índices de capacidad, adopción de nuevas especificaciones en base a datos históricos del proceso con la finalidad de mantener la mejora alcanzada y garantizar el cumplimiento de la calidad.

PALABRAS CLAVE:

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS, COEFICIENTE DE VARIABILIDAD, ÍNDICES DE CAPACIDAD, PRODUCTIVIDAD, PROCESOS PRODUCTIVOS.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

A nivel mundial las empresas industriales donde las barreras fronterizas desaparecen y la apertura de nuevos mercados son ineludibles, las empresas apuestan a la mejora continua, al éxito y a ser más competitivas para permanecer en el mercado ya que en la actualidad no solo compiten a nivel local sino también con empresas internacionales que ofertan el mismo producto y/o servicio.

Las empresas industriales dedicadas al sector cerámico cada vez incorporan tecnología, estrategias y herramientas que les permitan mejorar continuamente, respondiendo de manera inmediata a las nuevas exigencias de sus clientes, para ello se evidencia la necesidad de incorporar nuevas herramientas de control en sus procesos en busca de una filosofía de control estadístico de la calidad en sus procesos.

Ahora bien, como en cualquier proceso de fabricación sin importar la naturaleza siempre hay un grado de variabilidad inherente o natural. Esta variación o ruido de fondo es la acumulación de muchas causas pequeñas o intrínsecas incontrolables, el proceso se considera aceptable si el nivel de variabilidad es bajo entonces se dice que el proceso se encuentra bajo control estadístico en cambio cuando el nivel de variabilidad es superior y se debe a causas controlables se considera un proceso no aceptable o fuera de control.

La aplicación del control estadístico en una empresa traerá estabilidad en el proceso, y la reducción de la variabilidad. No satisface apenas cumplir las exigencias, cuanto mayor sea la reducción de la variabilidad del proceso, mejor será su desempeño y mejor la imagen con relación a la presencia en el mercado garantizando siempre un producto competitivo (Hernández Pedrera & Filipe Da Silva Portofilipe, 2015).

En el presente trabajo de investigación se describe la aplicación de la herramienta de control estadístico de procesos, en la línea de producción de porcelanato de la empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica, en la cual se detalla el análisis inicial que permiten observar las variaciones del tamaño de la longitud de lado largo y lado corto, mediante la aplicación y análisis de gráficos de control X-R, y la obtención de indicadores de capacidad de procesos para posterior plantear una propuesta de mejora mediante el

control estadístico de procesos para evaluar en una simulación a nivel industrial permitiéndonos evaluar la calidad dentro de la línea de producción.

1.2. Justificación

En Ecuador, se ha propuesto consolidar el cambio de la matriz productiva, lo cual se traduce en la diversificación de la oferta de productos y servicios, el impulso de cadenas productivas, y el aumento de la competitividad de los diversos actores económicos. El desarrollo de la industria que se pretende lograr tiene como base la plataforma de condiciones generadas para el desarrollo industrial, inversión pública en materia de infraestructura productiva, fortalecimiento del talento humano, ciencia y tecnología, incentivos para la inversión (Altamirano et al., 2022).

Es así como las empresas industriales buscan mejorar continuamente, ser competitivas a nivel nacional e internacional por lo cual implementan estrategias que contribuyan a mantener una alta competitividad garantizando su producto y/o servicio. Por lo que una estrategia fundamental para mantener un alto nivel de calidad tanto en el producto como en el proceso es hacer uso de las herramientas de ingeniería capaces de analizar las características propias del proceso con la finalidad de poder tomar decisiones para el cumplimiento de las metas reales que siguen las empresas.

La aplicación del control estadístico en una empresa trae la estabilidad del proceso y la reducción de la variabilidad, no satisface apenas con cumplir con la exigencia, cuanto mayor sea la reducción de la variabilidad mejor será su desempeño y la imagen en relación con la presencia en el mercado (Hernández Pedrera & Filipe Da Silva Portofilipe, 2015).

El sector de la industria de cerámica plana en el Ecuador se centra en las provincias de Cañar, Morona Santiago, Chimborazo y Azuay, siendo la sociedad del Grupo Peña con su empresa reconocida Graiman, por el otro lado el Grupo el Juri con sus empresas Ecuatoriana de Cerámica, Italpisos y Cerámicas Rialto las más reconocidas de País.

En este sentido, el sector cerámico en Ecuador está altamente concentrado; más del 45% de la producción y venta pertenece al grupo empresarial GRAIMAN CÍA. LTDA, seguido del 21% que se atribuye a C.A. ECUATORIANA DE CERAMICA, el 20% corresponde a RIALTO S.A, y el restante 14% a la empresa ITALPISOS S.A. (Altamirano et al., 2022).

Actualmente la empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica, ubicada en la provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba cuenta con dos plantas de producción de baldosa cerámica y baldosa de porcelanato, esta investigación se justifica debido a los problemas detectados en la calidad del productos de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120P, su producción mensual promedio es de 197585 m² de los cuales se obtiene el 59% de producto en primera calidad, el 30% en segunda, y el 11% en tercera, sus mayores defectos son despuntado, diferencia de calibres, paralelismo, y planar los cual impide cumplir con el objetivo empresarial del 85% de calidad afectando a su productividad y competitividad a nivel empresarial.

De esta forma mediante el análisis de capacidad de procesos permitirá mejorar la productividad y predecir defectos para poner en evidencia la variación del proceso con la finalidad de alcanzar los objetivos trazados mejorando la calidad y cumpliendo las especificaciones deseadas, permitiéndonos seguir en el mercado como pioneros en la industria cerámica del país.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Desarrollar una propuesta de mejora de la productividad de la línea de producción de baldosa de porcelanato mediante el análisis de capacidad de procesos.

1.3.2. Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de baldosas de porcelanato en la empresa Ecuacerámica C.A, para identificar las posibles causas del comportamiento actual.
- Analizar los resultados mediante la aplicación de capacidad de procesos.
- Desarrollar una propuesta que permita mejorar la productividad en el proceso de fabricación de baldosas de porcelanato.
- Analizar el costo beneficio de la propuesta.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1. Estado del arte

El control estadístico de procesos nació a finales de los años 20, su creador fue Walter Shewhart en 1924 en Bell Telephone Laboratories, se centró en monitorear la conformidad con los estándares de producción en la fabricación de masa (Bradford & Miranti, 2019).

Según (Navarro Navarro et al., 2020), en su investigación de capacidad de procesos hace referencia a las frecuentes fluctuaciones económicas que enfrenta el sector metalmecánico con la utilización de esta herramienta se puede medir la capacidad de un proceso para conocer si es necesario implementar mejoras al sistema tendientes a cumplimiento de los pedidos realizados para mantener la calidad.

Según (Pierdant Rodríguez & Rodríguez Franco, 2009), las empresas y organismos públicos que proporcionan servicios no utilizan frecuentemente técnicas cuantitativas para el control de calidad de dicho servicio, por lo que el uso del control estadístico de procesos nos permiten determinar si la prestación de un servicio se encuentra bajo control, este material de análisis de calidad de un servicio, que combina el uso de elementos estadísticos básicos y una herramienta informática, pretende proporcionar al encargado o gerente de un servicio un instrumento simple que le permita establecer, en una primera instancia, los criterios de calidad.

Según (Hernández Pedrera & Filipe Da Silva Portofilipe, 2015), en su artículo científico evidencia la mejora del proceso de obtención de un producto sanitario donde utiliza el control estadístico de procesos como una herramienta para evaluar la posibilidad de mejora del proceso, en el cual primero se identifican las variables a ser analizadas, se analizan los posibles errores y variaciones indicados por los gráficos de control además de evaluar y comparar los resultados logrados con el estudio de CEP antes y después del monitoreo directo en la línea de producción, De esta manera se logra demostrar que el proceso está bajo control al obtener resultados dentro de los límites de control establecidos.

Según (Ormaza Mariela, 2017), la implementación del control estadístico de la calidad de los procesos en la producción de camisetas permitió mejorar los índices de calidad del proceso principalmente reduciendo la variabilidad real y el centrado del proceso, con respecto al valor central óptimo y la tolerancia permitida lo que permitió reducir en un 90 % promedio el porcentaje de unidades fuera de especificaciones o defectuosas.

Por tal razón este tipo de herramientas de ingeniería como el análisis de capacidad de proceso nos permiten identificar, medir y controlar la variabilidad de un proceso, para así evitar producir defectos, mejorando la calidad y disminuyendo los desperdicios.

2.2. Proceso

Por proceso se entiende la combinación de máquina, equipos, gente, materiales, métodos y condiciones ambientales que generan un resultado. La performance total de un proceso: la calidad de sus resultados y la eficiencia productiva, dependen del diseño y construcción de este y en la forma en que es operado. El resto del sistema de control de proceso es útil sólo si contribuye a mejorar su performance (Pascal et al., 2010).

2.3. Productividad

La productividad es el nivel de rendimiento con que se emplean los recursos, la relación entre producción e insumo para crear valor agregado.(Muñoz Choque, 2021).

La productividad se calcula mediante periodos de tiempos, el propósito es medir el resultado de la eficiencia, cuanto menos recurso se invierte para producir la misma o mayor cantidad de ganancias, mejor será la eficiencia (Herrera, 2012).

2.4. Calidad

La calidad puede definirse como el conjunto de características que posee un producto o servicios obtenidos en un sistema productivo, así como su capacidad de satisfacción de los requerimientos de los usuarios, la calidad supone que el producto o servicio deberá cumplir con las funciones y especificaciones para los que han sido diseñados y que deberán justarse a las expresadas por los clientes (Cuatrecasas Lluís, 2000).

2.5. Diagrama de flujo de proceso

Representación gráfica de la secuencia de los pasos de un proceso, que incluye inspecciones y retrabajos (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

2.6. Estadística

La estadística se refiere a un conjunto de métodos para manejar la obtención, presentación y análisis de observaciones numéricas. Sus objetivos son describir el conjunto de datos obtenidos y tomar decisiones o realizar generalizaciones acerca de las características de todas las posibles observaciones bajo consideración (En & Porras Velázquez, 2017).

2.7. Conceptos básicos de la estadística

- **Población:**

Conjunto de todas las posibles unidades de observación que son objeto del problema a considerar. Es el objeto real de interés del cual la muestra escogida constituye un subconjunto particular, se pueden diferenciar en:

Una población finita si el proceso de conteo de las unidades que la conforman puede completarse o si incluye un número limitado de medidas u observaciones.

En cambio, una población infinita incluye un gran conjunto de medidas que no puede obtenerse por conteo.

- **Muestra:**

Parte o subconjunto de una población. Subconjunto de medidas u observaciones tomadas a partir de una población dada. Se utiliza una muestra por razones prácticas, económicas o de tiempo que no permiten considerar a toda la población (En & Porras Velázquez, 2017).

- **Variable:**

Característica de una población que le interese al investigador y puede ser cualitativa o cuantitativa, la variable independiente es la que cambia y es el objeto estudio, la variable dependiente es la medida que se emplea para analizar el efecto de la variable independiente.

- **Nivel de confianza:**

Es la probabilidad a priori de que el intervalo de confianza a calcular contenga el verdadero parámetro. Se indica como $1-\alpha$ y habitualmente se da en porcentaje ($1-\alpha$)

%, los valores que se suelen utilizar son 95%, 99% y 99,9%.(Pierdant Rodríguez & Rodríguez Franco, 2009).

2.8. Control estadístico del proceso

Es la rama de la calidad que consiste en la colecta, análisis e interpretación de datos, establecimiento de calidades, comparación de desempeños, verificación de desvíos, todo eso para su utilización en las actividades de mejoría y control de calidad de productos, servicios y diagnóstico de defectos.

El objetivo de cualquier operación industrial es encontrar el modo más económico de producir productos que cumplan con las especificaciones. Esto significa eliminar el gasto en exceso que resulta de producir productos no utilizables o de realizar inspecciones innecesarias (Pascal et al., 2010).

2.9. Variabilidad

La variabilidad es definida como un fenómeno común en los temas provenientes de un proceso industrial. Ocurre tanto en indicadores de desempeño de operaciones del proceso, como en su rendimiento, en los indicadores de calidad de los productos producidos, estando el proceso bajo control (Hernández & Da Silva, 2015).

- **Causas comunes:**

Conocidas como causas naturales, son las fuentes de variación aleatorias, no identificables, que son inevitables en un proceso específico. Además de los factores ambientales, puede haber limitaciones de la máquina, factores humanos que son inherentes al proceso. Un proceso es "robusto" si es menos susceptible a las causas comunes de variación. A largo plazo, puede reducir esta variabilidad con cambios fundamentales en el proceso (nuevos equipos, materiales, tecnologías, etc.). Sin embargo, a corto plazo, los ajustes del proceso no están garantizados por causas comunes (y en realidad puede empeorar la variabilidad).

- **Causas especiales:**

Las causas especiales o asignables incluyen cualquier factor que pueda identificarse y eliminarse, el desgaste de las herramientas, los problemas de capacitación y los problemas de materias primas son ejemplos de causas asignables. Las seis fuentes

principales de variación del proceso son personas, máquinas, materiales, métodos, medición y entorno (Pardo Morales Yineth, 2019).

2.10. Fallas localizadas y fallas del sistema

Cuando las señales estadísticas indican la presencia de una causa específica de variación, esto generalmente indica un error local que afecta el resultado del proceso. Los errores locales surgen de un operador, máquina, herramienta, etc. en particular. Generalmente puede ser reparado por el propio operador, su gerente o el soporte directo de fábrica. Por ejemplo, una herramienta rota, una mala instrucción del operador o un lote de material que no cumple con las especificaciones.

Por otro lado, la excesiva variación por causas comunes indica generalmente la presencia de fallas en el sistema de manufactura mismo. Una falla en el sistema tiene un efecto amplio, típicamente influenciando a varias máquinas u operadores o persistiendo a lo largo del tiempo. La corrección de una falla del sistema va más allá del control del operador o su supervisor directo. Requiere una acción de gerencia para corregir la falla. Ejemplos de falla de sistema incluyen la falta de un mantenimiento preventivo o la compra de materiales de inferior calidad (Pascal et al., 2010).

2.11. Gráficos de control

Un gráfico de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de los cuales se localiza abajo y el otro arriba de la línea central, y valores característicos marcados en el gráfico representando el estado de un proceso. Si todos esos valores marcados están dentro de los límites de control, sin cualquier tendencia particular, el proceso se considera bajo control, mientras que, si los puntos inciden fuera de los límites de control o presentan una disposición atípica, el proceso es considerado fuera de control (Hernández & Da Silva, 2015).

Si todos esos valores marcados están dentro de los límites de control, sin cualquier tendencia particular, el proceso se considera bajo control, mientras que, si los puntos inciden fuera de los límites de control o presentan una diapositiva atípica, el proceso es considerado fuera de control.(Hernández Pedrera & Filipe Da Silva Portofilipe, 2015).

Los gráficos de control pueden clasificarse en dos tipos generales: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. En el gráfico de control por variables

es posible medir la característica de calidad objeto de estudio y expresarla como un número.

En estos casos conviene describir la característica de calidad mediante una medida de tendencia central y una medida de su variabilidad. El diagrama de la media es el que más se usa para controlar la tendencia central, mientras que las gráficas basadas en la amplitud muestral o en la desviación estándar muestral sirven para controlar la variabilidad del proceso (Mendoza Martínez & Nuño De La Parra, n.d.).

2.12. Pasos para construir una gráfica de control.

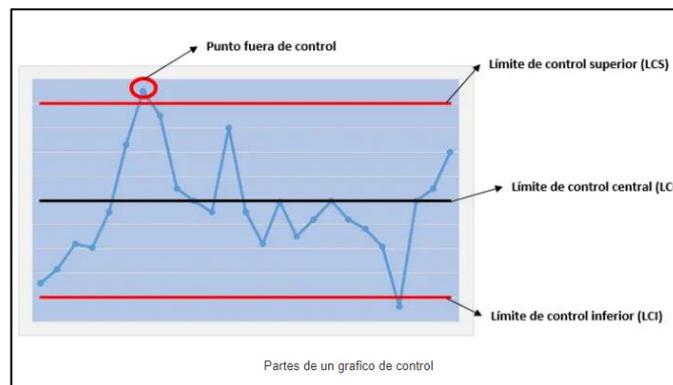


Figura 2-1. Partes de una gráfica de control.

Fuente: Gráficas de control (Carro Paz & González Gómez, 2012)

Paso 1. Recabar datos sobre la medición de la calidad de una variable y organizar por número de muestra.

Paso 2: Calcular el rango para cada muestra y el rango promedio para el conjunto de muestras.

Paso 3: Determine los acotamientos de control superior e inferior de la gráfica.

Paso 4: Trace los rangos de la muestra, si todos están bajo control, avance al paso 5, de lo contrario encuentre las causas asignables y corríjalas.

Paso 5: Calcule la media para cada muestra y la línea central de la gráfica.

Paso 6: Determine los parámetros para límite de control superior, límite de control inferior y construya la gráfica.

Paso 7: Trace las medias de la muestra, si todos están bajo control el proceso está controlado en términos del promedio del proceso y la variabilidad del proceso.(Carro Paz & González Gómez, 2012).

2.13. Gráfica de control X-R

Entre los gráficos de control por variables más importantes tenemos los siguientes: gráfico de medias (X) y gráfico de rangos (R).

Este tipo de gráficos son principalmente utilizados para:

- Mejorar la calidad.
- Definir la capacidad del proceso.
- Tomar decisiones relativas a las especificaciones del producto, tomar decisiones relacionadas con el proceso de producción, tomar decisiones relativas a productos recién elaborados (Mendoza Martínez & Nuño De La Parra, n.d.).

2.14. Capacidad del proceso

La Capacidad de Proceso compara la salida de un proceso bajo control estadístico respecto de los límites de especificación de este.

Esta comparación se realiza mediante un coeficiente (C_p) que establece un cociente entre la diferencia de los límites de especificación del proceso (IT) respecto de 6 unidades de desviaciones estándar (6σ) del proceso en cuestión (D_0), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{IT}{D_0}, \text{ siendo } D_0 = 6\sigma \quad (1)$$

Es decir, que el C_p compara el ancho de las especificaciones con la amplitud de la variación del proceso (Pascal et al., 2010).

Cuando el $C_p > 2$ se dice que el proceso es de clase mundial y tiene calidad seis sigmas
Cuando el C_p se encuentra entre $1.33 \leq C_p \leq 2$ se dice que el proceso es de clase 1 y es más que adecuado.

Cuando el C_p se encuentra entre $1 \leq C_p < 1.33$ se dice que el proceso es de clase 2 y es adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el C_p se acerque a 1.

Cuando el CP se encuentra entre $0.67 \leq C_p \leq 1$ se dice que el proceso es de clase 3 y no es el adecuado para el trabajo, se necesita un análisis del proceso, requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

Cuando el $C_p < 0.67$ se dice que el proceso no es el adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias (Navarro Navarro et al., 2020).

2.15. Índice a corto plazo

2.15.1. Índice de capacidad potencial de proceso C_p .

Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso.

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (2)$$

Donde σ representa la desviación estándar, mientras ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad.

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Figura 2-2. Interpretación del índice de Capacidad Potencial C_p .

Fuente: Valores del C_p . (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

2.15.2. Índice de control de capacidad potencial superior C_{ps} .

Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación superior de una característica de calidad.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad (3)$$

2.15.3. Índice de control inferior C_{pi} .

Indicador de la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación inferior de una característica de calidad.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad (4)$$

2.15.4. Índice C_{pK} .

Es el valor que caracteriza la relación existente entre la medida del proceso y su distancia al límite de especificación, por el cual el proceso dará un mejor resultado menos correcto. Se define el índice C_{pK} para tener en cuenta el centrado del proceso. La magnitud de C_{pK} respecto C_p es una medida directa de cuan apartado del centro está operando el proceso.

- $C_{pk} = \text{Min}(C_{pi}, C_{ps})$
- Cuando $C_p = C_{pk}$ proceso centrado en el punto medio de las especificaciones.
- Cuando $C_p > C_{pk}$ proceso descentrado.
- Sin embargo, C_{pk} sólo sigue siendo una medida inadecuada del centrado del proceso, ya que para cualquier valor fijo de μ en el intervalo de LSL a USL C_{pk} depende inversamente de σ y se hace grande cuando σ tiende a cero (Navarro Navarro et al., 2020).

2.16. Límite a largo plazo

2.16.1. Índice de desempeño potencial del proceso P_p .

Indicador del desempeño potencial del proceso, que se calcula en forma similar al índice C_p pero usando la desviación estándar de largo plazo.(Navarro Navarro et al., 2020)

$$P_p = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad (5)$$

2.16.2. Índice de desempeño real del proceso P_{pk} .

Indicador del desempeño real del proceso, que se calcula en forma similar al índice C_{pk} pero usando la desviación estándar de largo plazo.(Navarro Navarro et al., 2020)

$$P_{pk} = \text{mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma L}, \frac{\mu - EI}{3\sigma L} \right] \quad (6)$$

2.17. Límites de control

Los límites de control se usan para juzgar si es necesario emprender alguna acción. El valor más grande representa el acontecimiento de control superior (UCL) y el valor más pequeño representa el acontecimiento de control inferior (LCL), una estadística de muestras ubicada entre UCL y UCL indica que el proceso está mostrando causas comunes de variación, en cambio, una estadística ubicada fuera de los acotamientos de control indica que el proceso está exhibiendo causas asignables de variación, como se muestra en la siguiente ilustración. (Carro Paz & González Gómez, 2012)

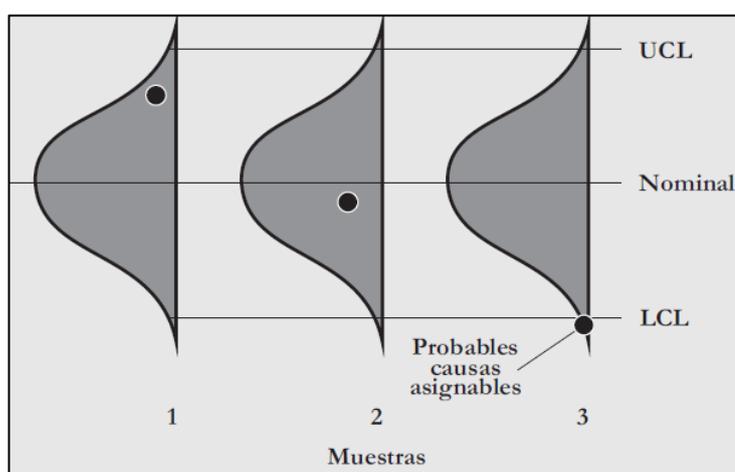


Figura 2-3. Representación de los límites de Control.

Fuente: Ejemplo relación del acontecimiento de control con la distribución de muestreo y observaciones tomadas de tres muestras (Carro Paz & González Gómez, 2012).

2.18. Métrica seis sigmas

Calidad Seis Sigma o los procesos Seis Sigma se refieren a un concepto que plantea una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos de una organización. El término se acuñó en el decenio de 1980-1989, y le dio su nombre al programa de mejora Seis Sigma. Por medio de los conceptos vistos antes es fácil analizar y entender el nivel de calidad en términos del número de sigmas. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

2.19. Índice Z

Es la métrica de capacidad de procesos de mayor uso en Seis Sigma. Se obtiene calculando la distancia entre la media y las especificaciones y esta distancia se divide entre la desviación estándar. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

Otra forma de medir la capacidad del proceso es mediante el índice Z, el cual consiste en calcular la distancia entre las especificaciones y la media μ del proceso en unidades de la desviación estándar, σ . De esta manera, para un proceso con doble especificación se tiene Z superior, Z_s , y Z inferior, Z_i . (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013) Se definen de la siguiente manera:

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma} \quad (7)$$

$$Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma} \quad (8)$$

La capacidad de un proceso medida en términos del índice Z es igual al valor más pequeño de entre Z_s y Z_i . (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013) es decir:

$$Z = \text{minimo} [Z_s \ Z_i] \quad (9)$$

2.20. Índice Z_c .

Valor del índice en el cual se emplea la desviación estándar de corto plazo. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

2.21. Índice Z_L .

Valor del índice Z que utiliza la desviación estándar de largo plazo. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

Si la desviación estándar utilizada para calcular el índice Z es de corto plazo, entonces el correspondiente Z también será de corto plazo y se denota como Z_c . (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

En cambio, si la σ es de largo plazo, entonces el correspondiente Z será designado de largo plazo y se denota con Z_L . La diferencia entre la capacidad de corto y largo plazo se conoce como desplazamiento o movimiento del proceso y se mide a través del índice Z_m . (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

De la siguiente manera:

$$Z_m = Z_c - Z_L \quad (10)$$

2.22. Índice Z_m .

Representa la habilidad para controlar la tecnología. Hay estudios que ponen de manifiesto que la media de un proceso se puede desplazar a través del tiempo hasta 1.5 sigmas en promedio hasta cualquier lado de su valor actual. Por lo general, este 1.5 se utiliza de la siguiente manera: cuando es posible calcular Z_m y si éste es menor que 1.5, se asumirá que el proceso tiene un mejor control que el promedio de los procesos con un control pobre, y si es mayor que 1.5, entonces el control es muy malo. Si no se conoce Z_m , entonces se asume un valor de 1.5. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

De la forma que se obtiene el índice Z , es posible ver que:

$$3C_{pk} = Z_C \text{ y } 3P_{pk} = Z_L \quad (11)$$

Calidad Tres Sigma: Proceso cuya capacidad para cumplir especificaciones a corto plazo es igual a $Z_c=3$ y el índice es $C_{pk} = 1$. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

Calidad Seis Sigma: Tener esta calidad significa diseñar productos y procesos que logren que la variación de las características de calidad sea tan pequeña que el índice Z_c , por lo cual el proceso cuya capacidad para cumplir especificaciones a corto plazo es igual a $Z_c = 6$ o cuando es a largo plazo $Z_L = 4.5$, lo cual, a corto plazo significa $C_{pk} = 2$ y a largo plazo $P_{pk} = 1.5$. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

El índice Z se emplea como métrica en Seis Sigma cuando la característica de calidad es de tipo continuo; sin embargo, muchas características de calidad son de atributos. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

Calidad de corto plazo (suponiendo un proceso centrado)				Calidad de largo plazo con un movimiento de 1.5σ		
Índice C_p	Calidad en sigmas Z_c	% de la curva dentro de especificaciones	Partes por millón fuera de especificaciones	Índice Z_L	% de la curva dentro de especificaciones	PPM fuera de especificaciones
0.33	1	68.27	317 300	-0.5	30.23	697 700
0.67	2	95.45	45 500	0.5	69.13	308 700
1.00	3	99.73	2 700	1.5	93.32	66 807
1.33	4	99.9937	63	2.5	99.379	6 210
1.67	5	99.999943	0.57	3.5	99.9767	233
2.00	6	99.999998	0.002	4.5	99.99966	3.4

Nivel de calidad en sigmas: $Z_c = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(\text{PPM}_L)}$ $\text{PPM}_L = \exp\left[\frac{29.37 - (Z_c - 0.8406)^2}{2.221}\right]$

Figura 2-4. Calidad de corto y largo plazo en términos de C_p , Z_c , Z_L y PPM .

Fuente: Calidad de Corto y largo plazo. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

Los niveles de calidad medidos en sigmas no sólo son números enteros, sino que pueden ser números reales con decimales. Además, pasar de un nivel de calidad sigma al siguiente superior no es una tarea sencilla. A partir de la tabla 5.3 es posible obtener la tabla 5.4, en donde se muestra la reducción de defectos de un nivel de sigma al siguiente.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

Pasar de	A	Factor de reducción de defectos	Reducción porcentual
2 sigmas (308 537 PPM)	3 sigmas (66 807 PPM)	5	78%
3 sigmas (66 807 PPM)	4 sigmas (6 210 PPM)	11	91%
4 sigmas (6 210 PPM)	5 sigmas (233 PPM)	27	96%
5 sigmas (233 PPM)	6 sigmas (3.4 PPM)	68	99%

Figura 2-5. Reducción de defectos al subir el número de sigmas de un proceso.

Fuente: Reducción de defectos al subir el número de sigmas de un proceso.
(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

2.23. Partes defectuosas por cada millón (PPM)

El PPM se aplica cuando la parte cumple o no cumple, y aquí se aplica la distribución binominal y su aproximación por la norma.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

2.24. Índice defectos por unidad (DPU)

Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el número de unidades inspeccionadas. No toma en cuenta las oportunidades de error.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

2.25. Índice defectos por oportunidad (DPU)

Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad específica de unidades.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

2.26. Índice defectos por millón de oportunidades (DPMO)

Métrica Seis Sigma para procesos de atributos que cuantifica los defectos esperados en un millón de oportunidades de error.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013).

2.27. Diagrama de Ishikawa

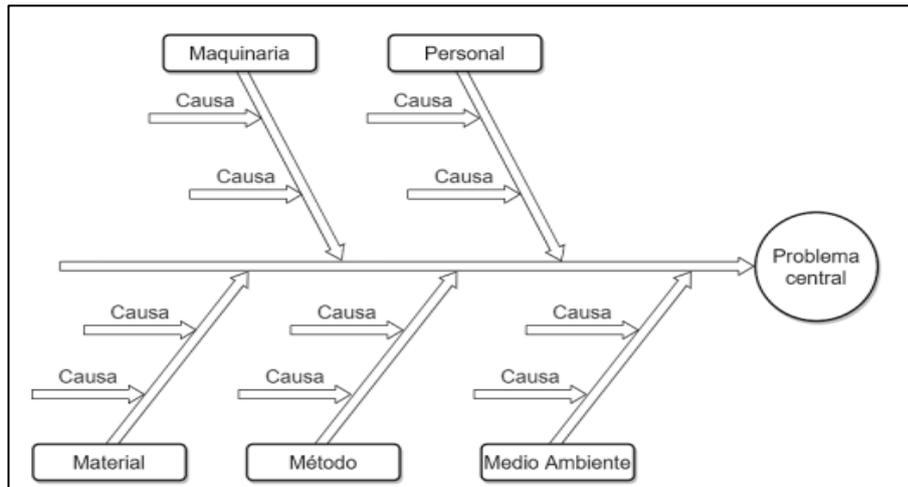


Figura 2-6. Esquema del diagrama de Ishikawa

Fuente: Esquema de diagrama de Ishikawa.(Delgado et al., 2021a).

Es decir, el diagrama de Ishikawa o espina de pescado es una técnica usada para identificar las posibles causas de un problema central, usado también para mejorar procesos y recursos en una organización. Da a conocer que “la espina de pez” muestra los resultados insatisfactorios o también conocidos como “efecto”, e identifica los factores o “causas” que lo originan, entonces al estar compuesto por varias variables existen dos maneras de realizar este diagrama, siendo el primero cuando se trabaja con un grupo de personas que puedan realizar una lluvia de ideas del posible problema; y el segundo se trata de encontrar la idea principal para graficarla y por medio de los huesos del diagrama ir reconociendo las causas secundarias del problema.(Delgado et al., 2021b)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la empresa C.A. ECUATORIANA DE CERAMICA, misma que cuenta con su complejo industrial ubicado en la hermosa ciudad de Riobamba, ubicada en las faldas del majestuoso volcán Chimborazo, en el corazón del Ecuador, en la mitad del mundo, con el eterno objetivo de producir y comercializar los más hermosos y variados revestimientos cerámicos de pisos y paredes. Coordenadas georreferenciales -1.6615094,-78.6576882,17.

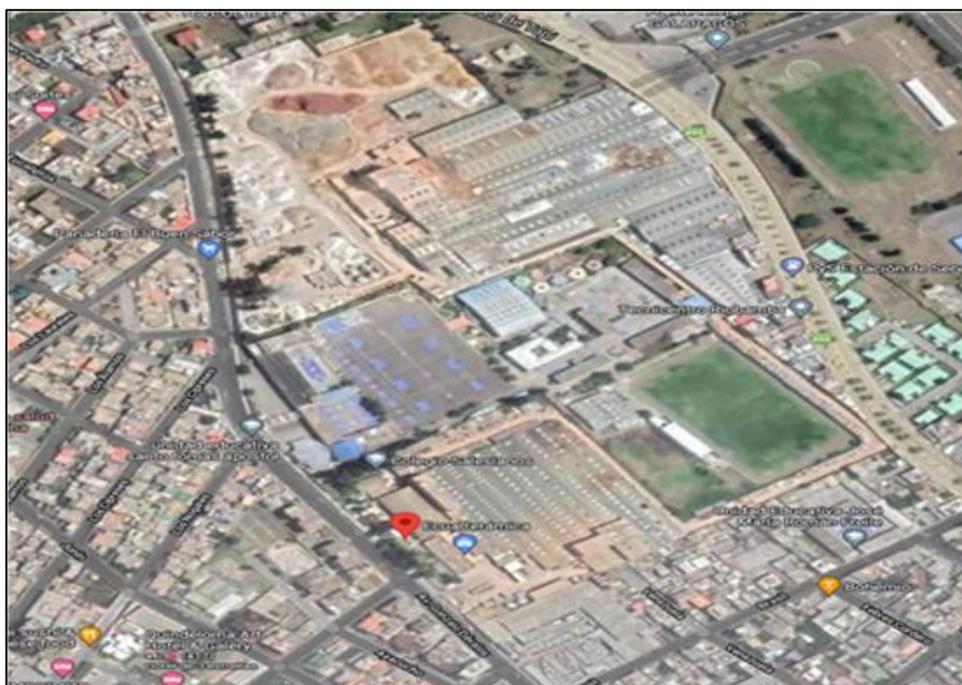


Figura 3-1. Ubicación de la empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica.

El estudio se realizará en la línea de fabricación de baldosas de porcelanato, en la planta de pisos de la empresa Ecuacerámica.

3.2. Equipos y materiales

En esta esta investigación se usó una base de datos históricos proporcionados por el departamento de calidad de la empresa, además del uso de equipos y materiales como se detalla a continuación:

- Computadora.
- Tabla.
- Esferos,
- Hojas de papel A4.
- Cuaderno

3.3. Tipo de investigación

Esta investigación tendrá los siguientes tipos de investigación:

3.3.1. Descriptiva

La investigación descriptiva se realizó con el fin de establecer la situación actual en el proceso de producción de baldosa de porcelanato de 60 x 120, donde se pudo delimitar el proceso productivo, características, y fallas en el mismo, donde se pudo generar posibles soluciones o disminuir causas de problemas existentes.

3.3.2. Enfoque no experimental

Esta investigación tuvo un enfoque no experimental debido a que los datos históricos analizados provinieron del área de calidad, en donde el investigador no tuvo relación directa con los datos.

3.3.3. Enfoque cuantitativo

La presente investigación mantuvo un enfoque cuantitativo debido a los datos analizados son valores numéricos, como la longitud de largo y ancho de la baldosa que son los parámetros analizados para establecer la calidad del producto final, del cual sirvieron como base para establecer la situación actual de la empresa.

3.4. Prueba de hipótesis - pregunta científica – idea a defender

Para el presente trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis:

Hi= La propuesta de mejora basado en el análisis de capacidad de procesos permitirá el aumento de la productividad en el proceso de fabricación de baldosas de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120P.

Ho= La propuesta de mejora basado en el análisis de capacidad de procesos no permitirá el aumento de la productividad en el proceso de fabricación de baldosas de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120P.

3.5. Población o muestra:

La empresa C.A. ECUATORIANA DE CERAMICA, mantiene al momento cuatro líneas de producción divididas en dos plantas de fabricación conocidas como Azulejos y Pisos, mismas que fabrican cerámica de pasta roja (Cerámica) y cerámica de pasta blanca (Porcelanato). Al término del año 2022, se obtuvo que el 83% de la producción de cerámica fue de primera calidad, así como el 71,5 % de la producción de porcelanato (Ver anexo 1).

Por lo antes mencionado para la selección de la población del presente trabajo de investigación se seleccionó la línea cuatro de porcelanato del formato 60X120 del año 2022 que fue de 953245,5m² comprendido entre los meses de marzo a diciembre, de acuerdo con el procedimiento actual del departamento de control de calidad de la empresa se ejecuta cuatro análisis por día (01:00 am, 07:00am, 13:00pm, 19:00pm), es decir una muestra de 11,52 m²/día.

Consecuentemente con el plan de producción establecido se identificó que se produjo 167 días de este producto, lo cual nos permite precisar que se realizó un control de calidad de 959,04m² en el año. Es decir que en el año 2022 se analizó el 10,06% de la producción total.

3.6. Recolección de información:

La recolección de información se inició mediante la revisión bibliográfica referente al tema de investigación, se realizó reuniones con el jefe de calidad en donde se obtuvo un diagnóstico preliminar con el objetivo de establecer la situación actual y los problemas que afronta la línea de producción, a través del departamento de Calidad se obtuvieron los datos históricos de los controles realizados al producto de porcelanato de 60X120, siendo un total de 666 controles durante el año 2022, de tal manera se identificaron las posibilidades de mejora en la productividad.

3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Se realizó una base de datos general en el programa Excel con los datos históricos, debido a que la información se encontraba en fichas de control diario, se identificó el

proceso de producción del formato 60X120, posterior se realizó la simulación en el programa bizagui donde se determinó y se seleccionó la característica de mayor relevancia siendo la variable de tamaño a la salida del horno (longitud de largo y ancho) la cual se analizó mediante el uso del programa Minitab para realizar gráficas de control estableciendo límites de control superior, inferior y central, histogramas y realizar un análisis de capacidad de procesos.

3.8. Variables respuesta o resultados alcanzados:

La investigación está enfocada en proponer aumento de la productividad en la línea de producción de baldosas de porcelanato del formato 60x120, que cumpla con la especificación requerida del cliente, aplicando un análisis de capacidad de proceso, en la siguiente tabla detallan las técnicas e instrumentos usados para alcanzar los resultados, para las variables de estudio.

Tabla 3-1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES	CONCEPTO	ACTIVIDAD	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Independiente: Control estadístico de Procesos	Es la rama de la calidad que consiste en la colecta, análisis e interpretación de datos, establecimiento de calidades, comparación de desempeños, verificación de desvíos, todo eso para su utilización en las actividades de mejoría y control de calidad de productos, servicios y diagnóstico de defectos (Hernández & Da Silva, 2015). El objetivo de cualquier operación de manufactura es encontrar el modo más económico de hacer productos que cumplan consistentemente con las especificaciones. Esto significa eliminar el gasto en exceso que resulta de producir productos no utilizables o de realizar inspecciones innecesarias (Pascal et al., 2010).	Identificar el proceso productivo de baldosa de porcelanato.	Observación directa del proceso productivo. Visitas de campo. Modelar proceso productivo.	Diagrama de procesos Bizagui.
		Obtención de datos y recopilación de información.	Observación. Investigación documental.	Base de datos en Excel
		Aplicación del control estadístico de procesos.	Metodología de CEP	Programa Minitab
Dependiente: Productividad	Según el estudio de (Muñoz Choque, 2021), la productividad es el nivel de rendimiento con que se emplean los recursos, la relación entre producción e insumo para crear valor agregado. La productividad se calcula mediante periodos de tiempos, el propósito es medir el resultado de la eficiencia, cuanto menos recurso se invierta para producir la misma o mayor cantidad de ganancias, mejor será la eficiencia (Herrera, 2012).	Elaboración de propuesta de mejora de la productividad	Representación de gráficas de control.	Base de datos en Excel Programa de Minitab
		Análisis de costos	Planificación de costos de producción	Excel

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la empresa

La empresa tiene su origen en la iniciativa del distinguido riobambeño Sr Pablo Emilio Chiriboga, quien, en la década de 1940, con la colaboración del Banco Nacional de Fomento inició la producción industrial de artículos de cerámica, siendo la pionera en este campo en el país. Así, el 22 de septiembre de 1960, el grupo Vollmer de Venezuela y accionistas de Riobamba y Quito, constituyeron C.A. Ecuatoriana de Cerámica, adquiriendo la pequeña planta industrial que perteneció a Cerámica Nacional, liquidada poco tiempo atrás. Así nace Ecuacerámica en la hermosa ciudad de Riobamba, ubicada en las faldas del majestuoso volcán Chimborazo, en el corazón del Ecuador, en la mitad del mundo, con el eterno objetivo de producir y comercializar los más hermosos y variados revestimientos cerámicos de pisos y paredes.

La empresa Cerámica Carabobo C.A. de Venezuela, siempre estuvo presente en la gestión de C.A. Ecuatoriana de Cerámica con su valiosa colaboración técnica, luego adquirió la participación mayoritaria en el paquete de acciones que pertenecía al grupo Vollmer. Posteriormente, en septiembre de 1988 la familia Eljuri, de Cuenca, representada por el Sr. Juan Eljuri Antón, adquirió las acciones de Cerámica Carabobo, constituyéndose en su accionista mayoritario. Al inicio de las operaciones, la Compañía producía 4.000 m² al mes, de azulejo para pared en el formato 11x11 y en cuatro colores diferentes a partir de entonces y gracias a los repetidos aumentos de capital y a la constante reinversión de utilidades, se ejecutaron varios programas de ampliación en nuestras instalaciones, hasta alcanzar una capacidad instalada mensual de producción de 750000 m² cerámica y porcelanato.

La incorporación de tecnología de punta y la modernización de los procesos, a lo largo de los 60 años de trayectoria en el mercado, han permitido diversificar sustancialmente la oferta de productos, entregando baldosas para revestimiento de pisos y paredes, en gran variedad de diseños y formatos, convirtiéndose en una de las fábricas y marcas más importantes del Ecuador. La constante búsqueda de la perfección impulsa al meticuloso desarrollo de productos cerámicos adaptables tanto a las necesidades estéticas como técnicas del mercado y de cada uno de nuestros

clientes nacionales e internacionales, lo que nos ha convertido, en una de las empresas de mayor dinamismo en la industria de acabados para la construcción de la región Andina. Gracias a la experiencia y a sus colaboradores, honrosamente podemos decir que tenemos 60 años fabricando la mejor Cerámica y Porcelanato del país.

4.2. Visión.

En el 2023 ser la empresa líder en el sector cerámico ecuatoriano con crecimiento sostenible a nivel internacional, reconocida por su calidad de producto y servicio.(Valdivieso Ernesto, 2020).

4.3. Misión.

Fabricar y comercializar revestimientos cerámicos con la mejor calidad, innovando continuamente, empleando procesos de producción ambientalmente amigables, con una gestión profesional, oportuna, ágil y efectiva, superando las expectativas de nuestros clientes nacionales e internacionales, maximizando los beneficios para colaboradores y accionistas, contribuyendo al desarrollo del país.(Valdivieso Ernesto, 2020).

4.4. Cartera de productos.

En C.A. ECUATORIANA DE CERAMICA, se fabrican Cerámicas y Porcelanatos en los cuales se producen en distintos tipos y formatos, entre los principales se pueden detallar:

Tabla 4-1. FORMATOS DE PRODUCCIÓN DE BALDOSAS.

TIPO	FORMATO	USOS	
CERÁMICA	20X20	PISO	PARED
	25X33	SOLO PARED	
	31X31	PISO	PARED
	40X40	PISO	PARED
	25X43	SOLO PARED	
	43X43	PISO	PARED
	35X40	SOLO PARED	
	50X50	PISO	PARED
	20X60	PISO	PARED
	30X60	PISO	PARED

TIPO	FORMATO	USOS	
PORCELANATOS	30X60	PISO	PARED
	60X60	PISO	PARED
	60X120	PISO	PARED
	20X120	PISO	PARED
	30X120	PISO	PARED

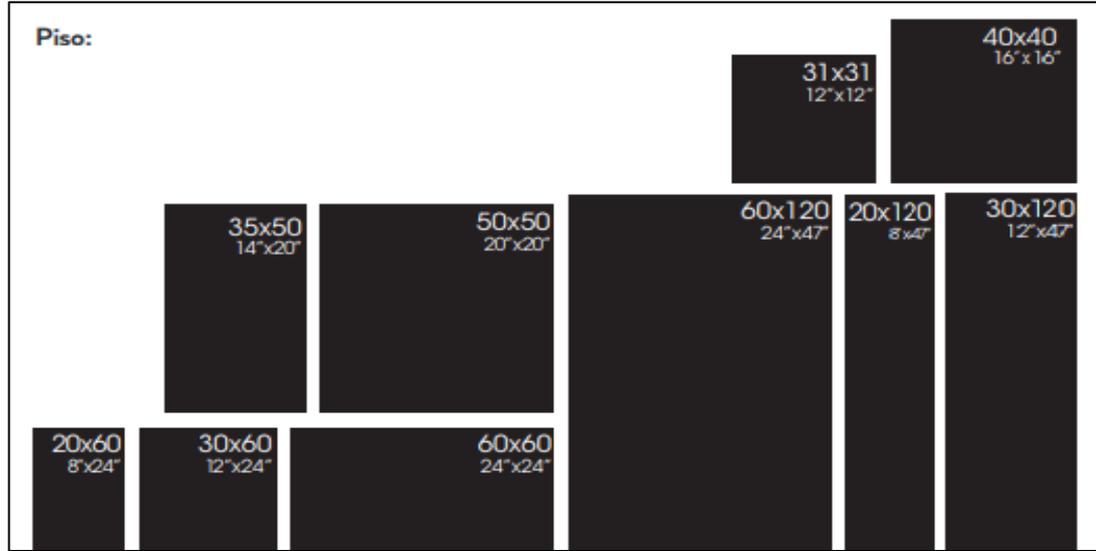


Figura 4-1. Formatos de producción de C.A. Ecuatoriana de Cerámica.

Productos:



Figura 4-2. Colección de productos del formato 60X120 porcelanato.



Figura 4-3. Colección de productos del formato 20X120 porcelanato.



Figura 4-4. Colección de productos del formato 30X120 porcelanato.

4.5. Planta industrial.

C.A. ECUATORIANA DE CERAMICA cuenta con dos plantas industriales que son planta de producción PISOS y planta de producción Azulejos.



Figura 4-5. Planta de producción PISOS.



Figura 4-6. Planta de producción AZULEJOS.

4.6. Organigrama de C.A. Ecuatoriana de Cerámica.

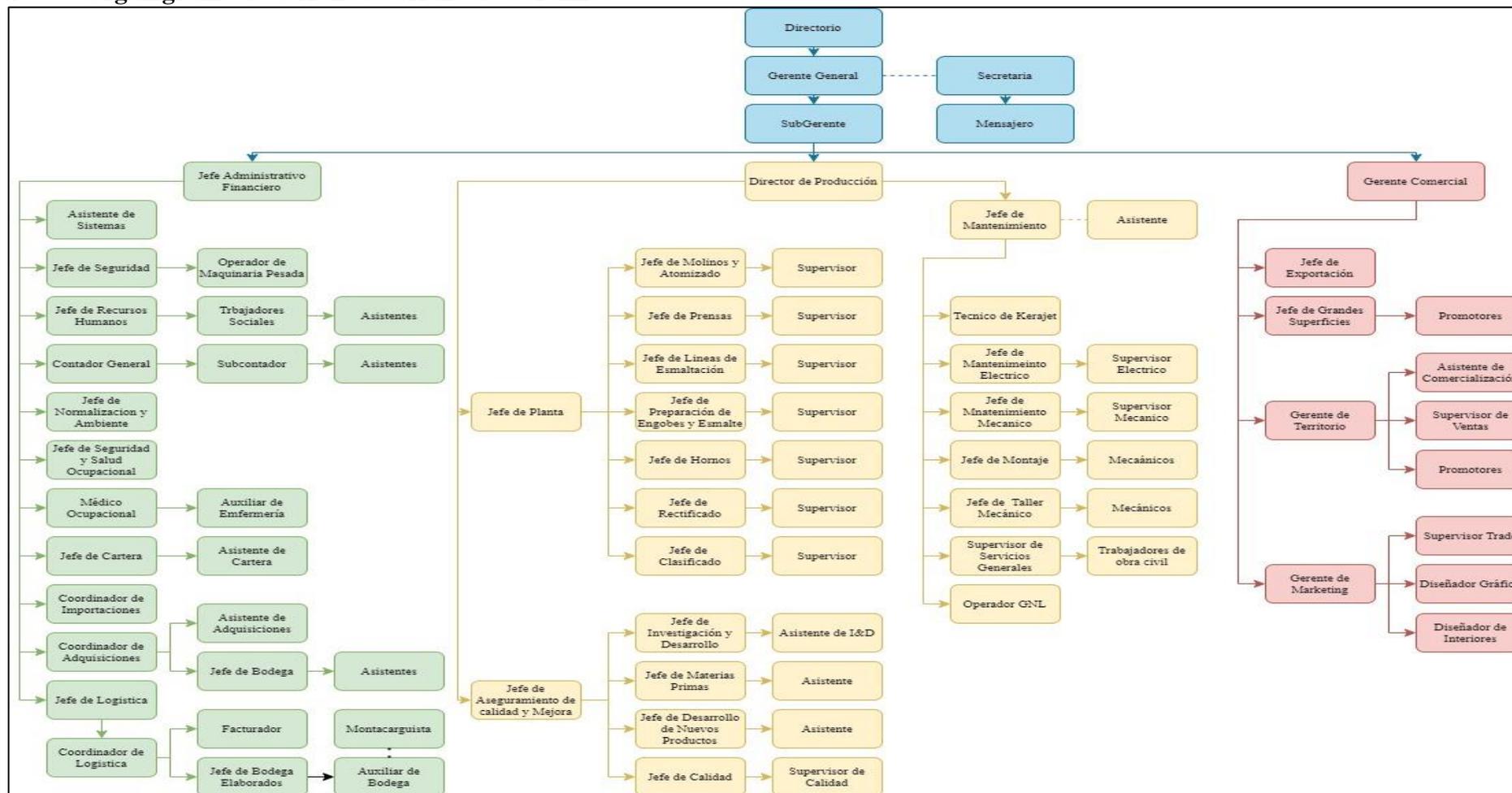


Figura 4-7. Organigrama de C.A. Ecuatoriana de Cerámica.

4.7. Descripción del proceso productivo de baldosa de porcelanato.

El proceso productivo de elaboración de baldosas de porcelanato se tiene:

- **Molienda.**

Una vez determinado el porcentaje de corrección de humedad en las materias primas se dosifica en las basculas dependiendo de la capacidad del molino (Molino de producción de 18000 kg y Molino de producción de 32000 Kg).



Figura 4-8. Pesado de materias primas.

Después el material previamente pesado es transportado mediante una banda hacia el molino en conjunto con aditivos y agua. Con la finalidad de reducir el tamaño de partícula de los materiales a través de cuerpos molidores, el ciclo termina al obtener una pasta líquida o barbotina con un tamaño de partícula mínimo determinado por el departamento de Investigación y Desarrollo.



Figura 4-9. Molienda de materias primas.

- **Atomizado.**

La barbotina o pasta líquida almacenada en cisternas pasa a un vibro tamiz con la finalidad de separar partículas gruesas originadas en la molienda. El atomizador a su vez se encarga de eliminar el agua de la barbotina, transformándola en una pasta seca (polvo atomizado) con un contenido de humedad para el proceso de 6,9 a 7,3%.



Figura 4-10. Atomizador AT – 600.

- **Prensado.**

La pasta atomizada, es transportado por medio de un sistema de cangilones y bandas desde los silos de almacenamiento de atomizado a las tolvas de alimentación de la prensa hidráulica. Estas por medio de la acción mecánica e hidráulica comprimen la pasta a una determinada presión en un molde para obtener un bizcocho húmedo en el formato 60X120 PR.



Figura 4-11. Prensa PH-5000

- **Secado.**

El bizcocho prensado de acuerdo con el formato de fabricación ingresa al secadero horizontal que se encarga de reducir el porcentaje de humedad con la finalidad de otorgarle la resistencia adecuada para el siguiente proceso. La humedad residual debe ser menor al 1% y considerando una temperatura máxima del secadero de 250 °C.



Figura 4-12. Secadero Horizontal.

- **Esmaltado.**

El producto prensado seco y caliente (Temperatura ideal de 90 a 110°C), al ingresar a las líneas de esmaltación debe pasar por tres zonas: la primera zona de limpieza (brochas, cepillos, esponjas) y humectación (abanico de agua de acuerdo con los requerimientos que están establecidos en la ficha técnica, la segunda zona de aplicación en la cual se utilizan equipos como MAQUINA VELA, CABINA DISCO, CABINA AIRLESS E IMPRESIÓN KERAJET y una tercera zona almacenamiento y recolección. La finalidad de la línea de esmaltación es agregar al bizcocho seco las capas de agua engobe, esmalte e impresión de diseño que el producto requiera.



Figura 4-13. Línea de Esmaltación



Figura 4-14. Impresora Kerajet.

- **Cocción - hornos.**

Abarca desde la salida de las líneas de esmaltación, hasta la salida del producto del horno. Las piezas se descargan automáticamente y se alimentan hacia el horno, donde a través de rodillos es transportado el producto, donde por efecto de temperatura se producen las reacciones fisicoquímicas que dan las características finales del producto. Las variables fundamentales para considerar en la etapa de cocción es la curva de temperatura establecida según sea el ciclo (tiempo) determinado para el producto. El control a la salida de las unidades es importante ya que se verificará los siguientes parámetros: Calibre, matiz, planaridad, corazón negro, despuntado, fisura, puntos negros, luneta, desviaciones de paralelismo, etc.



Figura 4-15. Horno 3200.

- **Rectificado.**

El proceso de rectificado inicia con el transporte de las piezas desde la salida del horno, las piezas para el proceso de rectificado deben cumplir con medidas mínimas y

máximas para poder ser rectificadas, dependiendo si solo se va a rectificar o si se va a hacer corte y rectificado.

Las piezas a la salida del horno son cargadas por medio del ROBOFLOOR en los pancones debidamente etiquetadas para ser dejadas en reposo hasta que se determine que esté es apto para ser rectificado. Después del tiempo de reposo se ingresa las panconeras al ROBOFLOOR de descarga que se encarga de ingresar el producto al proceso de rectificado, en la cual el producto alcanza una cuadratura casi exacta. Una vez rectificado todos los lados estas piezas ingresan a un secadero el cual se encarga de eliminar el exceso de agua dejando listo para el siguiente proceso.



Figura 4-16. Rectificado de baldosa porcelanato.

- **Clasificado.**

El producto rectificado es transportado mediante un sistema de bandas hasta el área de selección (Mesa de clasificado visual), en el cual un operador se encarga de seleccionar en base a los criterios de clasificación:

Primera Calidad: Se identifica como Exportación y se asigna esta calidad a aquellos revestimientos cerámicos que no presentan fallas dimensionales, superficiales o de matiz, y que cumplan con las respectivas especificaciones técnicas del “Manual de Defectos” y Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO13006:2021, Anexos K, Anexo H (porcelanato).

Segunda Calidad: Se identifica como Estándar y se asigna esta calidad a aquel revestimiento cerámico que presenta variaciones pequeñas de tipo dimensional (datos fuera de rango de control establecido para calidad exportación y de las NTE INEN-ISO 13006, superficial (calidad visual tolerable) y de matiz.

Tercera Calidad: Se identifica como Terceras, se asigna esta calidad aquel revestimiento cerámico que presenta fallas notorias en la superficie, pero no afectan a las características estructurales de la misma.

Bajas: Se designa al producto que en la inspección visual presente defectos muy notorios en la superficie y además afecten a las características estructurales de las baldosas, este tipo de material puede ser utilizado para reproceso. Calidades que son identificadas por el operador de la mesa de clasificado e identificadas a través de pulsación digital de acuerdo con el defecto:

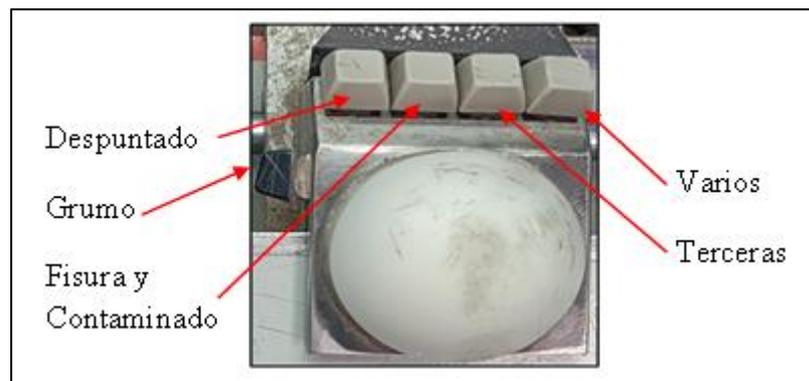


Figura 4-17. Pulsador de defectos visuales de la mesa de clasificación.



Figura 4-18. Clasificado de la baldosa.

- **Embalado y Paletizado.**

Luego de haber sido seleccionado el producto en las diferentes calidades, este se va distribuyendo en los apiladores de la máquina de embalaje, el número de unidades a apilar dependerá del formato. Posterior este será encartonado e identificado para llevar trazabilidad, para finalmente ser colocadas de forma automática en pallets, por medio

del robot que está programado para ir clasificando de acuerdo con las calidades, calibre y matiz.



Figura 4-19. Encartonado de producto.



Figura 4-20. Embalaje y paletizado del producto.

4.8. Diagrama de procesos de fabricación de baldosa de porcelanato.

Para realizar el diagrama del proceso productivo se utilizó el software Bizagui Process Modeler de uso educativo, en el cual se diseñó cada etapa del proceso de fabricación de la baldosa de porcelanato del formato 60X120 (Ver anexo 2).

4.9. Análisis de situación inicial.

De acuerdo con la información del departamento de producción se obtiene que para la fabricación de baldosa de porcelanato del formato 60X120, se tuvo una variabilidad en los metros producidos mensualmente en el año 2022, mostrando una disminución en el último trimestre del año, como se muestra en la siguiente figura.

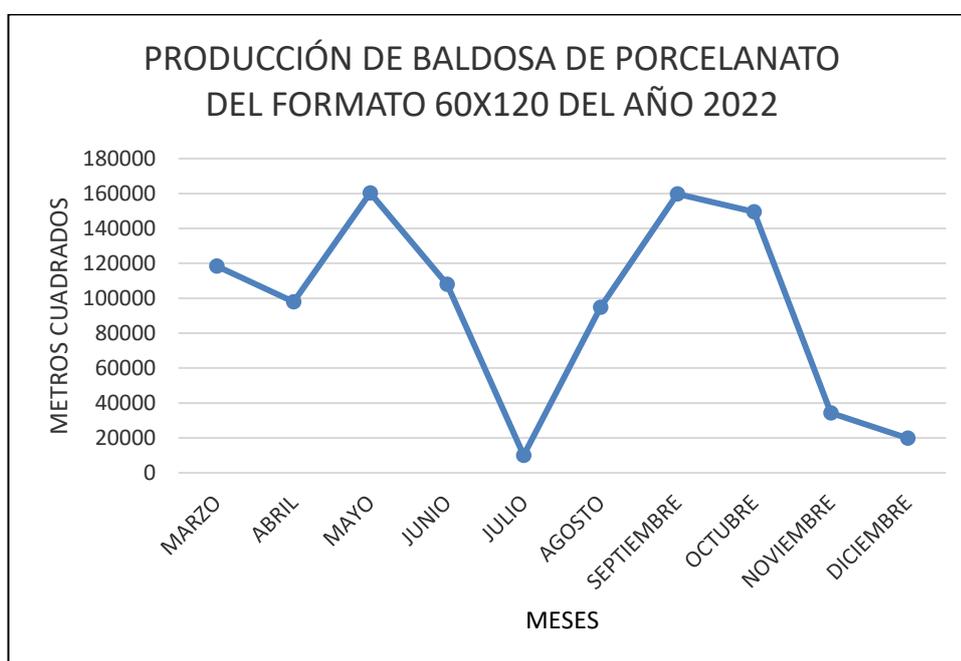


Figura 4-21. Producción de baldosa de porcelanato del formato 60X120.

Según la base de datos históricos de producción de marzo a diciembre, se identificó que en el año 2022 se produjo un total de 953245 m² de baldosa de porcelanato en el formato 60X120, de los cuales 670830,3 m² fueron de Primera Calidad “Exportación”, 198528,6 m² fueron de Segunda Calidad “Estándar”, 78515,2 m² fueron de Tercera Calidad “Terceras” y 5371,4 m² de Pruebas Industriales.

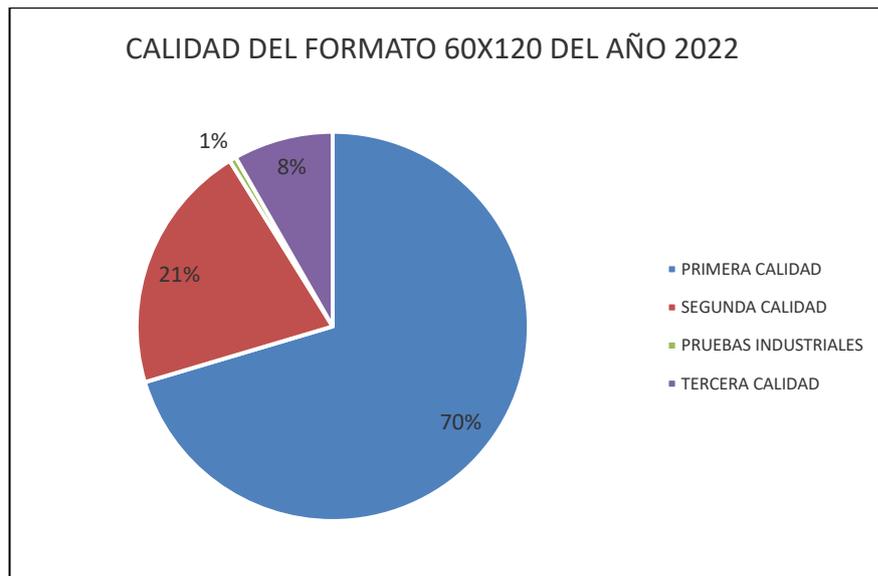


Figura 4-22. Calidad del formato 60X120 del año 2022.

Al conocer la producción y calidad que se presentó durante el año 2022 se puede determinar la productividad monofactorial considerando la producción que se obtuvo en Primera Calidad “Exportación”, y los costos correspondientes a materia prima, gastos de fabricación y costos de mano de obra, como se muestra a continuación:

Tabla 4-2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE SITUACIÓN INICIAL.

Producto	Producción	Costo MP	Costo G.FA.	Costo MO
Baldosa de porcelanato formato 60X120P	670830,30	\$ 641086,31	\$ 95598,17	\$ 10097,66
Productividad monofactorial.		1,046	7,017	66,434
Productividad general		0,90 m2/\$		

Como se observa en la tabla 4-2, el rubro de materia prima presenta una baja productividad en relación con los otros, de igual manera se estima que la productividad actual de la empresa al finalizar el año 2022 es de 0,90 m2 fabricados por cada dólar empleado.

De la misma manera se expresa el objetivo empresarial que según (Valdivieso Ernesto, 2020), es: “Alcanzar y mantener como mínimo un nivel de calidad primera del 88% para monoquema, 90% para monoporosa y un 80% para porcelanato respecto de la producción mensual”, por tal razón del análisis histórico del año 2022 se identifica que no cumplió con la meta debido a que se produjo solo 70% de baldosa porcelanato en primera calidad y el 29% no cumplieron con especificaciones y/o presentaron defectos de fábrica.

Por tal razón del 29% de producto que se clasificó como segunda y tercera calidad se tiene que presentaron los siguientes defectos (Diego Castelo, Marcelo Carrera, Patricia Ñacato, 2018):

- Planaridad.
- Despuntado.
- Paralelismo.
- Grumo.
- Fisura.
- Diferencia de calibre.
- Chamote.
- Huecos.
- Variación matiz.
- Gota.
- Mal rectificado.
- Falla de Kerajet.
- Hoyuelos.
- Pinhool.
- Falla serigráfica.
- Falla de vela.
- Contaminación.
- Sublimado.
- Laminado.
- Reesmalte.

En base a los datos de clasificación final Pisos 2022 de la empresa, se realiza una estadística de acuerdo con la frecuencia que se presenta el defecto y el porcentaje de cada uno (Ver anexo 3), de la misma manera se realiza la gráfica por defecto:



Figura 4-23. Clasificación final por defectos.

Según la figura 4-23, se observa que el defecto planaridad ocupa el 51,6 % mismo que por revisión bibliográfica nos indica que el proceso de cocción consiste en la transmisión de energía del producto seco a una temperatura y un tiempo determinado para que se puedan desarrollar las transformaciones químicas y físicas que requiere la pasta y el esmalte para adquirir propiedades requeridas del producto cerámico. (SACMI & ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CERAMICOS, 2004).

De la misma manera expresa que el defecto planaridad es “Un caso bastante frecuente debido a la incompatibilidad entre la pasta, el esmalte y el engobe por el desarrollo de las correspondientes curvas dilatométricas (Propiedades físicas y químicas)” (SACMI & ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CERAMICOS, 2004).

Por tal razón, la baldosa adquiere las características finales de planaridad, gresificación y desarrollo de esmaltes en el proceso de cocción (SACMI & ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CERAMICOS, 2004), mismas propiedades que en este trabajo de investigación no son objeto de estudio pues corresponde a otra rama de ingeniería.

De la misma manera se observa en la gráfica que el defecto despuntado representa el 20% del total de defectos clasificados en el formato 60X120 de baldosa de porcelanato; razón por la cual el presente trabajo de investigación se centra en determinar la situación actual para determinar las posibles causas que generan el defecto y realizar una propuesta de mejora que permita la minimización del defecto.

Por otro lado, al considerar la producción anual del año 2022 también se identifican los siguientes costos de producción que se detallan a continuación:

Tabla 4-3. DISTRIBUCIÓN DE COSTOS POR CALIDAD DEL FORMATO 60X120 DEL AÑO 2022.

Producto	Cantidad (m2)	% Calidad	Costo x unidad (m2)	Costo total fábrica \$
PRIMERA CALIDAD	670830,3	70%	7,83	5252601,3
SEGUNDA CALIDAD	198528,6	21%	7,83	1554478,7
TERCERA CALIDAD	78515,2	8%	7,83	614774,1
PRUEBAS INDUSTRIALES	5371,4	1%	7,83	42057,9
TOTAL	953245,5	100 %	7,83	7463912,0

Según la tabla 4-3, se observa que el costo de fabricación de segunda y tercera calidad represento el 29% de la producción total con un costo de \$ 2169252,8; valor obtenido una vez determinado el costo por metro cuadrado (Ver anexo 4), por consecuencia se determinó el valor por defecto generado:

Tabla 4-4. CLASIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL AÑO 2022 Y VALOR POR DEFECTO.

DEFECTOS	%	VALOR POR DEFECTO \$
Grumo	4,69	101704,1
Chamote	2,01	43557,0
Fisura	3,50	75917,7
Falla serigráfica	0,30	6507,2
Falla de vela	0,30	6507,2
Falla de Kerajet	0,50	10845,4
Despuntado	20,00	433815,5

DEFECTOS	%	VALOR POR DEFECTO \$
Reesmalte	0,03	561,6
Huecos	2,00	43381,6
Hoyuelos	0,50	10845,4
Contaminación	0,30	6507,2
Sublimado	0,30	6507,2
Laminado	0,04	912,6
Diferencia calibre	2,80	60734,2
Paralelismo	7,50	162680,8
Variación matiz	1,20	26028,9
Planaridad	51,65	1120328,6
Mal rectificado	0,89	19374,3
Pinhool	0,40	8676,3
Gota	1,10	23859,9
TOTAL	100,0	2169252,8

Tabla 4-5. RESUMEN DE VALOR GENERADO DEL DEFECTO DESPUNTADO.

Producto	Cantidad (m2)	% Calidad	Costo total Fábrica \$	% Defecto Despuntado	Valor de defecto \$
Segunda y Tercera Calidad	277043,8	29%	2169252,8	20%	433815,54

En la tabla 4-5, se identifica que el valor generado por defecto despuntado es de \$433815,54; siendo uno de los valores más representativos. De tal manera que esta investigación se centra en el defecto despuntado mismo que se define como “Lastimadura o picado de la baldosa con desprendimiento de una de las puntas, el despuntado se atribuye al maltrato mecánico en algún sector del proceso o puede originarse por la mala calibración de equipos que en consecuencia debilitan las esquinas de la unidad” (Diego Castelo et al., 2018).

En consecuencia y mediante observación directa se identificó que el producto al ingresar al proceso de rectificado no cumple con las dimensiones (Longitud largo y ancho), para ser procesadas generando así que los discos de corte de la rectificadora fragmenten las esquinas de las placas provocando el defecto, que después del

rectificado pasarán a la mesa de clasificación, donde son discriminadas como segunda y tercera calidad afectando de manera directa a la productividad en la fabricación de baldosa de porcelanato.

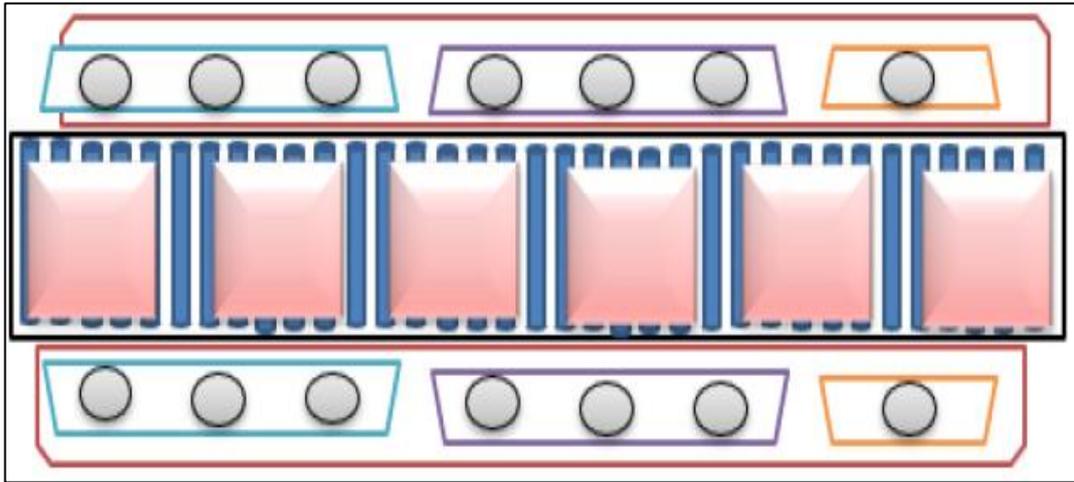


Figura 4-24. Proceso de rectificado.



Figura 4-25. Defecto despuntado.

4.10. Característica del problema.

De acuerdo con el seguimiento y análisis de resultados se logró identificar una variación en el proceso de rectificado mismo que por observación en la línea de producción se logró determinar los factores que inciden en el producto final para que este sea clasificado como segunda calidad y tercera calidad al no cumplir con las especificaciones del cliente.

Posterior a esta identificación se realizó el diagrama de Ishikawa, como se muestra en la figura 38, donde se determina al defecto despuntado como el problema principal, identificando las principales causas que generan el defecto además de clasificarlos por

categorías como: proceso, maquinaria, mano de obra, materia prima, método y ambiente.

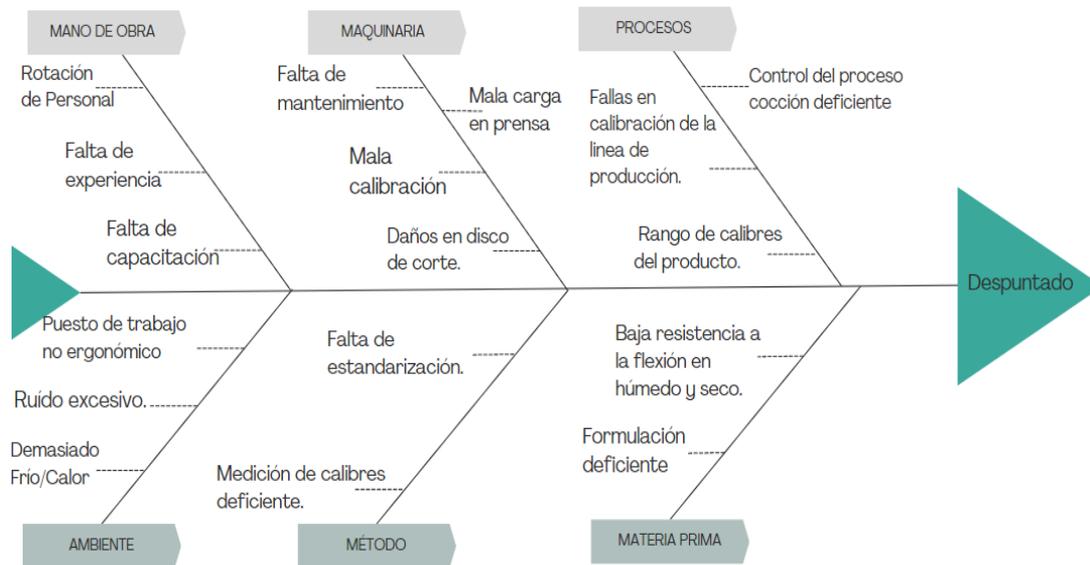


Figura 4-26. Diagrama de Ishikawa del defecto despuntado.

Para determinar la causa y determinar el grado de importancia se utilizó una matriz de criticidad, determinando el grado de importancia de las posibles causas que generan este defecto en las baldosas de porcelanato del formato 60X120, mediante la valoración de los criterios como son factibilidad, importancia, ambiente, seguridad, producción, costos y objetivos de la organización.

Tabla 4-6. PONDERACIÓN DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD.

PONDERACIÓN	
ALTA	5
MEDIA	3-4
BAJA	1-2

Tabla 4-7. GRADO DE CRITICIDAD.

PONDERACIÓN PARA EJECUCIÓN	
INMEDIATA	35-28
URGENTE	27-20
NORMAL	19-10
NO URGENTE	9-0

Tabla 4-8. MATRIZ DE CRITICIDAD.

ACTIVIDAD	FACTIBILIDAD	IMPORTANCIA	AMBIENTE	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN	COSTOS	OBJETIVOS ESTRATEGICOS	TOTAL	EJECUCIÓN
Procesos									
Fallas en la calibración de la línea de producción.	4	5	3	3	3	3	4	27	URGENTE
Control del proceso de temperaturas de cocción deficiente.	4	5	4	3	4	3	4	27	URGENTE
Rangos de calibres del producto.	5	5	2	1	5	5	5	28	INMEDIATA
Maquinaria									
Falta de mantenimiento	4	5	1	2	3	3	4	22	URGENTE
Mala calibración de la rectificadora.	4	5	2	2	3	1	4	21	URGENTE
Mala carga en la prensa, regulación de carga de pasta.	3	5	1	1	5	4	5	24	URGENTE
Daño en los discos de corte, rectificadora.	3	5	3	3	3	4	4	25	URGENTE
Mano de Obra									
Rotación del personal.	4	4	4	2	3	3	3	23	URGENTE
Falta de experiencia, personal nuevo en planta.	4	5	3	2	3	3	4	24	URGENTE
Falta de capacitación.	4	4	1	3	1	3	4	20	URGENTE
Materia Prima									
Baja resistencia a la flexión en húmedo y seco.	3	5	1	2	1	3	4	19	NORMAL
Formulación deficiente, pasta con módulos bajos.	3	5	1	1	1	3	4	18	NORMAL
Método									
Falta de estandarización del control a la salida del horno.	4	5	3	3	4	4	5	28	INMEDIATA
Medición de calibres deficiente.	5	5	3	4	4	5	5	31	INMEDIATA
Ambiente									
Puestos de trabajo no ergonómicos.	4	5	2	3	2	3	3	22	URGENTE
Ruido excesivo.	5	5	2	3	2	3	3	23	URGENTE
Demasiado frío/calor, estrés térmico.	2	5	2	2	1	3	3	18	NORMAL

Tabla 4-9. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS CAUSAS.

CAUSAS	ACCIÓN	RESPONSABLE
Procesos		
Fallas en la calibración de la línea de producción.	Calibración completa de la línea de producción desde la prensa hasta la empaquetadora de producto terminado.	Jefe de planta, Asistente de producción, jefes de área y Supervisores.
Control del proceso de temperaturas de cocción deficiente.	Revisión de programación de curva de cocción y control de temperaturas en proceso.	Jefe de hornos, jefe de planta.
Rangos de calibres del producto.	Análisis estadístico de datos históricos del control de producto a la salida del horno, para determinar rangos de calibres.	Jefe de Control de Calidad, jefe de planta, Asistente de I&D.
Maquinaria		
Falta de mantenimiento	Programación de mantenimiento preventivos, cambio de repuestos en paros programados, antes del inicio de la producción.	Jefe de áreas. Jefe de mantenimiento.
Mala calibración de la rectificadora.	Calibración de Guías, programación del rectificado antes de iniciar la producción del formato, supervisión de medidas y estandarización de calibración de los formatos.	Jefe de rectificado, jefe de planta.
Mala carga en la prensa, regulación de carga de pasta.	Medición de planaridad a la salida del horno, verificación de carga de pasta y regulación en prensas.	Jefe de control de calidad, jefe de prensas.
Daño en los discos de corte, rectificadora.	Inspección de los discos y cambio de ser necesario, una vez al inicio de cada turno.	Jefe de rectificado y supervisor.
Mano de Obra		
Rotación del personal.	Plan de rotación, en conjunto con un plan de capacitación.	Jefe de planta, jefes de área.
Falta de experiencia, personal nuevo en planta.	Rotar el personal identificado de mayor experiencia con el personal nuevo.	Jefe de planta, jefe de talento humano, jefes de área.

CAUSAS	ACCIÓN	RESPONSABLE
Falta de capacitación.	Elaborar un diagnóstico de prioridades acorde a los objetivos y establecer un cronograma de capacitaciones.	Jefe de planta, jefe de talento humano, jefes de área.
Método		
Falta de estandarización del control a la salida del horno.	Elaborar un procedimiento de control de productos de porcelanato después del cocido. Realizar el control de datos de manera semanal. Elaborar el procedimiento para control estadístico de procesos.	Jefe de Control de Calidad, jefe de planta, Asistente de I&D.
Medición de calibres deficiente.	Análisis económico para la compra de un LINER - Instrumento de control de calidad para control de calibres y dimensiones de los azulejos.	Jefe de planta, jefe de Contabilidad, Asistente de I&D.
Ambiente		
Puestos de trabajo no ergonómicos.	Análisis de puestos de trabajo, identificación, evaluación y control.	Jefe de seguridad industrial.
Ruido excesivo.	Medición de ruido y análisis de puestos de trabajo.	Jefe de seguridad industrial.

Una vez evaluadas las causas de acuerdo con la ponderación, se determinó que existen tres causas de ejecución inmediata y que en el presente trabajo se da una propuesta de mejora para minimizar el impacto de las causas, mismas que se encuentran detalladas en la propuesta de mejora.

4.11. Caracterización del subproceso de control de baldosas de porcelanato.

El proceso de control de las placas del formato 60X120 a la salida del horno 3200 se realiza 4 veces en el día siempre y cuando exista carga en el horno. Este proceso es realizado por los supervisores de control de calidad y de manera paralela los operadores del horno con el objeto de verificar las dimensiones (calibres del producto), defectos visibles y planaridad de las placas.

4.12. Descripción de las actividades del control del subproceso.

El proceso de control a la salida del horno de baldosa de porcelanato formato 60X120 se lo realiza cuatro veces al día (24 horas) en los horarios: 01h00 am, 07h00 am, 13h00 pm y 19h00 pm. Para lo cual se toman muestras (unidades) de forma aleatoria en las horas especificadas con el objeto de controlar longitud y ancho, espesor, rectitud de los lados, curvatura del centro, lado curvado, alabeo, peso, resistencia a la rotura, módulo de rotura y absorción de agua.



Figura 4-27. Toma de muestras.

Las muestras son llevadas a la maquina planar en la cual serán medidas para obtener los valores de medición de rectitud de los lados, curvatura del centro, lado curvado y alabeo datos que son registrados para seguimiento. Después de esto las unidades son trasladadas al laboratorio para proseguir con el control, una vez en laboratorio se procede a determinar la dimensionalidad. Se determina con la ayuda de un flexómetro

la longitud de lado largo y longitud del lado ancho, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-10. MEDICIÓN DE LONGITUDES.

MEDICIÓN DE LONGITUDES	
LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO

El siguiente paso es medir el espesor de las unidades con la ayuda de un calibrador pie de rey, tomando la lectura del espesor en las esquinas de la unidad obteniendo cuatro mediciones por cada una, de esta medición se registra los valores del espesor mínimo y del espesor máximo de cada unidad. En simultaneo se realiza el pesaje de cada una de las piezas y se registra el valor medido.

Tabla 4-11. MEDICIÓN DE ESPESOR Y PESO.

MEDICIÓN DE ESPESOR Y PESO	
LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO

A continuación, se procede a determinar las propiedades físicas de las baldosas con ayuda del Flexómetro serie MOR/5-TS 800KG, para la determinación de la carga y el

módulo de flexión de baldosas cerámicas en crudo o cocidas, características indispensables para la liberación del producto final.



Figura 4-28. Flexímetro serie MOR/5-TS 800 KG.

Una vez realizado el control, se registra los datos en la hoja de cálculo denominada ficha de control de seguimiento de porcelanato, de la misma manera si existe parámetros de control fuera de especificación, estos son reportados a los supervisores de producción para el control y/o modificaciones en el proceso productivo.

4.13. Análisis e interpretación de datos.

La información obtenida en la ficha de seguimiento de porcelanato (Ver el anexo 5), se aplicó un análisis estadístico descriptivo de la variable Longitud de Largo y Ancho, identificando su media, mediana y desviación estándar de los datos históricos con la finalidad de determinar coeficiente de variabilidad del proceso, los datos se analizaron con el programa MINITAB (Licencia de uso Educativo).

4.14. Análisis descriptivo.

Para el análisis descriptivo es necesario interpretar el coeficiente de variabilidad mediante la comparación según la calificación del coeficiente de variabilidad que se ha obtenido:

Tabla 4-12. COEFICIENTE DE VARIABILIDAD.

Coeficiente de Variabilidad	Calificación
0	Completamente homogéneo.
$0 < CV < 10$	Muy homogéneo.
$10 < CV < 15$	Regularmente homogéneo.
$15 < CV < 20$	Regularmente variable.

Coefficiente de Variabilidad	Calificación
20<CV<25	Variable
CV>25	Muy variable.

- **Longitud de lado largo:**

En la tabla 4-13, se observa la estadística descriptiva de la longitud de la muestra del cual se obtuvo un valor promedio y desviación estándar de cada lado, con el uso del software Minitab se identificó que la longitud media para L1 IZQ es de 1211,8; del L2 IZQ es de 1211,9; del L1 DER es de 1211,7 y L2 DER 1211,7. Mismos que no se encuentran dentro del intervalo ± 2 mm, del valor objetivo que es de 1208 mm, recomendado por el departamento de calidad. Además, el coeficiente de variabilidad esta entre el 0,27 y 0,28 %, que según la clasificación se atribuye que la longitud de lado largo es muy homogénea debido a que se encuentra entre 0 y 10 %.

Tabla 4-13. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LONGITUD DEL LADO LARGO.

Variable	N	Media	Desv.Est	Coef.Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango
L1 IZQ	666	1211,8	3,25	0,27	1200,0	1209,9	1211,5	1214,0	1222,0	22,0
L2 IZQ	666	1211,9	3,22	0,27	1201,0	1210,0	1211,6	1214,0	1223,5	22,5
L1 DER	666	1211,7	3,34	0,28	1200,0	1209,8	1211,6	1214,0	1221,8	21,8
L2 DER	666	1211,7	3,35	0,28	1200,1	1209,8	1211,6	1213,8	1222,1	22,0

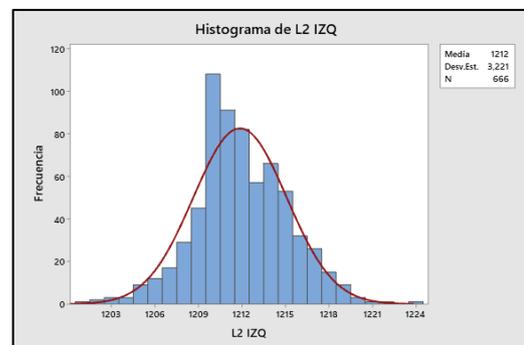
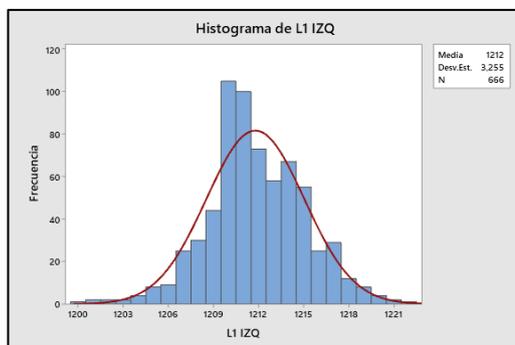


Figura 4-29. Histograma de datos de longitud del lado largo L1 IZQ – L2 IZQ.

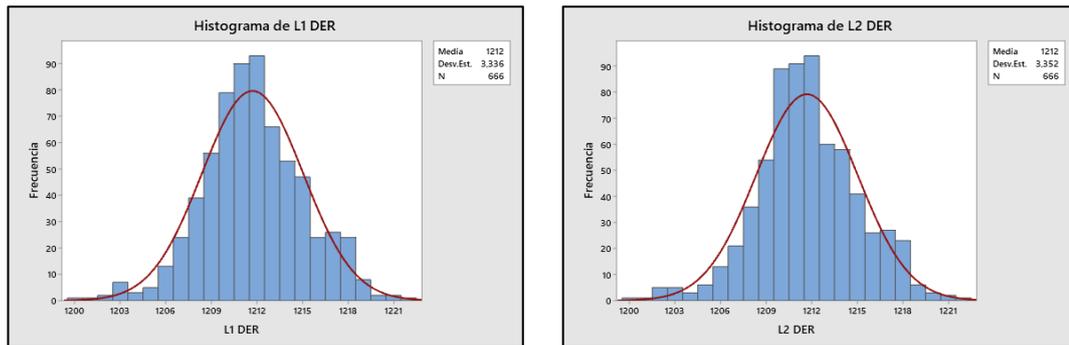


Figura 4-30. Histograma de datos de longitud del lado largo L1 DER – L2 DER

La figura 4-29 y 4-30, representan el histograma de la variable longitud de lado largo del formato 60X120 de baldosa de porcelanato, donde se puede observar que la distribución de la longitud es asimétrica.

Tabla 4-14. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LONGITUD DEL LADO LARGO.

N	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
2664	1211,76	3,29055	1211,6	1200	1223,5	-0,0396615	0,464658

Al analizar los datos de la tabla 4-14, se identificó que los parámetros no son iguales en cada lado por lo que se realizó un nuevo análisis determinando una media, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo por la totalidad de datos de la variable longitud del lado largo.

Estableciendo así que la variable longitud de lado largo tiene una media de $X=1211,76$ mm, con una desviación estándar $\sigma=3,29$; medida con la cual los datos se alejan de la media; con un valor mínimo de 1200 mm y un valor máximo de 1223,5 mm.

- **Longitud de lado ancho:**

En la tabla se observa la estadística descriptiva de la longitud de la muestra del cual se obtuvo un valor promedio y desviación estándar, con el uso del software Minitab se identificó que la longitud media para A1 IZQ es de 610,36; del A2 IZQ es de 610,38; del A1 DER es de 610,34 y A2 DER 610,38. Mismos que no se encuentran dentro del intervalo ± 2 mm, del valor objetivo que es de 608 mm, recomendado por el departamento de calidad. Además, el coeficiente de variabilidad esta entre el 0,30 y

0,31 %, que según la clasificación se atribuye que la longitud de lado ancho es muy homogénea debido a que se encuentra entre 0 y 10 %.

Tabla 4-15. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LONGITUD DEL LADO ANCHO.

Variable	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango
A1 IZQ	666	610,36	1,85	0,30	604,00	609,30	610,20	611,60	616,20	12,20
A2 IZQ	666	610,38	1,86	0,30	603,40	609,30	610,40	611,50	617,90	14,50
A1 DER	666	610,34	1,89	0,31	603,70	609,20	610,30	611,50	615,40	11,70
A2 DER	666	610,38	1,88	0,31	602,90	609,20	610,40	611,60	616,30	13,40

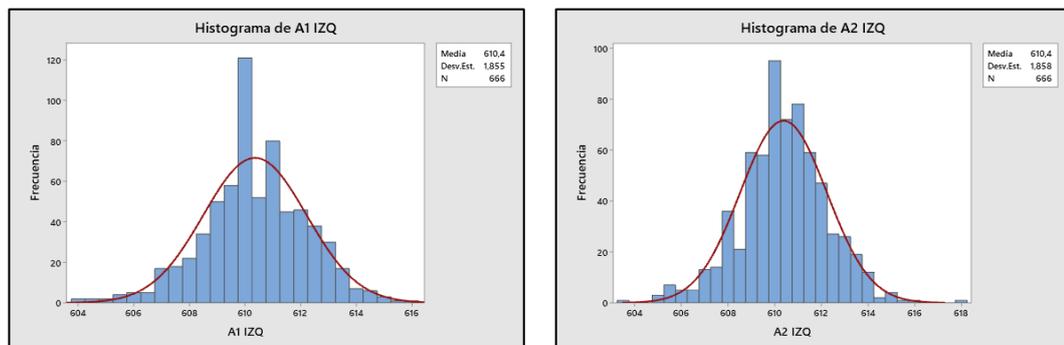


Figura 4-31. Histograma de datos de longitud del lado ancho A1 IZQ – A2 IZQ.

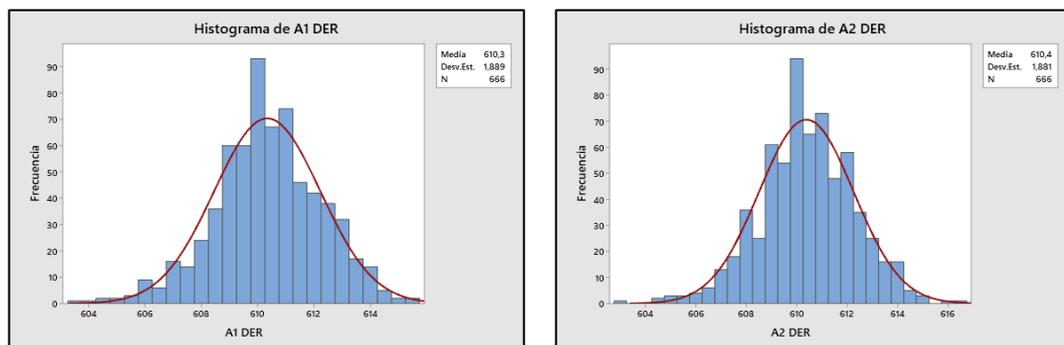


Figura 4-32. Histograma de datos de longitud del lado ancho A1 DER – A2DER.

La figura 4-31 y 4-32, representan el histograma de la variable longitud de lado ancho del formato 60X120 de baldosa de porcelanato, donde se puede observar que la distribución de la longitud es asimétrica.

Tabla 4-16. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LONGITUD DE LADO ANCHO.

N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
2664	0	610,364	1,86968	610,3	602,9	617,9	-0,198413	0,526907

Al analizar los datos de la tabla 4-16, se identificó que los parámetros no son iguales en cada lado por lo que se realizó un nuevo análisis determinando una media, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo por la totalidad de datos de la variable longitud del lado ancho.

Estableciendo así que la variable longitud de lado ancho tiene una media de $X=610,36$ mm, con una desviación estándar $\sigma=1,87$; medida con la cual los datos se alejan de se alejan de la media; con un valor mínimo de 602,9 mm y un valor máximo de 617,9 mm.

4.15. Gráficas de control.

Las gráficas de control para variables se usan con el propósito analizar si el proceso está o no bajo control, esta investigación se aplicó gráficos de control X-R, para monitorear la media y la variabilidad del proceso, con la finalidad de mejorar la calidad y determinar si este proceso es capaz de cumplir con las especificaciones a lo largo del tiempo.

- Gráficas de control X-R barra de longitud de lado largo:

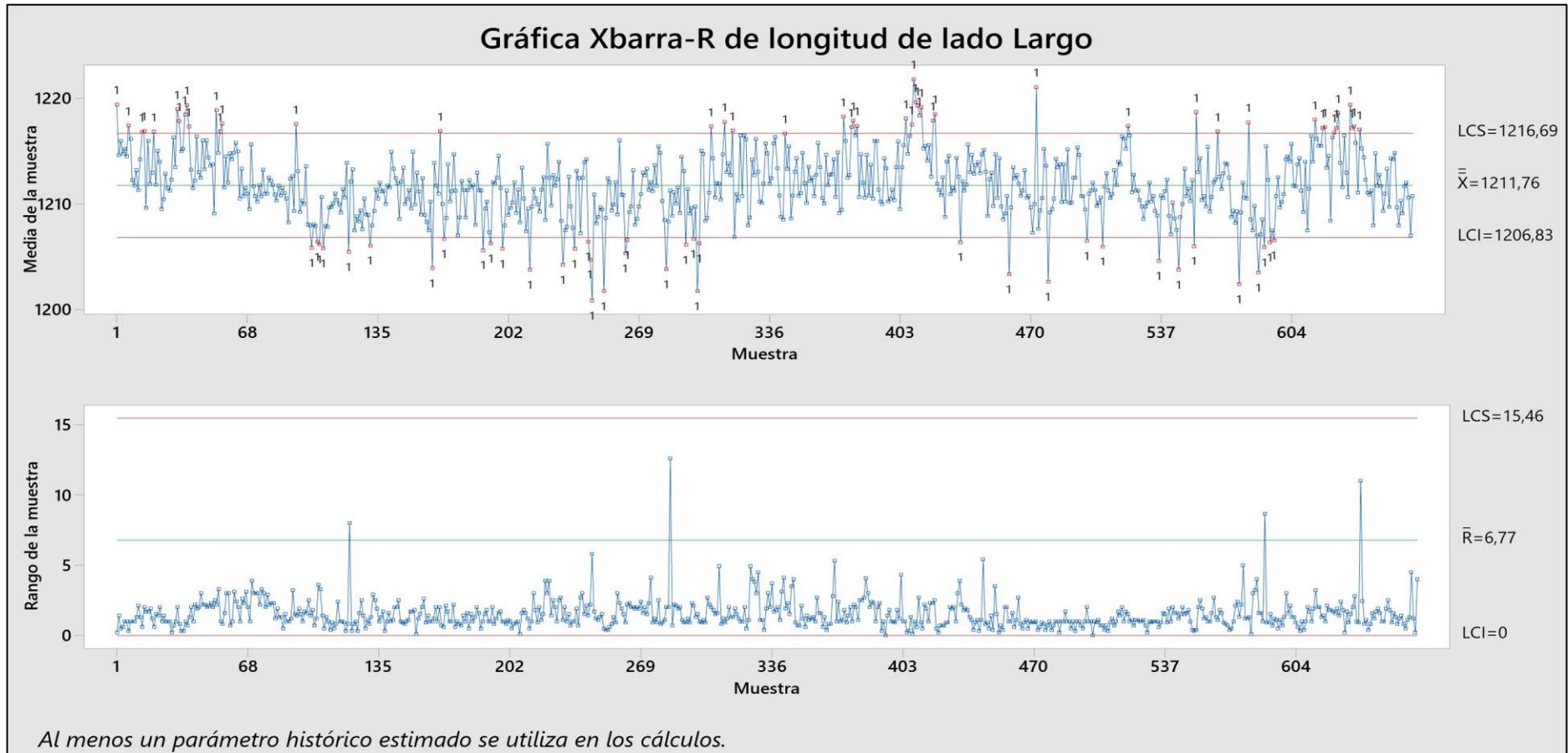


Figura 4-33. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado largo.

En la figura 4-33, se observa que los datos con respecto a la media del proceso se encuentran fuera de los límites de control superior e inferior. Por lo tanto, se pudo determinar que es un proceso estadísticamente fuera de control con una tendencia “fuera de control excesiva”.

Se puede observar en la gráfica con respecto a la media es de $\bar{X} = 1211,76$; con un límite inferior de $L_{CI} = 1206,83$ y un límite de control superior $L_{CS} = 1216,69$ límites obtenidos en base a los datos analizados, en este caso los límites de control no están dentro de los de especificación determinados por la empresa (Longitud lado largo = 1208 ± 2 mm). Por lo que dicha condición muestra en promedio que no hay cumplimiento de la longitud de lado largo, demostrando así que 85 subgrupos se encuentran fuera de especificación.

Sin embargo, con relación a la gráfica con respecto a los rangos se obtuvo un promedio $R = 6,77$, con un límite inferior de $L_{CI} = 0$ y un límite de control superior $L_{CS} = 15,46$. Existiendo datos fuera de tendencia y por encima del límite de control central lo que indica que el proceso está fuera de control.

Otro punto importante para considerar es el cambio repentino en el promedio del proceso, puesto que se observan un número inusual de puntos consecutivos por la parte superior e inferior del límite de control central, indicativo de que el promedio del proceso ya cambió, esto debido a múltiples factores externos.

- Gráficas de control X-R barra de longitud de lado ancho:

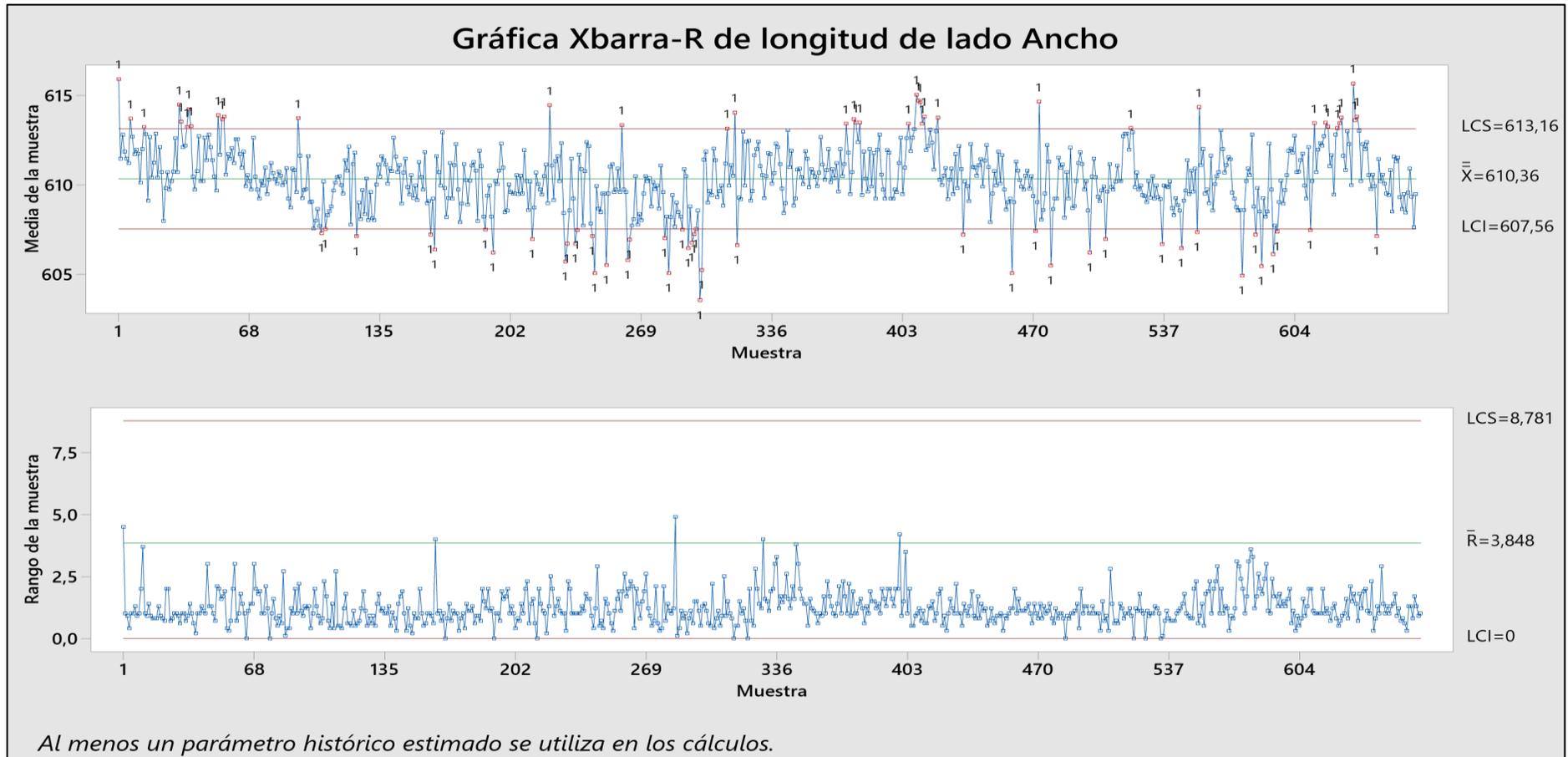


Figura 4-34. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado ancho.

En la figura 4-34, se observa que los datos con respecto a la media del proceso se encuentran fuera de los límites de control superior e inferior. Por lo tanto, se pudo determinar que es un proceso estadísticamente fuera de control con una tendencia “fuera de control excesiva”.

Se puede observar en la gráfica con respecto a la media es de $X = 610,36$; con un límite inferior de $LCI = 607,56$ y un límite de control superior $LCS = 613,16$ límites obtenidos en base a los datos analizados, en este caso los límites de control no están dentro de los de especificación determinados por la empresa (Longitud lado ancho = $606 \pm 2\text{mm}$). Por lo que dicha condición muestra en promedio que no hay cumplimiento de la longitud de lado ancho, demostrando así que 82 subgrupos se encuentran fuera de especificación.

Sin embargo, con relación a la gráfica con respecto a los rangos se obtuvo un promedio $R = 3,848$, con un límite inferior de $LCI = 0$ y un límite de control superior $LCS = 8,781$. Existiendo datos fuera de tendencia y por encima del límite de control central lo que indica que el proceso está fuera de control.

Otro punto importante para considerar es el cambio repentino en el promedio del proceso, puesto que se observan un número inusual de puntos consecutivos por la parte superior e inferior del límite de control central, indicativo de que el promedio del proceso ya cambió, esto debido a múltiples factores externos.

4.16. Análisis de la capacidad de procesos.

Para determinar la capacidad de procesos se analizaron los datos de longitud de lado largo y ancho, se calculan los índices de capacidad del proceso con respecto a las especificaciones del cliente, en conclusión, se analiza la variabilidad real del proceso con respecto a los valores objetivos de las especificaciones del diseño del producto.

Es así como las especificaciones técnicas del cliente y/o diseño del producto para la medición de longitudes son:

- **Longitud de lado largo:**

Especificación inferior 1206 mm (Limite de Control Inferior)

Especificación superior 1210 mm (Limite de Control Superior)

Valor objetivo o especificación central de 1208 mm (Limite Central).

- **Longitud de lado ancho:**

Especificación inferior 606 mm (Limite de Control Inferior)

Especificación superior 610 mm (Limite de Control Superior)

Valor objetivo o especificación central de 608 mm (Limite Central).

A continuación, se presentan los índices de capacidad reales del proceso y la interpretación de estos.

Tabla 4-17. ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESOS Y SU INTERPRETACIÓN.

No.	Nombre del Índice	Interpretación
1	Capacidad potencial del proceso C_p	<ul style="list-style-type: none"> • $C_p \geq 2$, Se tiene calidad seis sigmas. • $C_p > 1.33$, Adecuado. • $1 < C_p < 1.33$, Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto. • $0.67 < C_p < 1$, No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria. • $C_p < 0.67$, No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)
2	Capacidad potencial inverso C_r	<ul style="list-style-type: none"> • El índice C_r es el inverso del C_p, compara la variación real frente a la variación tolerada.(Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)
3	Índice de capacidad real del proceso C_{pk}	<ul style="list-style-type: none"> • El índice C_{pk} siempre va a ser menor o igual que el índice C_p. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones,

No.	Nombre del Índice	Interpretación
		<p>por lo que la capacidad potencial y real son similares.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. • El valor del índice Cpk sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que $Cpk > 1.45$. • Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)
4	Índice de centrado del proceso K	<ul style="list-style-type: none"> • Si el signo del valor de K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal y será negativo cuando $\mu < N$ • Valores de K menores a 20% en términos absolutos se consideran aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo cual contribuye de manera significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones sea baja • El valor nominal, N, es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación con respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. Por ello, cuando un proceso esté descentrado de manera significativa se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo, lo que por lo

No.	Nombre del Índice	Interpretación
		regular es más fácil que disminuir la variabilidad.
5	Índice de Taguchi <i>Cpm</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el índice <i>Cpm</i> es menor que uno significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad. • Cuando el índice <i>Cpm</i> es mayor que uno, eso quiere decir que el proceso cumple con especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones. • Si <i>Cpm</i> es mayor que 1.33, entonces el proceso cumple con especificaciones. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2013)

- **Análisis de capacidad de procesos de longitud de lado largo:**

A continuación, se calcula los índices de capacidad de procesos de las mediciones de longitud de lado largo:

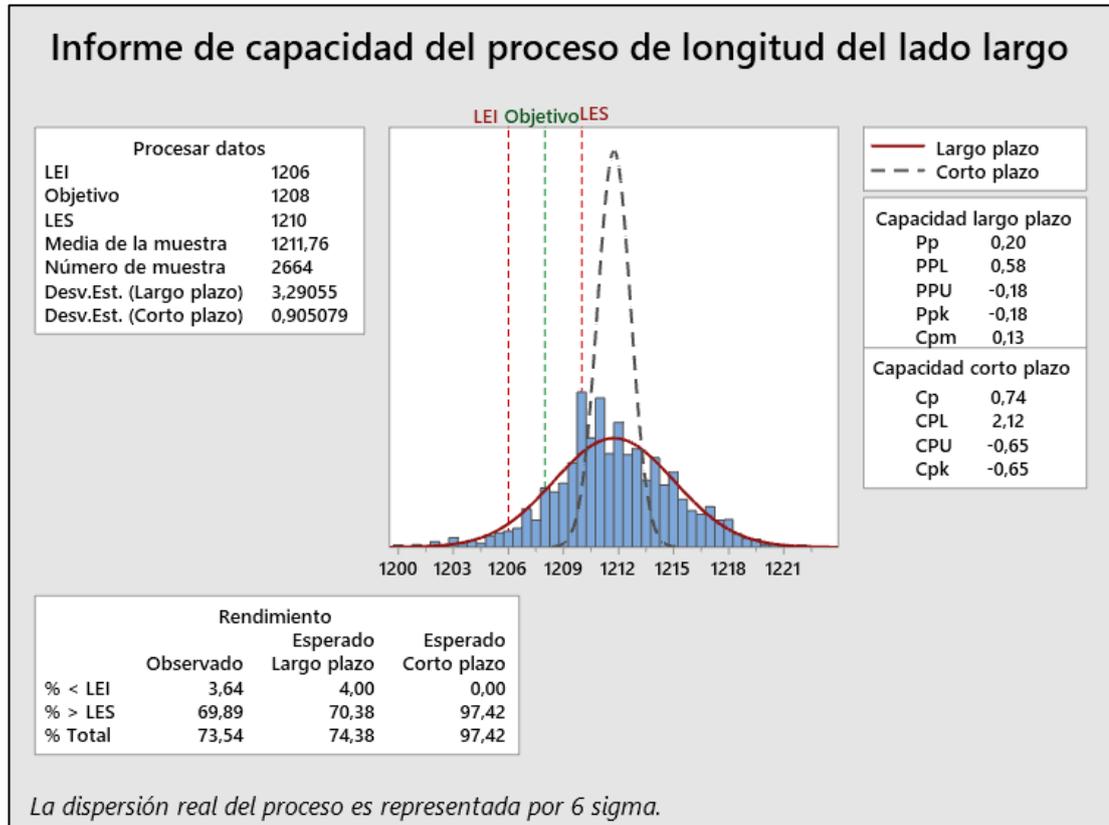


Figura 4-35. Capacidad de proceso de longitud de lado largo.

En la figura 4-35, se observa en el histograma que la mayor parte de los datos se encuentran por encima del límite de control superior, esto significa que las longitudes de lado largo no cumplen con las especificaciones de diseño del producto.

De manera coherente con el gráfico los indicadores del análisis de capacidad de proceso a corto plazo se tiene un valor del índice de capacidad potencial del proceso $C_p = 0,74$; valor que recae en la categoría tres la cual nos indica que no es adecuado para el trabajo y es necesario un análisis del proceso requiriendo de modificaciones muy serias para alcanzar una calidad satisfactoria; el índice de capacidad real del proceso $C_{pk} = -0,65$; valor negativo que nos indica que la media del proceso está alejada del centro y fuera de alguna de las especificaciones, y al analizar el índice de capacidad potencial en base a su especificación superior $C_{PU} = -0,65$; recalando que la media y las mediciones de longitud de lado largo se encuentran por encima de los

1210 mm. Mientras que el índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior $CPL = 2,12$; indicando que el proceso es capaz en su especificación inferior.

Mientras que al realizar el análisis de capacidad de procesos a largo plazo con una desviación estándar de 3,29; una especificación superior de 1210 mm, un valor objetivo de 1208 mm y una especificación inferior de 1206 mm, se obtiene un indicador de desempeño potencial $Pp = 0,20$; considerándose una categoría cuatro la cual nos indica que no es adecuada para el trabajo requiriendo de modificaciones muy serias, el índice de desempeño real del proceso $Ppk = -0,18$; nos recalca que la media del proceso está alejada y fuera de las especificaciones. El índice $Cpm = 0,13$; valor menor a uno que significa que el proceso no cumple con especificaciones ya sean por problemas de centrado o por exceso de variabilidad.

Por último, se observa que un porcentaje de mediciones de longitud de lado largo se encuentra por encima del límite de especificación superior perteneciendo al 69,89% de mediciones y un 3,64% de las mediciones por debajo del límite de especificación inferior, dicho porcentaje representa los productos con menor medida representando el producto con defectos de despuntado que al finalizar el proceso se clasifican como segunda y tercera calidad representando pérdidas económicas a la empresa.

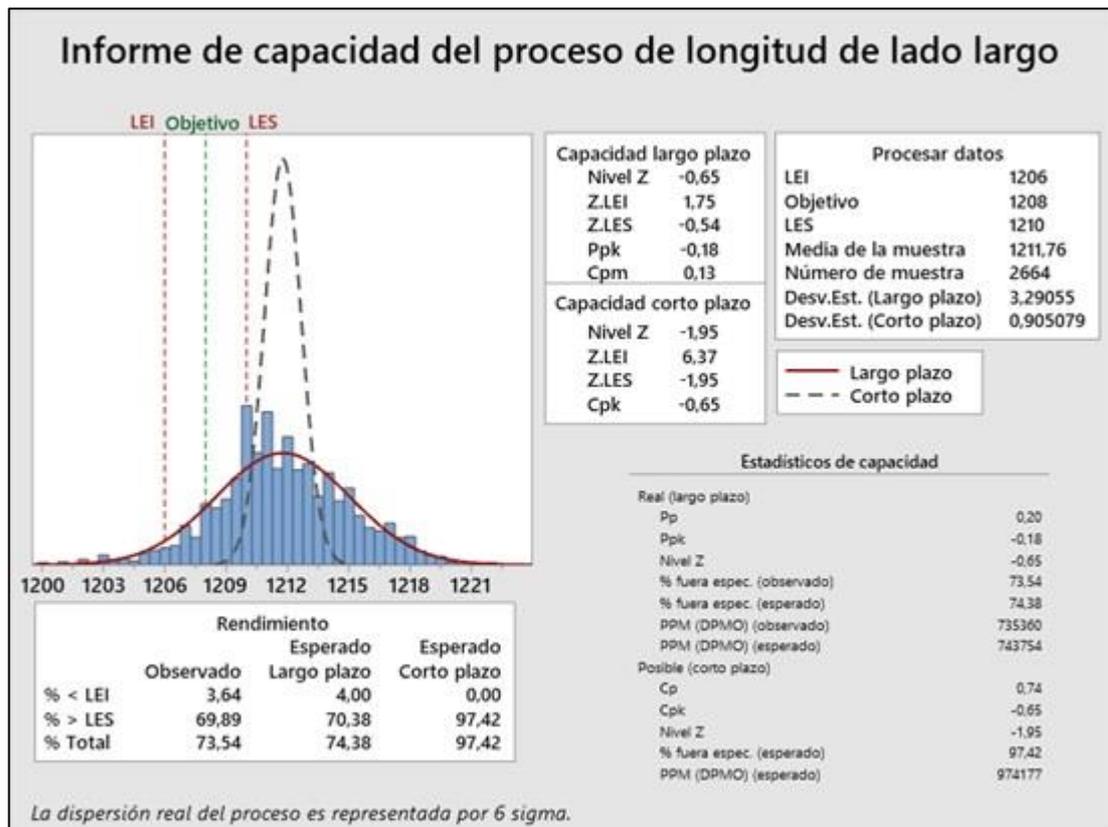


Figura 4-36. Métricas seis sigmas de longitud de lado largo.

En la figura 4-36, se muestra los resultados obtenidos en base a indicadores de calidad Seis Sigma, en el cual en una capacidad a corto plazo se tiene un índice $Z = -1,95$; y un $C_p = 0,74$; obteniendo una calidad de dos sigmas siempre que se suponga que el proceso es centrado. es decir, se tiene un índice DPMO (Defectos por millón de oportunidades) de 73,54 % de unidades fuera de las especificaciones que corresponde a 735300 unidades por cada millón producido fuera de especificación en la medición de longitud de lado largo.

- **Análisis de capacidad de procesos de longitud de lado ancho:**

A continuación, se calcula los índices de capacidad de procesos de las mediciones de longitud de lado ancho:

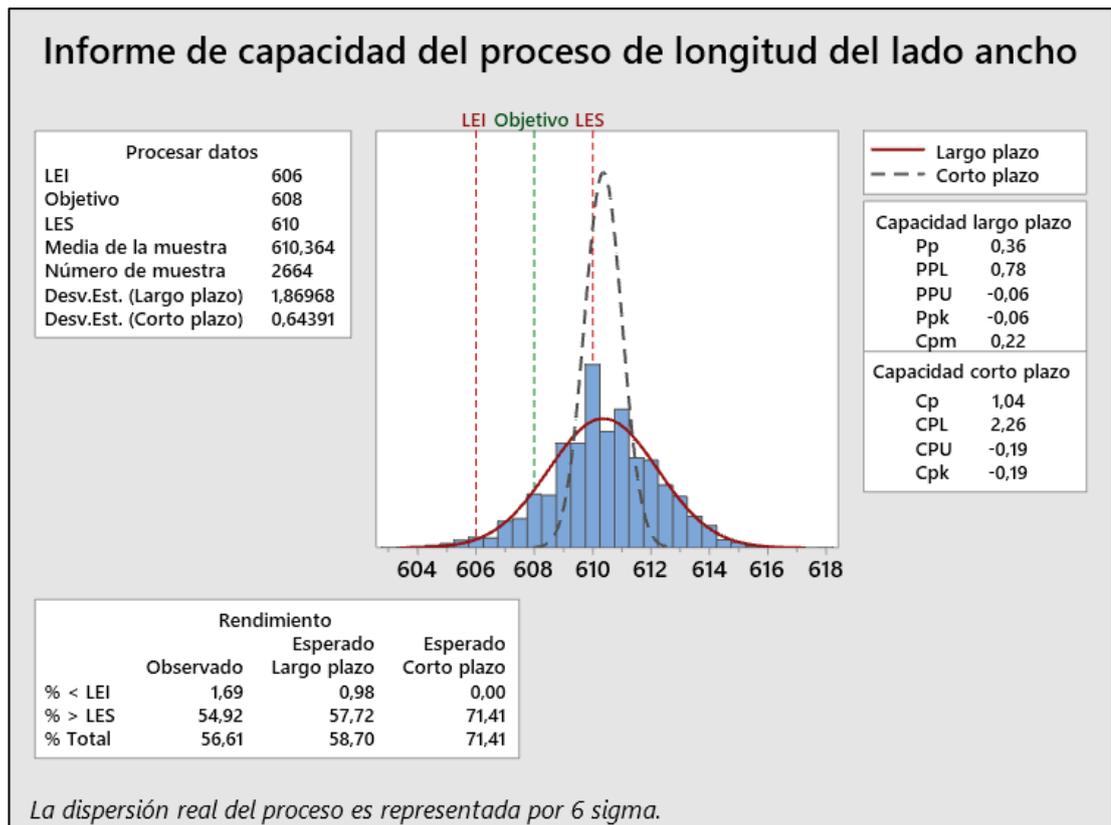


Figura 4-37. Capacidad de proceso de longitud de lado ancho.

En la figura 4-37, se observa en el histograma que la mayor parte de los datos se encuentran por encima del límite de control superior, esto significa que las longitudes de lado ancho no cumplen con las especificaciones de diseño del producto.

De manera coherente con el gráfico los indicadores del análisis de capacidad de proceso a corto plazo se tiene un valor del índice de capacidad potencial del proceso $C_p = 1,04$; valor que recae en la categoría dos la cual nos indica que es parcialmente adecuado y es necesario un control estricto; el índice de capacidad real del proceso $C_{pk} = -0,19$; valor negativo que nos indica que la media del proceso está alejada del centro y fuera de alguna de las especificaciones, y al analizar el índice de capacidad potencial en base a su especificación superior $C_{PU} = -0,19$; recalca que la media y las mediciones de longitud de lado ancho se encuentran por encima de los 610 mm. Mientras que el índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior $C_{PL} = 2,26$; indicando que el proceso es capaz en su especificación inferior.

Mientras que al realizar el análisis de capacidad de procesos a largo plazo con una desviación estándar de 1,87; una especificación superior de 610 mm, un valor objetivo

de 608 mm y una especificación inferior de 606 mm, se obtiene un indicador de desempeño potencial $Pp = 0,36$; considerándose una categoría cuatro la cual nos indica que no es adecuada para el trabajo requiriendo de modificaciones muy serias, el índice de desempeño real del proceso $Ppk = -0,06$; nos recalca que la media del proceso está alejada y fuera de las especificaciones. El índice $Cpm = 0,22$; valor menor a uno que significa que el proceso no cumple con especificaciones ya sean por problemas de centrado o por exceso de variabilidad.

Por último, se observa que un porcentaje de mediciones de longitud de lado ancho se encuentra por encima del límite de especificación superior perteneciendo al 54,92% de mediciones y un 1,69 % de las mediciones por debajo del límite de especificación inferior, dicho porcentaje representa los productos con menor medida representando el producto con defectos de despuntado que al finalizar el proceso se clasifican como segunda y tercera calidad representando pérdidas económicas a la empresa.

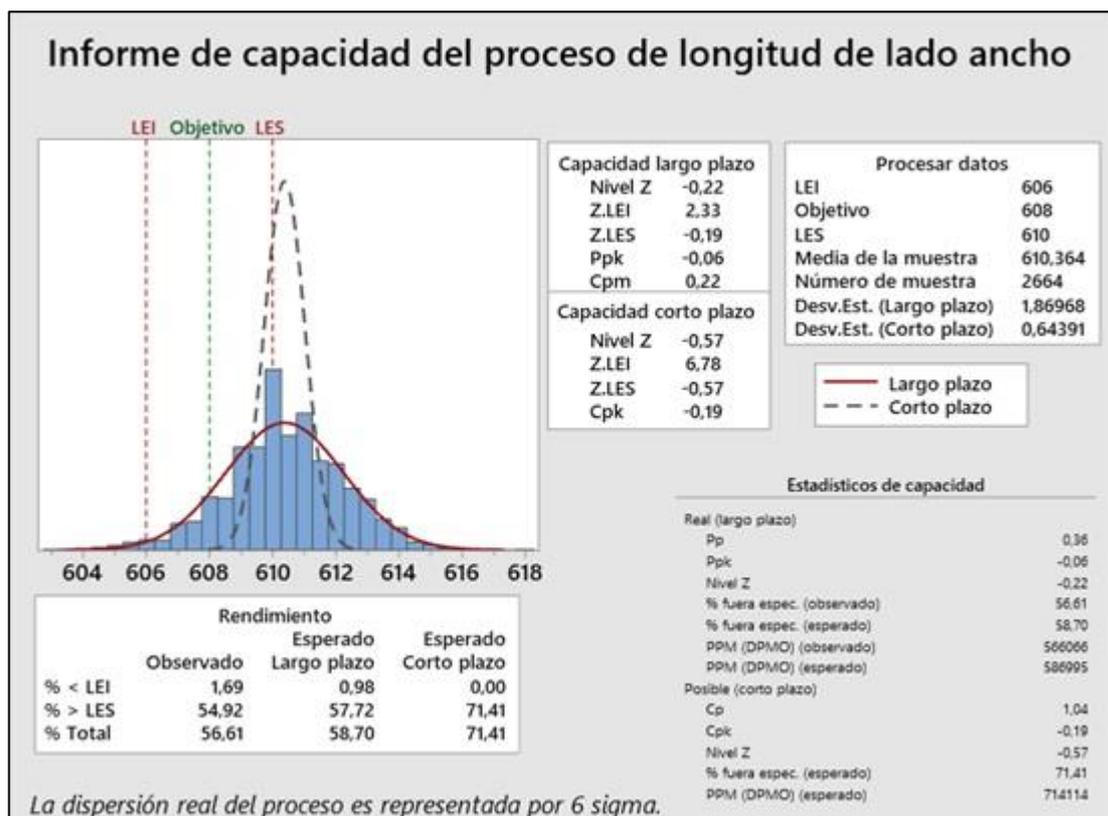


Figura 4-38. Métricas seis sigmas de longitud de lado ancho.

En la figura 4-38, se muestra los resultados obtenidos en base a indicadores de calidad Seis Sigma, en el cual en una capacidad a corto plazo se tiene un índice $Z = -0,57$; y un $Cp = 1,04$; obteniendo una calidad de tres sigmas siempre que se suponga que el

proceso es centrado. es decir, se tiene un índice DPMO (Defectos por millón de oportunidades) de 56,61 % de unidades fuera de las especificaciones que corresponde a 566066 unidades por cada millón producido fuera de especificación en la medición de longitud de lado ancho.

4.17. Propuesta de mejora.

- **Objetivo de la propuesta**

Mejorar la productividad en el proceso de fabricación de baldosa de porcelanato mediante el uso del control estadístico de procesos, para reducir el porcentaje de productos que no se encuentran bajo los parámetros de calidad.

- **Planteamiento y análisis de la propuesta**

La empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica, actualmente atraviesa por problemas de acuerdo con el análisis inicial realizado donde se identifican los posibles problemas en la calidad del producto.

Se analizó el proceso de producción de la baldosa de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120, en donde las causas asignables se direccionan a múltiples variables entre ellas la temperatura del horno 3200, debido a los equipos han cumplido su vida útil, así como la falta de capacitación constante de los trabajadores sin embargo se plantean posibles soluciones para poder mantener el producto bajo norma.

Esta propuesta se basa en la aplicación de control estadístico de procesos bajo el análisis de cartas de control X-R, histogramas e índices de capacidad de la variable de análisis longitud de largo y ancho, para determinar si se necesitan ajustes al proceso.

- **Actividades**

La empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica, expresa “Alcanzar y mantener como mínimo un nivel de calidad primera del 88% para monoquema, 90% para monoporosa y un 80% para porcelanato respecto de la producción mensual”; por lo cual se ha propuesto realizar:

- Elaborar el procedimiento para realizar Control Estadístico de Procesos, en el control de longitud de largo y ancho de las unidades del formato 60X120, después del proceso de cocción del producto. (Ver anexo 8)

- Implementar nuevos parámetros de control para el proceso, límite de control de longitud de lado largo 1210 a 1214 mm, y longitud de lado ancho 608 a 612 mm.
- Implementación de un instrumento de medición para el control de calibre y el tamaño de las piezas de porcelanato, ubicada a la salida del horno en la línea de producción.
- **Simulación de la propuesta**

Para la simulación de la propuesta se aplicó nuevos límites de control de calidad de longitud largo - ancho de la baldosa de porcelanato, solicitando al departamento de producción la autorización para modificar la variable longitud, mediante un plan de control ejecutando un muestreo cada media hora es decir tomar las dos unidades que se obtiene a la salida del horno en un periodo de 8 horas, controlando 14.84 m² de una producción de 978.88m², dicha prueba piloto se lo realizo el día 16 de mayo en el producto 60X120 Humo White.(Ver anexo 6).

- **Longitud de lado largo:**

De la prueba realizada se tiene que las medidas de longitud de lado largo se tuvo una media de 1211,6 mm, con una desviación estándar de 1,47; un valor mínimo de 1209,0 mm y un valor máximo de mediciones de 1214,0 mm.

Tabla 4-18. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LONGITUD DEL LADO LARGO.

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
LARGO	44	0	1211,6	1,47	1209,0	1210,3	1212,0	1213,0	1214,0

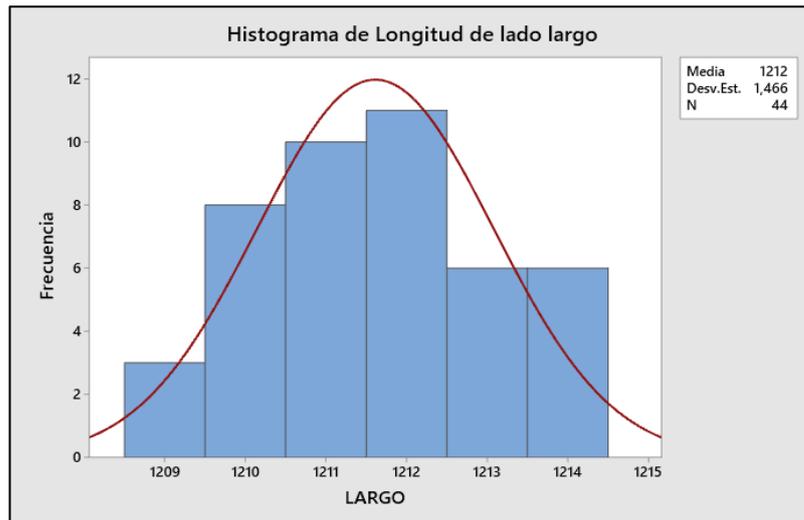


Figura 4-39. Histograma de datos de longitud del lado largo.

- **Longitud de lado ancho:**

En siguiente tabla se observa la estadística descriptiva de la longitud de lado ancho de la muestra obteniendo una media de 610,25 mm, con una desviación estándar de 1,10; un valor mínimo de 608,0 mm y un valor máximo de mediciones de 613,0 mm.

Tabla 4-19. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LONGITUD DEL LADO ANCHO.

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
ANCHO	44	0	610,25	1,10	608,00	610,00	610,00	611,00	613,00

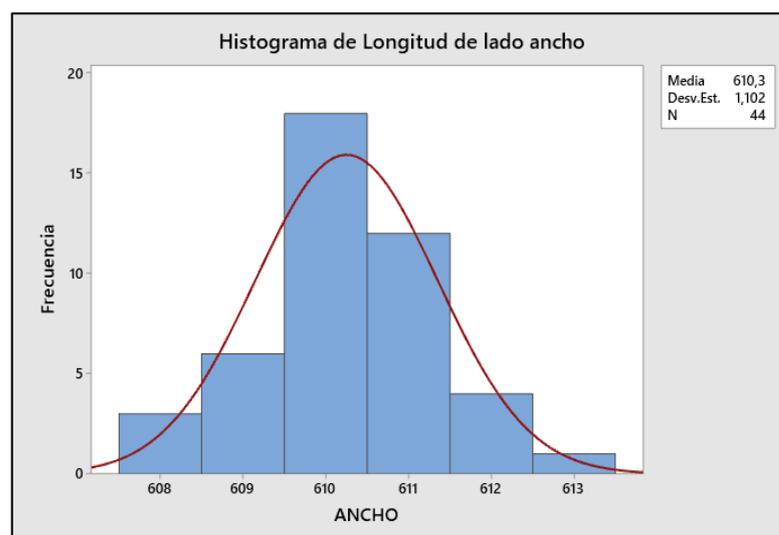


Figura 4-40. Histograma de datos de longitud del lado ancho.

- **Gráficas de Control:**

Se aplicó los gráficos de control X-R, para monitorear la media y la variabilidad del proceso, con la finalidad de detectar si existieron unidades fuera de control y/o analizar si la prueba fue estable.

- **Gráficas de control X-R barra de longitud de lado largo:**

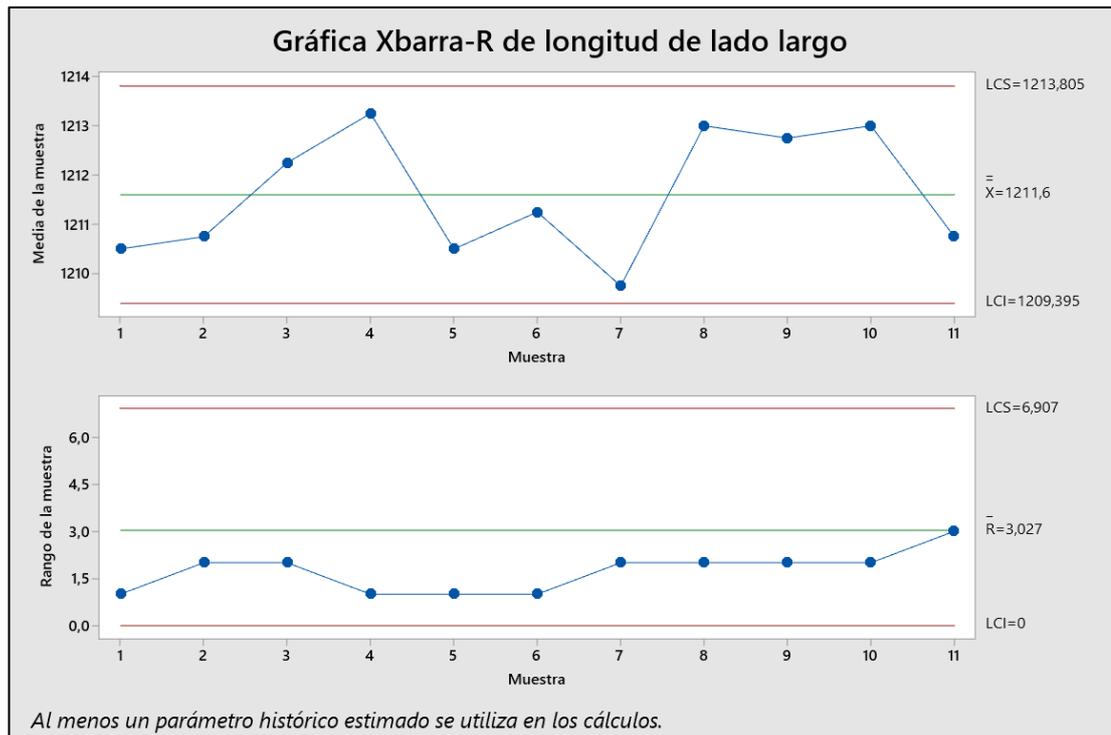


Figura 4-41. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado largo.

En la figura 4-41, se observa que los datos con respecto a la media del proceso se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior. Por lo tanto, se pudo determinar que es un proceso estadísticamente bajo control.

Sin embargo, con relación a la gráfica con respecto a los rangos se obtuvo un promedio $R= 3,03$, con un límite inferior de $LCI= 0$ y un límite de control superior $LCS= 6,90$. Obteniendo que todas las mediciones se encuentran dentro de los límites.

- **Gráficas de control X-R barra de longitud de lado ancho:**

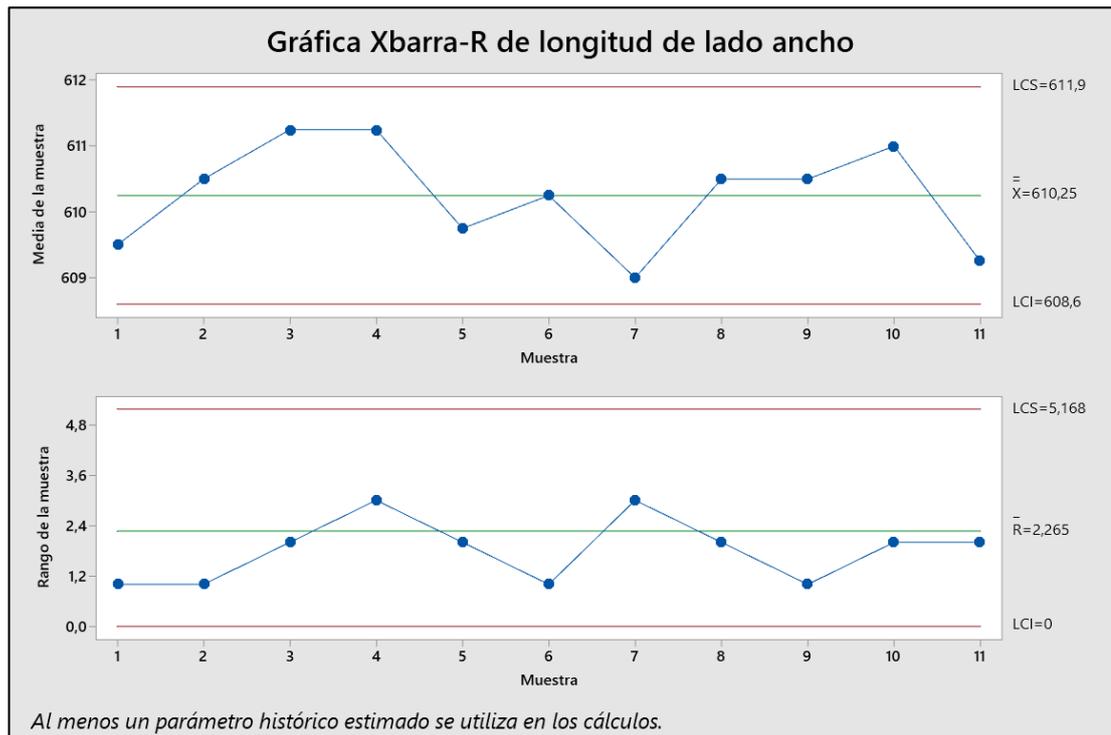


Figura 4-42. Gráfico de control X-R barra de longitud de lado ancho.

En la figura 4-42, se observa que los datos con respecto a la media del proceso se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior. Por lo tanto, se pudo determinar que es un proceso estadísticamente bajo control.

Sin embargo, con relación a la gráfica con respecto a los rangos se obtuvo un promedio $R = 2,27$, con un límite inferior de $LCI = 0$ y un límite de control superior $LCS = 5,17$. Obteniendo que todas las mediciones se encuentran dentro de los límites.

- **Análisis de capacidad de procesos:**

Para determinar la capacidad de procesos se analizaron los datos de longitud de lado largo y ancho, se calculan los índices de capacidad del proceso con respecto a las especificaciones recomendadas.

Longitud de lado largo:

Para determinar los límites de longitud del lado largo se realizó un análisis estadístico a las mediciones de longitud de lado largo en el año 2022, determinando que el 48,83% del total de las mediciones se encuentran dentro de este rango.

Tabla 4-20. FRECUENCIA DE LONGITUD DE LADO LARGO.

Límite Inferior	Límite Superior	Media	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
1198	1202	1200	13	0,48880	0,488
1202	1206	1204	84	3,1532	3,641
1206	1210	1208	587	22,0345	25,676
1210	1214	1212	1301	48,8363	74,512
1214	1218	1216	586	21,9970	96,509
1218	1222	1220	90	3,3784	99,887
1222	1226	1224	3	0,1126	100

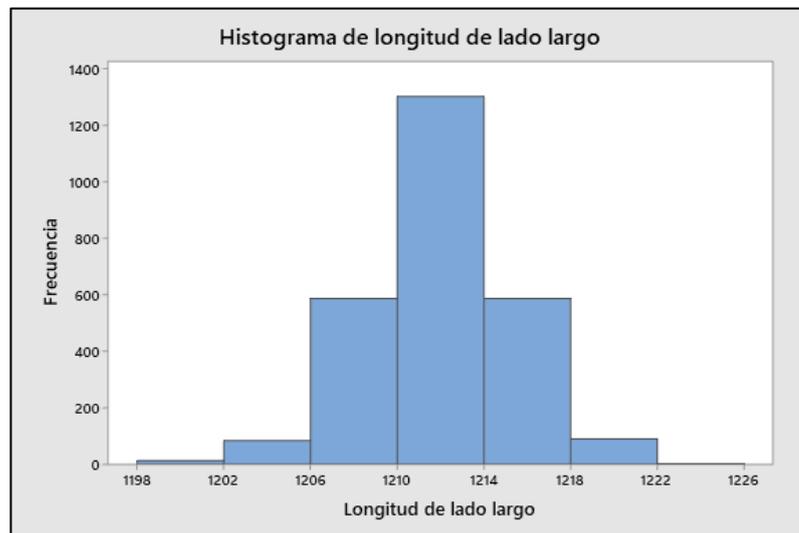


Figura 4-43. Histograma de longitud de lado largo.

Por lo cual con el afán de disminuir el porcentaje de defectos en producto terminado se plantea las siguientes mediciones de la longitud de lado largo.

Especificación inferior 1210 mm (Limite de Control Inferior)

Especificación superior 1214 mm (Limite de Control Superior)

Valor objetivo o especificación central de 1212 mm (Limite Central).

Longitud de lado ancho:

Para determinar los límites de longitud del lado ancho se realizó un análisis estadístico a las mediciones de longitud de lado ancho en el año 2022, determinando que el 70,79% del total de las mediciones se encuentran dentro de este rango.

Tabla 4-21. FRECUENCIA DE LONGITUD DE LADO ANCHO.

Límite Inferior	Límite Superior	Media	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
600	604	602	3	0,1126	0,1126
604	608	606	233	8,7462	8,859
608	612	610	1886	70,7958	79,655
612	616	614	538	20,1952	99,850
616	620	618	4	0,1502	100,00

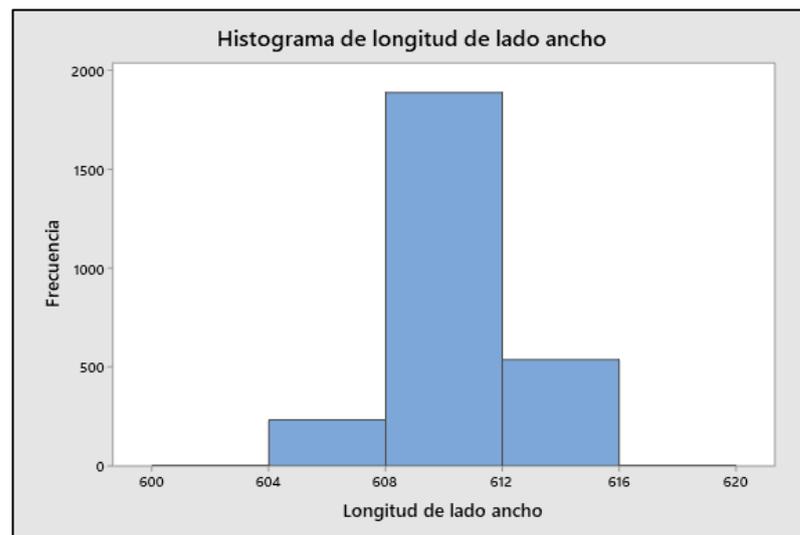


Figura 4-44. Histograma de longitud de lado ancho.

De la misma manera al observar que la mayor parte de defectos son ocasionados al momento de rectificar el lado ancho de cada pieza se decide conservar los límites de especificación de la longitud de lado ancho.

Especificación inferior 608 mm (Limite de Control Inferior)

Especificación superior 612 mm (Limite de Control Superior)

Valor objetivo o especificación central de 610 mm (Limite Central).

- **Análisis de capacidad de procesos de longitud de lado largo:**

A continuación, se calcula los índices de capacidad de procesos de las mediciones de longitud de lado largo:

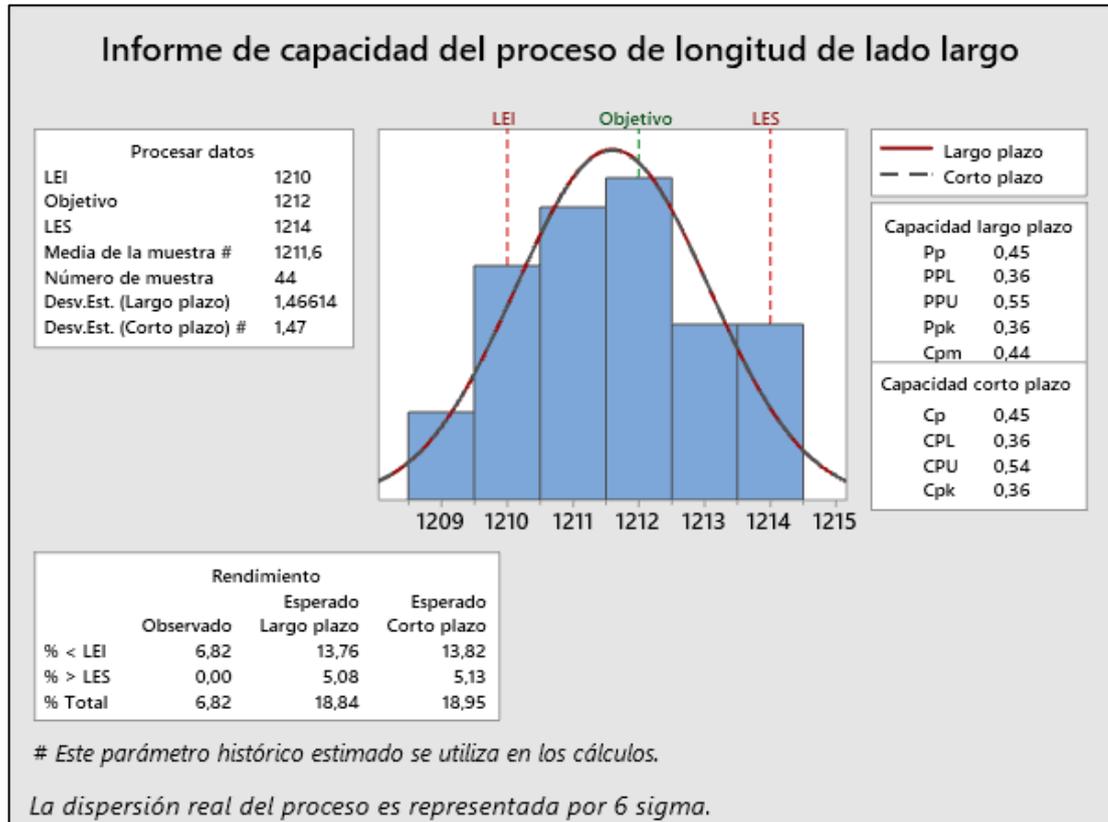


Figura 4-45. Capacidad de proceso de longitud de lado largo.

En la figura 4-45, se observa en el histograma que la mayor parte de los datos se encuentran dentro de los límites de control, esto significa que las longitudes de lado largo cumplen con las especificaciones de diseño del producto.

Es decir al analizar la capacidad del proceso a corto plazo se tiene un valor del índice de capacidad potencial del proceso $C_p = 0,45$; valor que recae en la categoría tres; el índice de capacidad real del proceso $C_{pk} = 0,36$; la cual nos indica que la media del proceso se encuentra dentro de los límites de control, y el índice de capacidad potencial en base a su especificación superior $C_{PU} = 0,54$. Y un índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior $C_{PL} = 0,36$; indicando que el proceso es capaz al cumplir sus especificaciones.

Mientras que al realizar el análisis de capacidad de procesos a largo plazo se tiene una desviación estándar de 1,47 siendo menor al calculado del análisis inicial de 3,29; con una especificación superior de 1214 mm, un valor objetivo de 1212 mm y una especificación inferior de 1210 mm, obtenido un indicador de desempeño potencial $Pp = 0,45$; considerándose una categoría cuatro, el índice de desempeño real del proceso $Ppk = 0,36$; valor que se encuentra dentro de las especificaciones. El índice $Cpm = 0,44$; valor menor a uno indicando que disminuyó la variabilidad del proceso.

Por último, se observa que el porcentaje de mediciones de longitud de lado largo que se encuentran por encima del límite de especificación superior es del 0,0% de mediciones y un 6,82% de las mediciones por debajo del límite de especificación inferior.

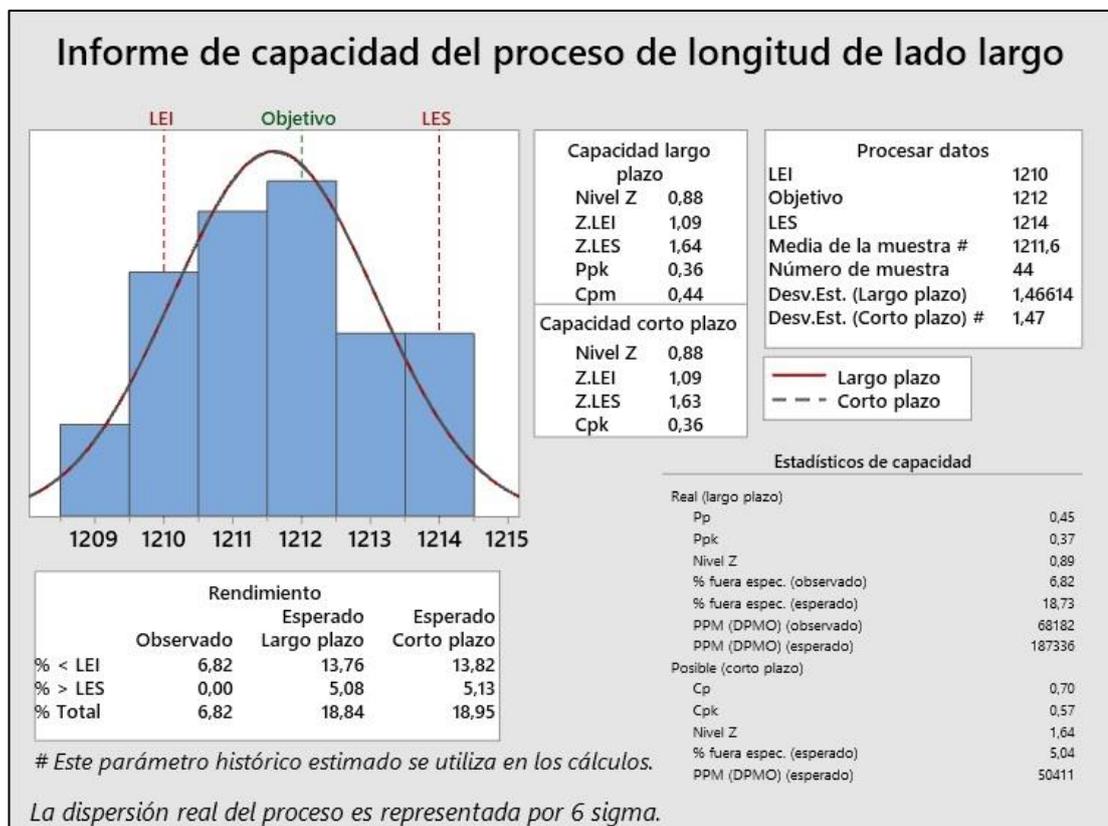


Figura 4-46. Métricas seis sigmas de longitud de lado largo.

En la figura 4-46, se muestra los resultados obtenidos en base a indicadores de calidad Seis Sigma, en el cual en una capacidad a corto plazo se tiene un índice $Z = 0,88$; y un $Cp = 0,45$; obteniendo una calidad de dos sigmas siempre que se suponga que el proceso es centrado. es decir, se tiene un índice DPMO (Defectos por millón de

oportunidades) menor de 6,82 % de unidades fuera de las especificaciones que corresponde a 68182 unidades por cada millón producido fuera de especificación en la medición de longitud de lado largo.

- **Análisis de capacidad de procesos de longitud de lado ancho:**

A continuación, se calcula los índices de capacidad de procesos de las mediciones de longitud de lado ancho:

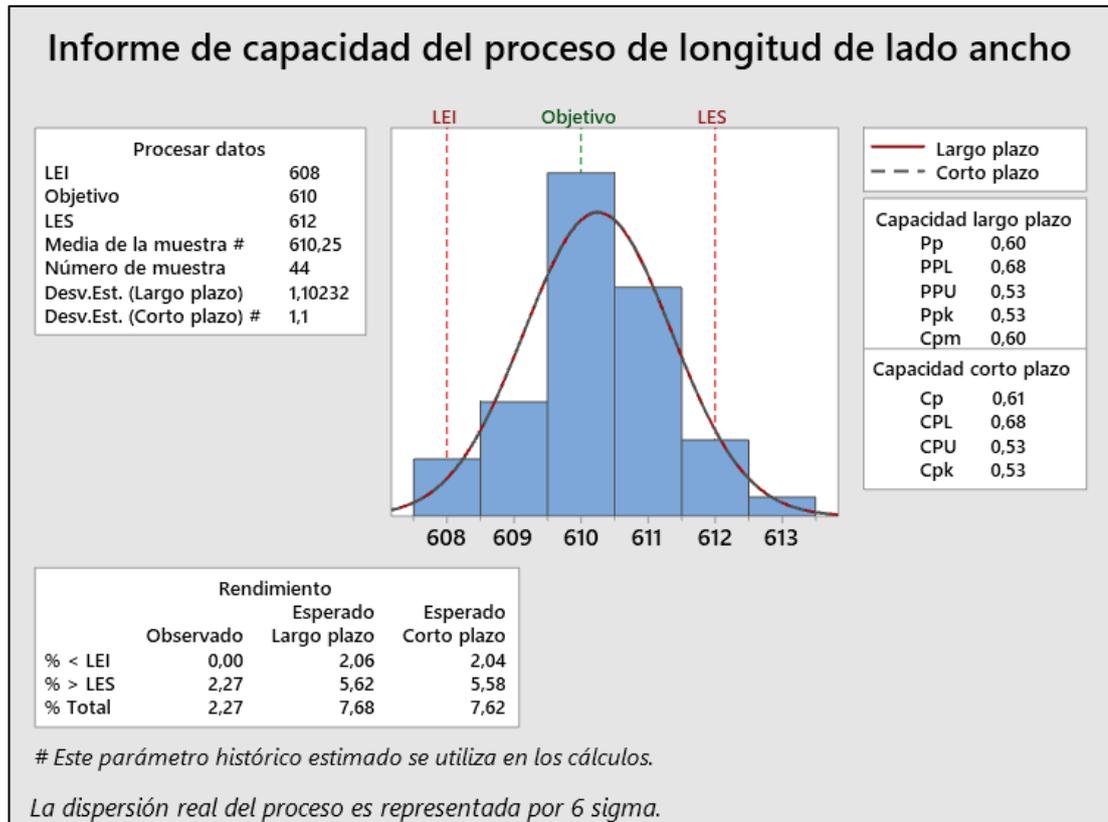


Figura 4-47. Capacidad de proceso de longitud de lado ancho.

En la figura 4-47, se observa en el histograma que la mayor parte de los datos se encuentran dentro de los límites de control, esto significa que las longitudes de lado ancho cumplen con las especificaciones de diseño del producto.

Es decir al analizar la capacidad del proceso a corto plazo se tiene un valor del índice de capacidad potencial del proceso $C_p = 0,61$; valor que recae en la categoría tres; el índice de capacidad real del proceso $C_{pk} = 0,53$; la cual nos indica que la media del proceso se encuentra dentro de los límites de control, y el índice de capacidad potencial en base a su especificación superior $C_{PU} = 0,53$. Y un índice de capacidad potencial

en base a su especificación inferior $CPL = 0,68$; indicando que el proceso es capaz al cumplir sus especificaciones.

Mientras que al realizar el análisis de capacidad de procesos a largo plazo se tiene una desviación estándar de 1,1 siendo menor al calculado del análisis inicial de 1,87; con una especificación superior de 612 mm, un valor objetivo de 610 mm y una especificación inferior de 608 mm, obtenido un indicador de desempeño potencial $Pp = 0,60$; considerándose una categoría cuatro, el índice de desempeño real del proceso $Ppk = 0,53$; valor que se encuentra dentro de las especificaciones. El índice $Cpm = 0,60$; valor menor a uno indicando que disminuyó la variabilidad del proceso.

Por último, se observa que el porcentaje de mediciones de longitud de lado largo que se encuentran por encima del límite de especificación superior es del 2,27% de mediciones y el 0,0% de las mediciones por debajo del límite de especificación inferior.

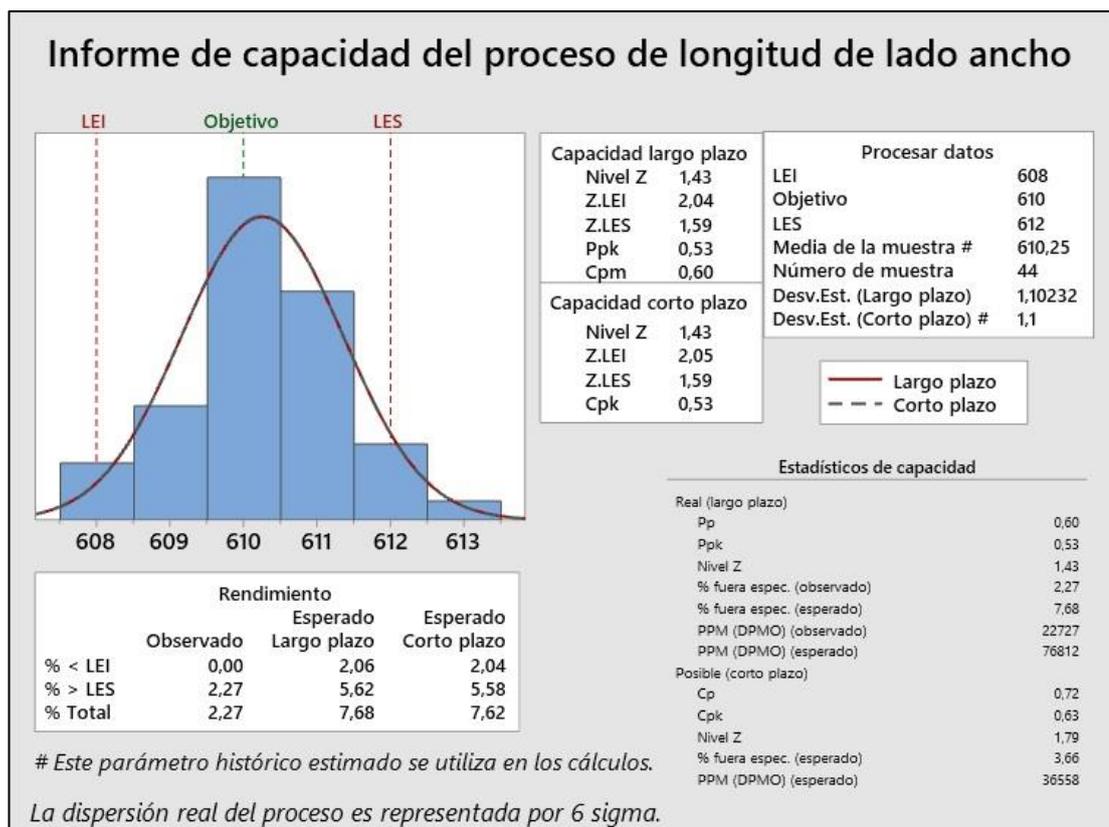


Figura 4-48. Métricas seis sigmas de longitud de lado ancho.

En la figura 4-48, se muestra los resultados obtenidos en base a indicadores de calidad Seis Sigma, en el cual en una capacidad a corto plazo se tiene un índice $Z = 1,43$; y un

$C_p = 0,61$; obteniendo una calidad de dos sigmas siempre que se suponga que el proceso es centrado. es decir, se tiene un índice DPMO (Defectos por millón de oportunidades) menor de 2,27 % de unidades fuera de las especificaciones que corresponde a 22727 unidades por cada millón producido fuera de especificación en la medición de longitud de lado ancho.

Estos resultados se atribuyen al compromiso, manejo adecuado de equipo de medición y capacitación de los operadores, al llevar a cabo una simulación corta en el cual se estipulo un plan de muestreo de 2 unidades cada 30 minutos determinamos que es necesario controlar las presiones de aire en las distintas zonas del horno si se presentaban calibres por debajo del límite control inferior y superior, de tal manera que los dimensiones se encuentren dentro de las especificaciones sugeridas de la prueba.

- **Resumen de índices de capacidad, análisis inicial vs simulación de implementación de control estadístico de procesos:**

Longitud de lado largo:

Tabla 4-22. RESUMEN DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LONGITUD DE LADO LARGO.

Índice de capacidad de procesos			
N	Nombre del Índice	Análisis Inicial	Simulación – Propuesta
Análisis a corto plazo			
1	Capacidad potencial del proceso C_p	0,74	0,45
2	Índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior C_{pl}	2,12	0,36
3	Índice de capacidad potencial en base a su especificación superior C_{pu}	-0,65	0,54
4	Índice de capacidad real del proceso C_{pk}	-0,65	0,36
5	Índice Z	-1,95	0,88
Análisis a largo plazo			
6	Índice de desempeño potencial del proceso P_p	0,20	0,45

Índice de capacidad de procesos			
N	Nombre del Índice	Análisis Inicial	Simulación – Propuesta
7	Índice de desempeño potencial del proceso <i>Ppk</i>	-0,18	0,36
8	Índice de Taguchi <i>Cpm</i>	0,13	0,44
9	Índice <i>Z</i>	-0,65	0,88
9	Defectos por millón de oportunidades DPMO	73,54 %	6,82 %

Como se observa en la tabla 4-22, el valor del índice de capacidad de proceso C_p , para el análisis inicial es de 0,74 y en el análisis de simulación propuesta es de 0,45 lo que significa que la calidad del proceso de baldosas de porcelanato en la longitud de lado largo se mantiene en una categoría tres, la cual no es adecuada para el trabajo sin embargo se observa la reducción de variabilidad del proceso.

El análisis inicial del índice de capacidad potencial en base a su especificación superior $CPU = -0,65$ valor negativo que indica que las mediciones de longitud de lado largo se encuentran por encima de los 1210 mm y no cumplen con su especificación superior y en el análisis de simulación propuesta un $CPU = 0,54$ el cual indica que las longitudes de lado largo cumplen con su especificación de 1214 mm (Limite Especificación Superior Propuesto) mientras que al analizar el índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior $CPL = 2,12$ que indica que la fabricación de baldosas cumple con su especificación inferior de 1206 mm y en el análisis de simulación propuesta el índice $CPL = 0,36$ debido al centrado de las mediciones de la variable longitud de lado largo demostrando que es capaz de cumplir con las dos especificaciones.

El índice C_{pk} , en el análisis inicial corresponde un valor de -0,65 valor negativo la cual indica que la media del proceso se encuentra fuera de las especificaciones del diseño misma que afecta de manera directa a la calidad del producto mientras que en el estado de análisis de simulación propuesta se tiene un índice C_{pk} : 0,36, valor cercano al índice C_p : 0,45 lo que indica que la media del proceso se aproxima al valor objetivo.

En el análisis inicial un índice Cpm: 0,13 siendo este menor a 1, lo cual implica que el proceso no cumple con las especificaciones. Para el análisis de simulación propuesta después de la implementación del control estadístico se observa un aumento del índice Cpm, indicándonos que la capacidad del proceso para cumplir sus especificaciones ha aumentado.

Por último, después de obtener los resultados tanto del estado inicial como del estado simulación propuesta se observa que la mejora radica en la reducción de la variabilidad del proceso real y el centrado del mismo hacia la izquierda con respecto al valor objetivo.

Longitud de lado ancho:

Tabla 4-23. RESUMEN DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LONGITUD DE LADO ANCHO.

Índice de capacidad de procesos			
N	Nombre del Índice	Análisis Inicial	Simulación – Propuesta
Análisis a corto plazo			
1	Capacidad potencial del proceso C_p	1,04	0,61
2	Índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior C_{pl}	2,26	0,68
3	Índice de capacidad potencial en base a su especificación superior C_{pu}	-0,19	0,53
4	Índice de capacidad real del proceso C_{pk}	-0,19	0,53
5	Índice Z	-0,57	1,43
Análisis a largo plazo			
6	Índice de desempeño potencial del proceso P_p	0,36	0,6
7	Índice de desempeño potencial del proceso P_{pk}	-0,06	0,53
8	Índice de Taguchi C_{pm}	0,22	0,60
9	Índice Z	-0,22	1,43
9	Defectos por millón de oportunidades DPMO	56,61 %	2,27 %

Como se observa en la tabla 4-23, el valor del índice de capacidad de proceso C_p , para el análisis inicial es de 1,04 y en el análisis de simulación propuesta es de 0,61 lo que significa que la calidad del proceso de baldosas de porcelanato en la longitud de lado ancho se mantiene en una categoría tres, la cual no es adecuada para el trabajo sin embargo se observa la reducción de variabilidad del proceso.

El análisis inicial del índice de capacidad potencial en base a su especificación superior $CPU = -0,19$ valor negativo que indica que las mediciones de longitud de lado ancho se encuentran por encima de los 610 mm y no cumplen con su especificación superior y en el análisis de simulación propuesta un $CPU = 0,53$ el cual indica que las longitudes de lado ancho cumplen con su especificación de 612 mm (Limite Especificación Superior Propuesto) mientras que al analizar el índice de capacidad potencial en base a su especificación inferior $CPL = 2,26$ que indica que la fabricación de baldosas cumple con su especificación inferior de 606 mm y en el análisis de simulación propuesta el índice $CPL = 0,68$ debido al centrado de las mediciones de la variable longitud de lado ancho demostrando que es capaz de cumplir con las dos especificaciones.

El índice C_{pk} , en el análisis inicial corresponde un valor de $-0,19$ valor negativo la cual indica que la media del proceso se encuentra fuera de las especificaciones del diseño misma que afecta de manera directa a la calidad del producto mientras que en el estado de análisis de simulación propuesta se tiene un índice $C_{pk} = 0,53$ valor cercano al índice $C_p = 0,61$ lo que indica que la media del proceso se aproxima al valor objetivo.

En el análisis inicial un índice $C_{pm} = 0,22$ siendo este menor a 1, lo cual implica que el proceso no cumple con las especificaciones. Para el análisis de simulación propuesta después de la implementación del control estadístico se observa un aumento del índice C_{pm} , indicándonos que la capacidad del proceso para cumplir sus especificaciones ha aumentado.

Por último, después de obtener los resultados tanto del estado inicial como del estado simulación propuesta se observa que la mejora radica en la reducción de la variabilidad del proceso real y el centrado del mismo hacia la izquierda con respecto al valor objetivo.

4.18. Análisis de costos.

El desarrollo de la propuesta tiene como objetivo mejorar la productividad del proceso de fabricación de porcelanato a través de la aplicación del control estadístico de procesos para reducir el porcentaje de productos no conforme.

Razón por la cual en el presente trabajo de investigación se desarrolló una prueba industrial de 8 horas en la producción del producto 60X120 HUMO WHITE, obteniendo:

Tabla 4-24. RESULTADOS DE SIMULACIÓN.

Producto	Cantidad (m2)	% Calidad	Costo x unidad (m2)	Costo total Fábrica \$
PRIMERA CALIDAD	346,0	47%	7,83	2709,2
SEGUNDA CALIDAD	230,0	31%	7,83	1800,9
TERCERA CALIDAD	115,0	16%	7,83	900,5
BAJAS	40,0	5%	7,83	313,2
TOTAL	731,0		7,83	5723,7

Como se ve en la tabla 4-24, del total de metros producidos se tiene el 47 % en segunda y tercera calidad, debido a factores especiales como ajuste y calibración de horno. Otro factor importante para considerar es el arranque de producción del formato 60X120, por lo que se obtuvieron los siguientes defectos clasificados en la prueba industrial. (Ver anexo 7)

Tabla 4-25. CLASIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE PRODUCCIÓN Y VALOR POR DEFECTO.

DEFECTOS	%	VALOR POR DEFECTO \$
Grumo	2,00	54,01
Chamote	2,00	54,01
Fisura	4,00	108,03
Falla serigráfica	0,00	0,00
Falla de vela	0,00	0,00
Falla de Kerajet	0,00	0,00

Despuntado	8,00	216,05
Reesmalte	0,03	0,70
Huecos	0,00	0,00
Hoyuelos	0,00	0,00
Contaminación	0,00	0,00
Sublimado	0,00	0,00
Laminado	0,00	0,00
Diferencia calibre	20,00	540,13
Paralelismo	12,00	324,08
Variación matiz	0,00	0,00
Planaridad	52,00	1404,34
Mal rectificado	0,00	0,00
Pinhool	0,00	0,00
Gota	0,00	0,00
TOTAL	100,0	2701,4

Tabla 4-26. RESUMEN DE VALOR GENERADO DEL DEFECTO DESPUNTADO.

Producto	Cantidad (m2)	% Calidad	Costo total Fábrica \$	% Defecto Despuntado	Valor de defecto \$
Segunda y Tercera Calidad	345,0	47%	2701,4	8%	216,05

Como se observa en la tabla 4-26, del total de defectos obtenidos en la prueba industrial se obtuvo el 8 % en defecto de despuntado representando un total de \$216,05 dólares. En comparación al análisis inicial se logró determinar que después de aplicar el análisis de control estadístico de procesos se redujo en un 12 % el porcentaje de defecto despuntado representando mejorar la productividad permitiéndonos incrementar la cantidad de producto en primera calidad.

Lo que nos permite calcular la productividad monofactorial después de simular la propuesta de mejora, en base a la proyección de la producción que se obtuvo en Primera Calidad “Exportación” del año 2022 más el incremento que genera la

propuesta y los costos correspondientes a materia prima, gastos de fabricación y costos de mano de obra, como se muestra a continuación:

Tabla 4-27. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD RESULTADO DE LA SIMULACIÓN.

Producto	Producción	Costo MP	Costo G.FA.	Costo MO
Baldosa de porcelanato formato 60X120P	785219,76	\$ 641086,31	\$ 95598,17	\$ 10097,66
Productividad monofactorial.		1,225	8,214	77,763
Productividad general		1,05 m2/\$		

Como se observa en la tabla 4-27, después de implementar la propuesta de mejora se estima mejorar la productividad en 1,05 m2 fabricados por cada dólar empleado

4.19. Análisis económico de la propuesta.

El análisis económico tiene como objetivo determinar los beneficios y costos de la propuesta y su impacto en la economía.

En la siguiente tabla se indican los gastos iniciales necesarios para implementar la propuesta, misma que suma a la inversión ya realizada por la empresa en el año 2022.

Tabla 4-28. CÁLCULO DE LA INVERSIÓN INICIAL.

INVERSIÓN			
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MULTIGECKO: Sistema de selección de Azulejos. Sistema de clasificación también para grandes formatos	1	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
GRIFFON: Maquina paletizadora automática. Paletizadora automática para formatos medianos y grandes de hasta 250 kg	1	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
PLANAR: Instrumento de control de calidad. Instrumento de detección de los defectos de curvatura.	1	\$ 89.000,00	\$ 89.000,00
MULTISTORE: Sistema de desplazamiento automático	1	\$ 279.000,00	\$ 279.000,00

INVERSIÓN			
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
LINER: INSTRUMENTO DE CONTROL DE CALIDAD Instrumento de medida para el control del calibre y las dimensiones de los azulejos	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
REINVERSIÓN			
LINER: INSTRUMENTO DE CONTROL DE CALIDAD Instrumento de medida para el control del calibre y las dimensiones de los azulejos	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
Diseño y elaboración de procedimientos. Recolección de datos y redacción de procedimientos.	4	\$ 150,00	\$ 600,00
Curso de control estadístico de procesos	20	\$ 40,00	\$ 800,00
Capacitación a personal, uso y manejo de datos en software	20	\$ 40,00	\$ 800,00
Licencia de suscripción de uso de Minitab para empresas.	1	\$ 2.220,00	\$ 2.220,00
Computador Corie I5, 12va generación.	3	\$ 639,00	\$ 1.917,00
TOTAL, DE LA INVERSIÓN			\$ 1.034.337,00

Para el desarrollo de la propuesta se determinó que los ingresos para el año 2022, resultan de la cantidad de unidades producidas por el valor de venta, y proyectado al año 5 con un crecimiento de 2,0% de acuerdo con la tasa de inflación del país.

Tabla 4-29. DETALLE DE INGRESOS DEL AÑO 2022.

Producto	Cantidad (m2)	Costo de Venta \$	Ingresos \$.
FORMATO 60X120	953245,5	\$ 9,50	\$ 9.055.832,0

Asimismo, para determinar los costos de producción del año 2022, se consideran los costos de Materia Prima, costos de Gastos de Fabricación, el costo de la Mano de Obra, otros gastos indirectos, gastos administrativos y gastos de ventas como se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4-30.. COSTOS OPERACIONALES.

COSTOS OPERACIONALES	
	AÑO 1
1. COSTOS DE FABRICACIÓN	
1.1. COSTOS DIRECTOS	
Materia Prima	5.700.451
Mano de Obra	93.992
Materiales directos	872.854
1.2. GASTOS DE FABRICACIÓN	
Materiales indirectos	253000
Mano de obra indirecta	
1.3. OTROS GASTOS INDIRECTOS	
Depreciación de fábrica	102.800
Servicios	510.000
Mantenimiento	350.000
Impuestos	80.000
Amortizaciones	1.523
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS	
Sueldos Administrativos	246.000
3. GASTOS DE VENTAS	
Sueldos vendedores	45.000
Gastos de distribución para la venta	250.000
TOTAL, COSTOS OPERACIONALES	8.505.620,01

Una vez determinado los ingresos y costos operacionales se calcula el presupuesto de producción donde se proyecta para los siguientes años con respecto a la tasa de inflación del país que es de 2,0 % a partir del año 1, para obtener la utilidad neta y calcular los indicadores como el VAN y el TIR.

Tabla 4-31. PRESUPUESTO DE PRODUCCIÓN.

PRESUPUESTO	2022	2023	2024	2025	2026
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por ventas	9.055.831,97	9.236.948,60	9.421.687,58	9.610.121,33	9.802.323,75
(-) Costos Totales (Costos de Producción)	8.505.620,01	8.675.732,41	8.849.247,06	9.026.232,00	9.206.756,64
(=) Utilidad Bruta	550.212	561.216	572.441	583.889	595.567
(-) 15% Utilidad a Trabajadores	82531,79373	84182,4296	85866,0782	87583,39976	89335,06776
(=) Utilidad antes de impuestos	467.680	477.034	486.574	496.306	506.232

PRESUPUESTO	2022	2023	2024	2025	2026
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(-) 25% Imp. A la renta	116920,04	119258,4419	121643,6108	124076,483	126558,0127
(=) Utilidad antes de reservas	350.760	357.775	364.931	372.229	379.674
(-) 10% Reservas	35076,01	35777,53258	36493,08323	37222,9449	37967,4038
(=) Utilidad neta	315.684,11	321.997,79	328.437,75	335.006,50	341.706,63

- **Cálculo del valor actual neto.**

La metodología consiste en actualizar mediante una tasa todos los flujos de caja futuros determinando la equivalencia en el año 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar con la inversión inicial.

VAN > 0; Gano más de lo planificado, el proyecto es rentable.

VAN = 0; Gano lo planificado, el proyecto es Rentable.

VAN < 0; E l proyecto no es Rentable.

Tabla 4-32. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO.

AÑO	INVERSION	V. NETO	TASA DE DESCUENTO	VAN	TASA EFECTIVA
0	\$1.034.337				10,06%
1		315684,11	0,9085953	286829,103	
2		321997,79	0,8255454	265823,81	
3		328437,75	0,7500867	246356,793	
4		335006,50	0,6815253	228315,4	
5		341706,63	0,6192307	211595,228	
			∑ VAN	1238920,33	
	VAN= - INVERSION (CAPITAL SOCIAL) + ∑ VAN				
	VAN=	204583,333			

En la tabla 4-32, se ha obtenido un VAN de \$ 204583,333 donde se puede concluir que en el periodo de cinco años el proyecto es económicamente rentable en donde se utilizó un rendimiento anual del 10,06 %, tasa de interés efectiva para el sector productivo empresarial. (Ver anexo 9).

- **Cálculo de la tasa interna de retorno.**

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de una determinada inversión sea igual a cero.

Para efectuar el cálculo del TIR, se lo hará por medio del método de la fórmula:

Tabla 4-33. CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO.

TASA MENOR:	10%	TIR: $T_m + (T_M - T_m) (V_{Tm} / V_{Tm} - V_{TM})$
TASA MAYOR	18%	
VALOR DE TASA MENOR:	204583,333	TIR: 0,17440023
VALOR DE TASA MAYOR:	-1662,631	TIR: 17,44%

La tasa interna de retorno TIR, del proyecto de investigación es del 17,44%, misma que demuestra la rentabilidad del estudio.

- **Cálculo del beneficio costo.**

La relación beneficio costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar.

B/C > 1: Los ingresos son mayores a los egresos, el proyecto es rentable.

B/C < 1: Los egresos son mayores a los ingresos, el proyecto no es rentable.

B/C: 1: Los ingresos y los egresos son iguales, el proyecto no pierde ni gana.

Tabla 4-34. CÁLCULO DEL BENEFICIO COSTO.

Total, Flujos Actualizados	\$ 1.238.920,33
Inversión Inicial	\$ 1.034.337,00
B/C	\$ 1,20

Como se observa en el proyecto la relación beneficio costo se observa que por cada \$1 invertido ganaremos \$0,20 ctvs. Este índice de rentabilidad nos indica que el proyecto es rentable.

- **Cálculo del periodo de recuperación.**

Este indicador se calcula con la inversión social dividida para el promedio de flujo de caja actualizada, es decir se trae a valor presente los flujos netos de efectivo asociado en el proyecto.

Tabla 4-35. CÁLCULO DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN.

PERIODO	INVERSIÓN INICIAL	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS	FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS ACUMULADOS
1	\$- 1.034.337,00	\$ 286.829,10	286829,10
2		\$ 265.823,81	552652,91
3		\$ 246.356,79	799009,71
4		\$ 228.315,40	1027325,11
5		\$ 211.595,23	1238920,33
		PRI=	4,03

Según lo calculado en la tabla 4-35, el periodo de recuperación es de 4 años y 12 días, por lo que según el periodo de recuperación el proyecto es factible.

4.20. Verificación de la hipótesis.

Para la verificación y validación de la hipótesis se usan los resultados obtenidos de las mediciones de la longitud de lado largo y ancho, medido en la situación inicial y las obtenidas en la prueba industrial, pero para comprobar que existe una diferencia significativa se realizó una prueba de hipótesis estadísticas de medias, utilizando la prueba t para muestras independientes continuas. Hipótesis descritas en el punto 3.4, y que se plantearon de la siguiente manera:

Hi= La propuesta de mejora basado en el análisis de capacidad de procesos permitirá el aumento de la productividad en el proceso de fabricación de baldosas de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120P.

Ho= La propuesta de mejora basado en el análisis de capacidad de procesos no permitirá el aumento de la productividad en el proceso de fabricación de baldosas de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120P.

Posterior se define que el nivel de significancia es de $\alpha= 0,05$ dado un nivel de confianza del 95%.

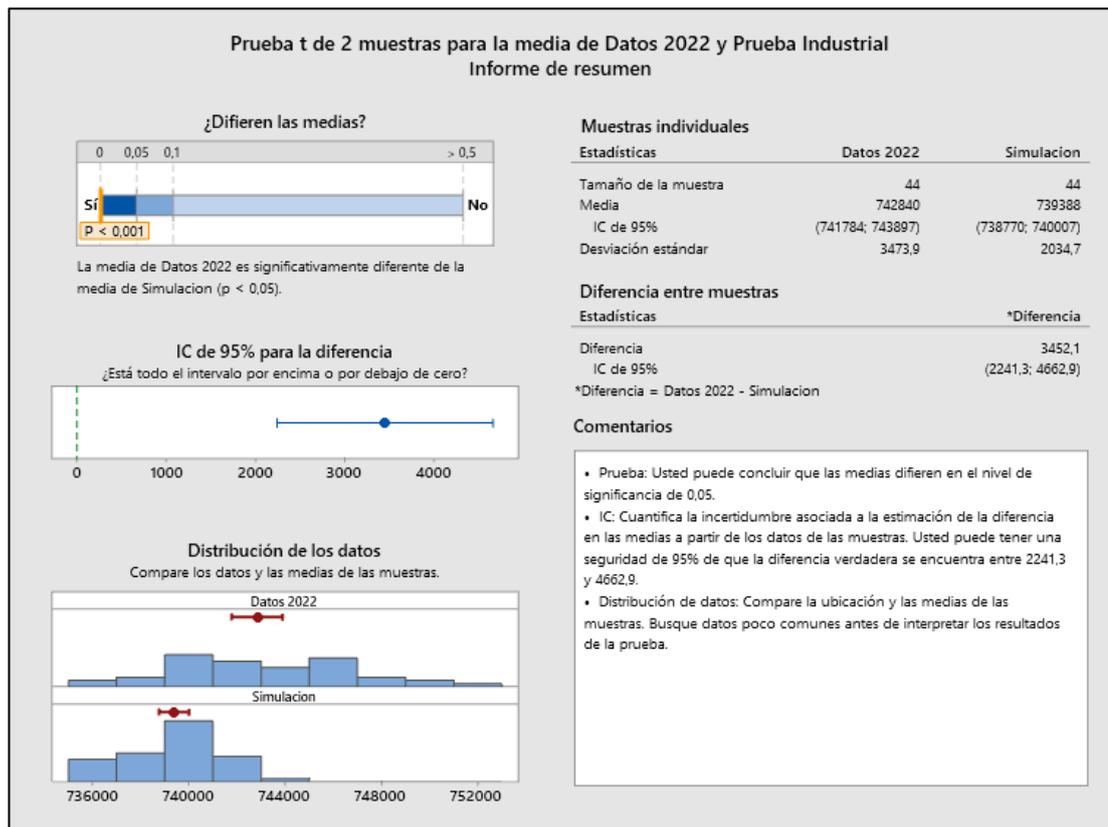


Figura 4-49. Prueba t para igualdad de medias, estado inicial y prueba industrial.

Análisis:

La prueba t, arrojó como resultado que existe una diferencia significativa entre cada uno de los procesos de fabricación por lo cual se acepta la hipótesis nula H_0 : “La propuesta de mejora basado en el análisis de capacidad de procesos permitirá el aumento de la productividad en el proceso de fabricación de baldosas de porcelanato en la línea 4 del formato 60X120P” de tal manera que si hay una mejora en cuanto al proceso de fabricación planteado en la propuesta.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones

- En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio de situación inicial del proceso productivo de baldosa de porcelanato del formato 60X120, se identificó que en el año 2022 se produjo 953245 m² de los cuales el 29% de lo producido se clasificaron como segunda y tercera calidad por presentar distintos defectos de fabricación, al analizar la clasificación final de estos defectos se tiene que el defecto despuntado es el 20% del total de defectos clasificados, además de representar pérdidas para la empresa en 433815,54 \$ dólares.
- Mediante el análisis de capacidad de procesos se determinó que para la variable de longitud de lado largo los índices de capacidad, tales como $C_p = 0.74$ (Índice de capacidad potencial del proceso) y $C_{pk} = -0.65$ (Índice de capacidad real del proceso), nos indican que la media del proceso se encuentra fuera del valor objetivo que es 1208 ± 2 mm, y el proceso no es adecuado por lo cual se requiere de modificaciones muy serias. De la misma manera para la longitud de lado ancho los indicadores de capacidad $C_p = 1.04$ y $C_{pk} = -0.19$, nos indican que la media del proceso se encuentra fuera del valor objetivo que es 608 ± 2 mm, y se requiere de un control estricto.
- Para el desarrollo de la propuesta de mejora se realizó una prueba industrial en la cual se produjo 978,88 m² del producto 60X120 HUMO WHITE; en la cual se determinó la implementación del “Procedimiento para Control Estadístico de Procesos”, la determinación de nuevos límites de control para la longitud de lado largo y ancho, obteniendo que para la variable de longitud de lado largo los índices de capacidad son: $C_p = 0.45$ (Índice de capacidad potencial del proceso) y $C_{pk} = 0.36$ (Índice de capacidad real del proceso), y para la longitud de lado ancho los indicadores de capacidad $C_p = 0.61$ y $C_{pk} = 0.53$; permitiéndonos principalmente reducir la variabilidad real y el centrado del proceso con respecto al valor objetivo propuesto de 1212 ± 2 mm y 608 ± 2 mm respectivamente.
- Mediante el análisis económico de la propuesta se obtuvo los siguientes indicadores financiero VAN de \$ 204583.333; TIR de 17,44%; Beneficio Costo de \$1,20 y un Periodo de Recuperación de 4 años y 12 días; por lo cual se determina que la propuesta es rentable.

5.2. Recomendaciones

- La aplicación del control estadístico de procesos es una herramienta de mejora continua por lo que los resultados del presente trabajo de investigación servirán como punto de partida realizar los ajustes necesarios dependiendo de la necesidad del proceso productivo.
- Se recomienda aplicar el procedimiento de control estadístico de procesos con la finalidad de reducir la variabilidad y el centrado de las mediciones especialmente en la variable de longitud de lado largo y lado ancho.
- Se debe monitorear la variable de longitud de lado largo y ancho en la etapa final del cocido clave para asegurar la calidad del producto final.
- Se recomienda la verificación y calibración de los equipos de medición utilizados en la línea de producción ya que esto permitirá mantener un alto nivel de confianza de los datos asegurando un producto de alta calidad.
- El uso del procedimiento de control estadístico de procesos permitirá monitorear en tiempo real el proceso de tal manera que en el futuro se tenga un proceso capaz de cumplir con las especificaciones requeridas por el proceso a fin de reducir el porcentaje de productos clasificados en segunda y tercera calidad permitiéndole a la empresa a mejorar su productividad.
- Se recomienda la inmediata adopción de las nuevas especificaciones de la variable longitud de lado largo, ya que al comparar los resultados del estado inicial y los resultados de la prueba industrial (simulación) se observa una gran diferencia en los indicadores de capacidad, así como la mejora de la calidad del producto terminado.
- Por último, se debe considerar al ser humano como un factor importante para alcanzar los resultados, por lo cual la capacitación en CEP les permitirá manejar de forma eficiente los datos que se generan en el proceso de producción y generar soluciones inmediatas a posibles variaciones de la longitud de lado largo y ancho del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, L., Antonio, K., Romero, M., Alejandra, R., & Alejandra, M. (2022). Contexto socioeconómico del sector cerámico de la República del Ecuador. *UDA AKADEM*, *XXVIII*(2), 233–245. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8378013>
- Bradford, P. G., & Miranti, P. J. (2019). Information in an industrial culture: Walter A. Shewhart and the evolution of the control chart, 1917-1954. In *Information and Culture* (Vol. 54, Issue 2). <https://doi.org/10.7560/IC54203>
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). Control Estadístico De Procesos. In *Administración de las Operaciones AO* (Vol. 11, Issue 25).
- Cuatrecasas Lluís. (2000). Gestión Integral de la Calidad. In *Gestión 2000* (Vol. 3).
- Delgado, B., Dominique, D., General Rumiñahui, A., -Ecuador, S., Panchi, C., Valeria, D., Salazar, P., Tatiana, K., Pinos, P., Leonardo, R., Guano, R., & Belén, M. (2021a). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS. *Tambara*, *12*(84), 1212–1230.
- Delgado, B., Dominique, D., General Rumiñahui, A., -Ecuador, S., Panchi, C., Valeria, D., Salazar, P., Tatiana, K., Pinos, P., Leonardo, R., Guano, R., & Belén, M. (2021b). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS THE ISHIKAWA DIAGRAM AS A QUALITY TOOL IN EDUCATION. A REVIEW OF THE LAST 7 YEARS: LITERATURE REVIEW. *TAMBARA*, *84*, 1212–1230.
- Diego Castelo, Marcelo Carrera, & Patricia Ñacato. (2018). MANUAL DE DEFECTOS. *ECUACERAMICA*.
- En, M., & Porras Velázquez, G. A. (2017). Conceptos básicos de estadística. *CentroGeo*.

- Gutiérrez Pulido, Humberto., & Vara Salazar, R. de la. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. In *McGraw Hill* (Vol. 3). McGraw-Hill Education.
- Hernández, C., & Da Silva, F. (2015). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, 36(1).
- Hernández Pedrera, C. D., & Filipe Da Silva Portofilipe, I. (2015). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad Application of Statistical Process Control (SPC) in it's Quality control. *Universidad de Oriente*. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v36n1/rtq10116.pdf>
- Herrera, J. L. (2012). Productividad. *Palibrio*.
- Mendoza Martínez, V., & Nuño De La Parra, P. (n.d.). *El control estadístico de procesos (SPC): aplicaciones y beneficios en la industria*.
- Muñoz Choque, A. M. (2021). ESTUDIO DE TIEMPOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD. *Revista Enfoques*, 5(17), 40–54. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i17.104>
- Navarro Navarro, C., Gutiérrez, A., Sarmiento, E., & Troncoso Palacio, A. (2020). Capacidad de Proceso: Una herramienta de decisión Empresarial en el armado de vallas metálicas. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 2(1). <https://doi.org/10.17981/bilo.2.1.2020.9>
- Ormaza Mariela. (2017). “La calidad del proceso productivo y la aplicación del control estadístico en el sector de la confección textil.” *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*.
- Pardo Morales Yineth. (2019). Aplicación del control estadístico de procesos para la mejora en el desempeño de las tres líneas de producción en una industria química. In *Universidad Libre Colombia*.
- Pascal, O., Pelayo, M., Serra, D., & Casalins, M. (2010). Introducción a la Ingeniería de la Calidad. In *Universidad Nacional de Lomas de Zamora*.
- Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Franco, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. *Política y Cultura*,

Otoño 2009, Núm. 32, Pp. 151-169, Núm 32, 151–169.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n32/n32a9.pdf>

SACMI, & ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CERAMICOS.
(2004). *Tecnología cerámica aplicada Volumen II Obra editada con la colaboración de: fundación Caja Castellón: Vol. SACMI, VOLUMEN II* (S. A. SACMI IBERICA & ATC - Asociación Española de Técnicos Cerámicos, Eds.; 2004th ed.). www.sacmiiberica.com

Valdivieso Ernesto, C. M. (2020). MANUAL DE GESTIÓN DE CALIDAD.
ECUACERAMICA, 1–47.

ANEXOS

Anexo 1. RESUMEN ANUAL DE CERÁMICA Y PORCELANATO.

CERAMICA				META: 85 %
2022 MES	PRODUCTO INGRESADO A BODEGA PISOS m	PLAN DE PRODUCCIÓN MENSUAL m	CUMPLIMIENTO MENSUAL %	% CALIDAD
ENE	519.835,2	612.600	● 84,9 %	● 81,5 %
FEB	497.811,6	529.750	● 94,0 %	● 80,7 %
MAR	368.633,6	377.000	● 97,8 %	● 78,9 %
ABR	380.146,1	362.700	● 104,8 %	● 86,7 %
MAY	514.042,8	509.450	● 100,9 %	● 88,3 %
JUN	186.587,8	181.700	● 102,7 %	● 87,8 %
JUL	358.384,0	345.000	● 103,9 %	● 85,6 %
AGO	431.542,5	459.600	● 93,9 %	● 83,2 %
SEP	549.771,5	537.760	● 102,2 %	● 81,9 %
OCT	502.187,3	517.800	● 97,0 %	● 82,4 %
NOV	285.251,6	290.898	● 98,1 %	● 80,8 %
DIC	299.749,4	292.800	● 102,4 %	● 83,1 %
TOTAL	4.893.943,4	5.017.058	● 97,6 %	● 83,2 %

PORCELANATO				META: 85 %
2022 MES	PRODUCTO INGRESADO A BODEGA PISOS m	PLAN DE PRODUCCIÓN MENSUAL m	CUMPLIMIENTO MENSUAL %	% CALIDAD
ENE	171.889,9	125.000	● 137,5 %	● 73,6 %
FEB	171.552,9	161.000	● 106,6 %	● 73,0 %
MAR	241.662,1	273.500	● 88,4 %	● 75,8 %
ABR	206.598,3	240.000	● 86,1 %	● 70,5 %
MAY	211.115,9	220.750	● 95,6 %	● 77,4 %
JUN	149.063,0	145.000	● 102,8 %	● 70,0 %
JUL	266.837,2	296.600	● 90,0 %	● 74,3 %
AGO	179.752,7	153.000	● 117,5 %	● 82,2 %
SEP	159.804,2	159.000	● 100,5 %	● 67,2 %
OCT	200.058,5	202.000	● 99,0 %	● 56,5 %
NOV	280.240,8	269.300	● 104,1 %	● 62,3 %
DIC	298.076,4	270.200	● 110,3 %	● 75,4 %
TOTAL	2.536.651,8	2.515.350	● 100,9 %	● 71,5 %

Anexo 2. DIAGRAMA DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE BALDOSA DE PORCELANATO.

Diagrama 1 de 2.

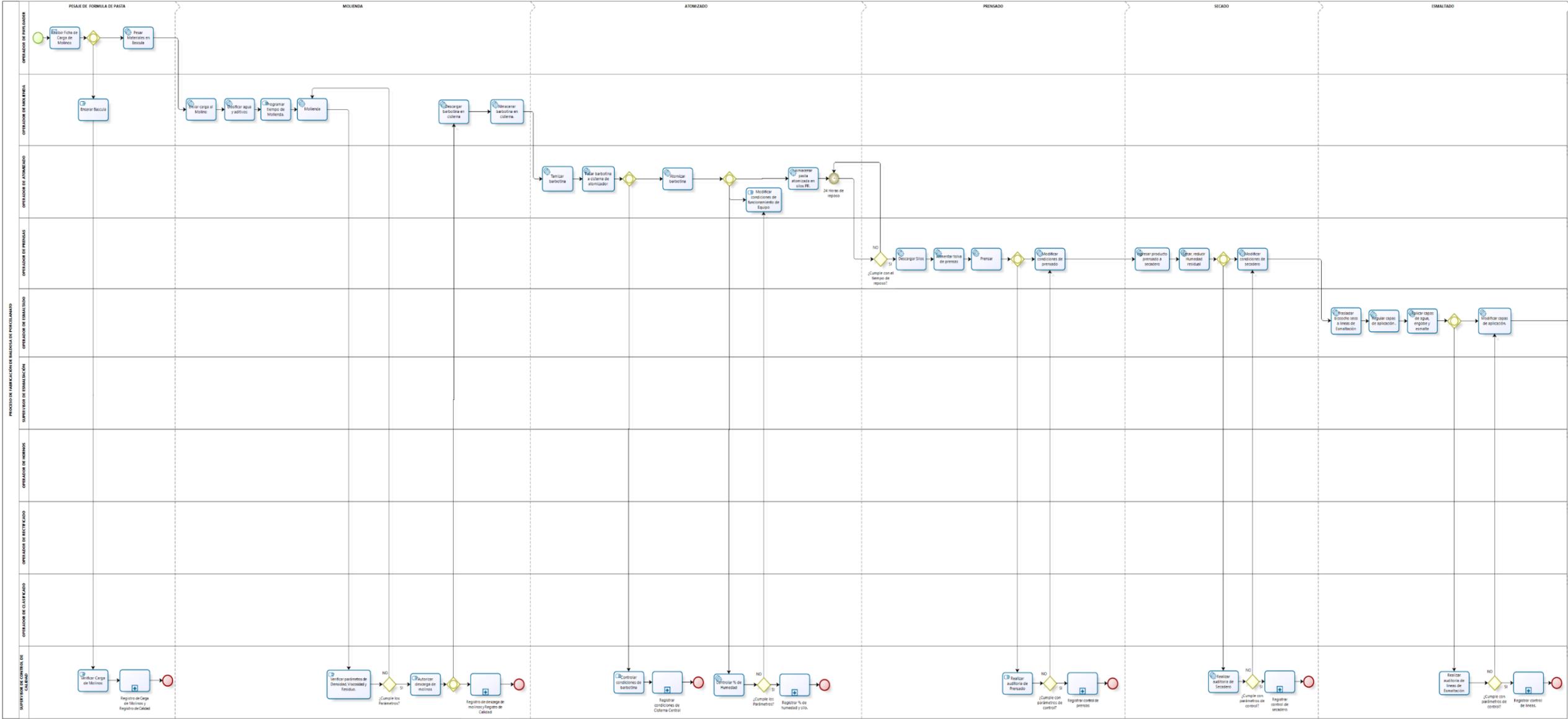
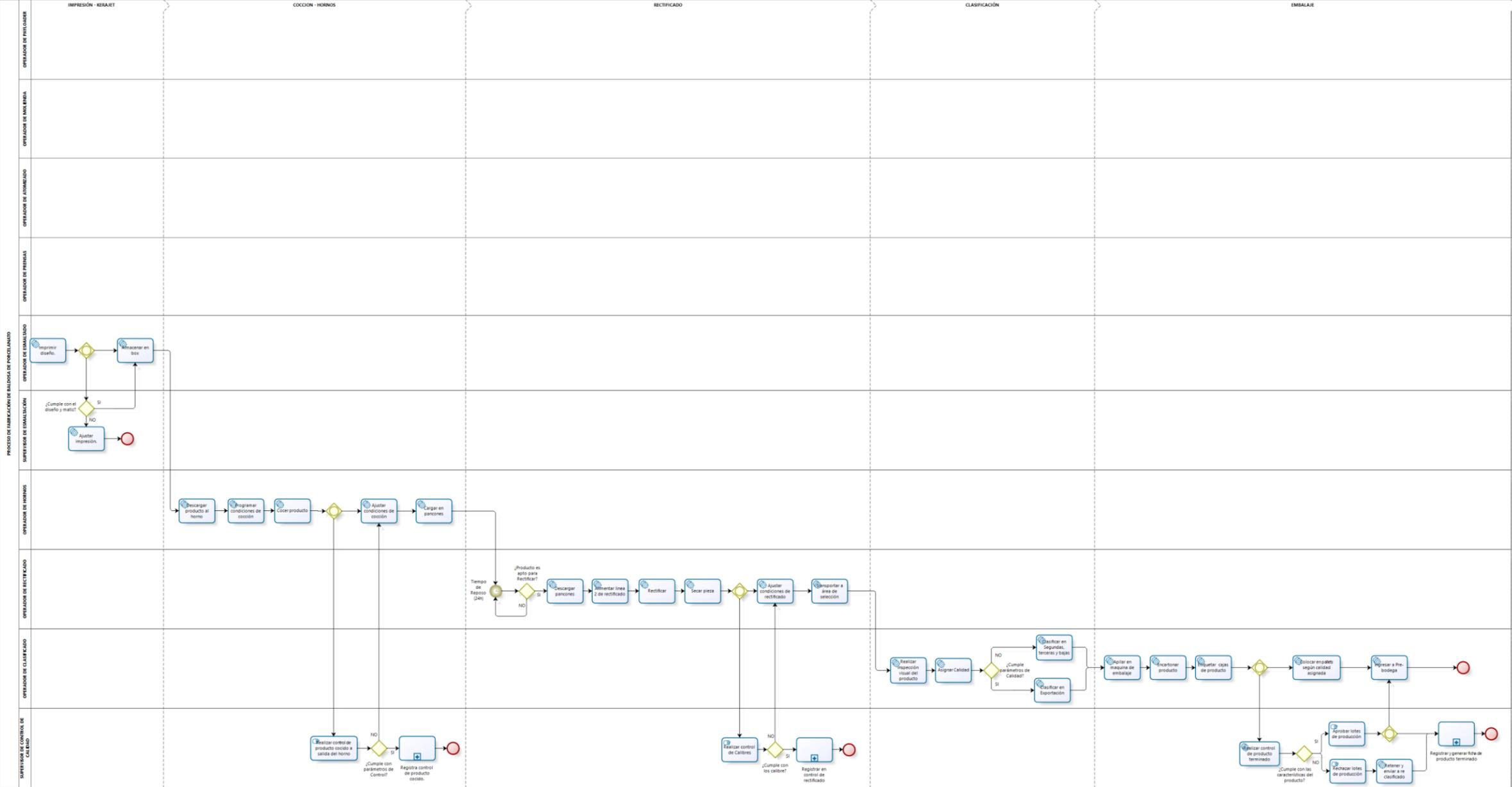


Diagrama 2 de 2.



Anexo 3. CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS DEL AÑO 2022.

MESES	MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
GRUMO	330	4,78	226	3,90	379	3,99	416	6,21	24	4,00	60	1,00	379	3,51	837	7,68	161	5,19	81	5,79	2893	4,7
CHAMOTE	214	3,10	83	1,43	99	1,04	94	1,40	19	3,17	118	1,97	226	2,09	261	2,39	49	1,58	78	5,57	1241	2,0
FISURA	200	2,90	534	9,21	438	4,61	311	4,64	22	3,67	134	2,23	281	2,60	78	0,72	90	2,90	46	3,29	2134	3,5
FALLA SERIGRAFÍA	114	1,65	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	48	0,44	0	0,00	0	0,00	162	0,3
FALLA DE VELA	24	0,35	89	1,53	0	0,00	0	0,00	21	3,50	0	0,00	0	0,00	41	0,38	0	0,00	0	0,00	175	0,3
FALLA DE KERA	95	1,38	12	0,21	12	0,13	14	0,21	0	0,00	38	0,63	21	0,19	91	0,83	3	0,10	0	0,00	286	0,5
DESPUNTADO	2879	41,72	1134	19,55	1579	16,62	734	10,96	154	25,67	2234	37,23	2155	19,95	927	8,50	240	7,74	292	20,86	12328	20,0
REESMALTE	0	0,00	0	0,00	3	0,03	2	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,0
HUECOS	0	0,00	184	3,17	0	0,00	51	0,76	0	0,00	0	0,00	377	3,49	498	4,57	99	3,19	0	0,00	1209	2,0
HOYUELOS	21	0,30	135	2,33	0	0,00	41	0,61	1	0,17	112	1,87	0	0,00	2	0,02	0	0,00	0	0,00	312	0,5
CONTAMINACIÓN	55	0,80	0	0,00	25	0,26	2	0,03	2	0,33	88	1,47	117	1,08	0	0,00	0	0,00	0	0,00	289	0,5
SUBLIMADO	10	0,14	0	0,00	67	0,71	50	0,75	0	0,00	38	0,63	23	0,21	0	0,00	0	0,00	0	0,00	188	0,3
LAMINADO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	16	0,15	0	0,00	0	0,00	16	0,0
DIF. CALIBRE	498	7,22	298	5,14	87	0,92	191	2,85	6	1,00	211	3,52	214	1,98	110	1,01	0	0,00	130	9,29	1745	2,8
PARALELISMO	422	6,12	288	4,97	335	3,53	272	4,06	71	11,83	387	6,45	1149	10,64	1053	9,66	85	2,74	554	39,57	4616	7,5
VARIACIÓN MAT	143	2,07	50	0,86	92	0,97	0	0,00	0	0,00	56	0,93	8	0,07	182	1,67	12	0,39	172	12,29	715	1,2
PLANARIDAD	2990	43,33	3446	59,41	5885	61,95	3988	59,52	211	35,17	2948	49,13	4945	45,79	5390	49,45	1976	63,74	57	4,07	31836	51,6
MAL RECTIFICA	91	1,32	0	0,00	0	0,00	68	1,01	0	0,00	122	2,03	63	0,58	208	1,91	0	0,00	0	0,00	552	0,9
PINHOOL	48	0,70	0	0,00	14	0,15	0	0,00	24	4,00	39	0,65	99	0,92	0	0,00	0	0,00	0	0,00	224	0,4
GOTA	98	1,42	0	0,00	96	1,01	116	1,73	0	0,00	55	0,92	94	0,87	195	1,79	0	0,00	0	0,00	654	1,1

Anexo 4. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE FABRICACIÓN DE LA BALDOSA DE PORCELANATO.

DETERMINACIÓN DE COSTO DE FABRICACIÓN									
MES	CANTIDAD	COS. M. PR.	COS. G.FA.	COSTO MO.	C. TOTAL	C.MP	C.G.FA.	C.MO	C. U.
MARZO	118386,24	616411,54	117270,52	11846,92	745528,98	5,21	0,99	0,10	6,30
ABRIL	97896,30	603210,42	116700,60	14406,66	734317,68	6,16	1,19	0,15	7,50
MAYO	160346,88	978052,22	162199,11	15178,47	1155429,79	6,10	1,01	0,09	7,21
JUNIO	108075,38	640947,35	132514,27	9777,86	783239,48	5,93	1,23	0,09	7,25
JULIO	10022,97	56900,45	8232,77	892,49	66025,71	5,68	0,82	0,09	6,59
AGOSTO	94888,08	808459,58	86084,16	13758,34	908302,08	8,52	0,91	0,14	9,57
SEPTIEMBRE	159804,22	1300213,45	126084,14	13758,34	1440055,93	8,14	0,79	0,09	9,01
OCTUBRE	149584,32	1070043,58	172947,70	15169,77	1258161,06	7,15	1,16	0,10	8,41
NOVIEMBRE	34359,00	201182,11	20589,31	3433,25	225204,66	5,86	0,60	0,10	6,55
DICIEMBRE	19882,08	135442,40	13359,16	2754,44	151556,00	6,81	0,67	0,14	7,62
TOTAL	953245,47	6410863,10	955981,74	100976,55	7467821,40	6,73	1,00	0,11	7,83

Anexo 5. REGISTRO DE CONTROL DE PRODUCTO DEL FORMATO 60X120 DE PORCELANATO.

FORMATO 60X120							
NORMAS DE PLANARIDAD A LA SALIDA DEL 3200							
FECHA:	Lunes, 16 de enero de 2023				ccx	ccy	ccz
TURNO:	RESPONSABLES			SATINADO	4	7	18
I	A. MOYANO / A. CERON			BRILLANTE			22
II	MONICA C / SANTIAGO S			AIRLESS(GRANITO)	4	7	18
	TEMPERATURA DE QUEMA (°C)			CALIBRE (mm)			
I	1162/1168			MINIMO	608		
II				MAXIMO	611		
	CICLO [minutos]			PRESIÓN ESPECIFICA			
I	57			373			
II							

CALIBRES A LA SALIDA DEL 3200 (NORMA: MIN=605 MAX=608)								
HORA	IZQUIERDA				DERECHA			
	L1	L2	A1	A2	L1	L2	A1	A2
7:00	1213,0	1212,6	611,0	611,0	1212,3	1212,3	610,3	610,6
13:00	1217,6	1217,6	612,9	613,1	1217,7	1217,3	612,6	613,3
19:00	1212,3	1212,3	610,0	610,2	1212,0	1212,3	610,0	610,0
1:00	1214,1	1214,2	611,0	610,3	1214,0	1214,0	610,7	610,3
PROMEDIO	1214,3	1214,2	611,2	611,2	1214,1	1214,0	610,9	611,2
Dev. Estandar	2,3	2,4	1,2	1,3	2,6	2,3	1,2	1,6
PROMEDIO TURNO	1214,26		611,21		1214,04		610,60	
Promedio Turno Desv.	2,34		1,26		2,44		1,38	
	I TURNO:							
	II TURNO:							

HORA	Carga de Rotura (kgf)		Esfuerzo de rotura (N)		Espesor Mínimo (mm)		NORMA (MIN=30 N/mm ²) Módulo de rotura (N/mm ²)		NORMA [0,5 AL 3%] Absorción Al Vacío (%)				Peso (g)	
	I	D	I	D	I	D	I	D	I _{EXTREMO}	I _{MEDIO}	D _{MEDIO}	D _{EXTREMO}	I	D
	7:00	239,8	248,9	2419,7	2320,4	9,4	9,3	41,1	40,2	3,00	3,19	3,22	3,04	15925,0
13:00	250,7	255,4	2327,2	2372,3	9,4	9,4	39,5	40,3	3,18	3,36	3,46	3,20	16040,0	16015,0
19:00	243,0	226,4	2266,9	2111,7	9,2	9,2	40,2	37,4	3,31	3,39	3,45	3,27	15965,0	15940,0
1:00	246,2	246,3	2292,3	2294,9	9,2	9,3	40,6	39,8	2,24	2,64	2,63	2,57	15933,0	15945,0
PROMEDIO	249,9	244,3	2326,5	2274,8	9,3	9,3	40,3	39,4	2,93	3,14	3,19	3,02	15966,3	15955,0
Desv Stan	7,3	12,5	66,9	113,4	0,1	0,1	0,7	1,4	0,5	0,3	0,4	0,3	52,0	41,4
PROMEDIO TURNO	247,1		2300,7		9,3		39,9		3,1				15960,6	
OBSERVACIONES	I TURNO:													
	II TURNO:													

HORA	PLANARIDAD												OBSERVACIONES				
	IZQUIERDA						DERECHA										
	CCX1	CCX2	CCY1	CCY2	CVX1	CVX2	CVY1	CVY2	CCX1	CCX2	CCY1	CCY2	CVX1	CVX2	CVY1	CVY2	
7:00	13	8	26	28	0	0	0	0	12	16	29	35	0	0	0	0	AVEIRO CIPRES
13:00	13	8	26	24	0	0	0	0	12	17	35	34	0	0	0	0	AVEIRO CIPRES
19:00	15	11	29	33	0	0	0	0	10	12	19	27	0	0	0	0	REIN CEREZO
1:00	12	10	29	22	0	0	0	0	10	15	19	22	0	0	0	0	REIN CEREZO

Anexo 6. CONTROL DE CALIBRE A LA SALIDA DEL HORNO DE PRUEBA INDUSTRIAL.

 ECUACERAMICA Embellece lo Nuestro		CONTROL CALIBRE HORNOS																					
SUPERVISOR DEL 1ER. TURNO:		Joel Garcia				OPERADORES:		Gustavo Nuñez				GRUPO:		FECHA:									
SUPERVISOR DEL 2DO. TURNO:		Freddy Totay				OPERADORES:		Estefany Jajca				GRUPO:		16/05/2023									
CANAL _____		CANAL _____		CANAL _____		CANAL _____		CANAL _____		CANAL _____		CANAL _____		CANAL _____									
P1		P3		D		I																	
P4												I		D									
HORA:	OBSERVACIONES:	E	P1	P2	P3	P4	E	P1	P2	P3	P4	E	P1	P2	P3	P4	E	P1	P2	P3	P4		
7:30			HORNO					SIN CARGA															
8:30																							
9:30																							
10:30	Sale Carga (10:00am) Homo White →		1210	1211	609	610		1211	1210	610	609		11:00 →		1211	1212	611	610		1210	1210	610	611
11:30	CC		1212	1211	612	611		1213	1213	612	610		12:00 →		1213	1213	610	611		1214	1213	613	611
12:30	CC		1210	1210	610	609		1211	1211	611	609		13:00 →		1212	1211	610	611		1211	1211	610	610
13:30	CC		1213	1212	611	610		1211	1212	610	610		14:00 →		1214	1214	610	612		1212	1212	610	610
14:30	Homo white 53min 1177/1160°C		1214	1214	610	610		1214	1214	612	610		15:00 →		1212	1212	610	611		1214	1214	611	612
15:30																							
16:30																							
17:30	'' '' ''		1210	1210	609	610		1211	1211	610	609												
18:30																							
19:30	CC		1211	1210	609	609		1211	1210	609	610												
20:30	'' '' ''		1209	1209	609	609		1210	1210	608	609												
21:30	'' '' ''		1208	1209	608	608		1209	1209	609	608												
22:30																							
23:30			1208	1207	609	608		1208	1208	609	609												
0:30																							
1:30	CC		1207	1210	602	609		1211	1211	609	610												
2:30			1210	1209	610	609		1211	1211	610	609												
3:30			1209	1209	609	610		1210	1210	610	609												
4:30			1207	1209	609	608		1208	1208	609	608												
5:30																							

Anexo 7. FORMATO DE REPORTE DE CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO TERMINANDO.

ecucerámica
CERÁMICAS Y PORCELANAS

PRODUCTO TERMINANDO

VIGENCIA: 2018-06-15

PLANTA: Piso LINEA: # 4 TURNO: 1er turno FORMATO: 60x120 FECHA: 2023/05/17

OP. HORNO: E. ROMERO SUP. LINEA: H. ROMERO SUPERVISOR: J. NOVA FIRMA: [Signature]

PRODUCTO	TOTAL	PRIMERA (EP)		SEGUNDA (STD)		TERCERAS		BAJAS		% DEFECTOS - SEGUNDA (STD)																										
		m ²	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	GRUNO	CHAMOTE	FIGURA	FALLA SERIGRAFICA	FALLA DE VELA	FALLA KERAJET	DESPOINTADO	DESPOSTILLADO	REESMALTE	HUECOS	HOTUELOS	CONTAMINACIÓN	SUBIMADO	LAMINADO	DIF. DE CALIBRE	PARALELISMO	SC	CCY	CCD	SD	PLANAR					
<u>PISO BEIGE</u> <u>PI</u>	<u>680.32</u>	<u>580.255</u>	<u>85.3%</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>10</u>	<u>15%</u>																											
<u>HUGO WHITE</u> <u>II</u>	<u>731.2</u>	<u>345.647</u>	<u>47.3%</u>	<u>230.431</u>	<u>31.5%</u>	<u>115.2</u>	<u>16%</u>	<u>40</u>	<u>6%</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>20</u>	<u>12</u>	<u>4</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>15</u>	<u>-</u>	<u>52</u>		
<u>ACABADO VISUAL</u> <u>ACABADO DIMENSIONAL</u>	<u>100%</u> <u>17</u>	<u>86%</u>	<u>11%</u>	<u>3%</u>																																
<u>ACABADO FIN TURNO</u> <u>HUGO WHITE</u> <u>II</u>	<u>1411.52</u>	<u>975.9266</u>	<u>69.2%</u>	<u>230.4</u>	<u>16%</u>	<u>115.2</u>	<u>8%</u>	<u>50</u>	<u>10%</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>20</u>	<u>12</u>	<u>4</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>15</u>	<u>-</u>	<u>52</u>		
<u>II</u> <u>50</u>	<u>247.68</u> <u>1267.2</u>	<u>1267.2</u>	<u>51.2%</u>	<u>731.52</u>	<u>30%</u>	<u>115.2</u>	<u>5%</u>	<u>60</u>	<u>2%</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>6</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>80</u>	
<u>TOTAL</u>	<u>2421.6</u>	<u>1514.8863</u>	<u>62.5%</u>	<u>731.52</u>	<u>30%</u>	<u>115.2</u>	<u>5%</u>	<u>60</u>	<u>2%</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>		
<u>CALIDAD VISUAL</u> <u>CALIDAD DIMENSIONAL</u>	<u>100%</u> <u>25.9</u>	<u>-</u>	<u>92%</u>	<u>-</u>	<u>7%</u>	<u>-</u>	<u>1%</u>	<u>-</u>	<u>-</u>																											
<u>CALIDAD TOTAL DID</u>	<u>3743.12</u>	<u>2440.865</u>	<u>65.2%</u>	<u>961.9226</u>	<u>230.4</u>	<u>6</u>	<u>110</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	<u>16</u>	<u>23</u>	<u>20</u>	<u>-</u>	<u>-</u>		

OBSERVACIONES: BAJAS PABOFLOOR 30m²
BAJAS 25m²
BAJAS 10m²



PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Ing. Franklin Carrillo	Ing. Marcelo Carrera Ing. Mayra Hernández	Ing. Xavier Perugachi Ing. Gustavo Vallejo
Asistente de Investigación y Desarrollo	Jefe de Normalización y Ambiente - Jefe de Calidad	Jefe de Planta
Fecha de Aprobación:	2023-05-31	

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

CONTENIDO

- 1. OBJETIVO**
- 2. ALCANCE**
- 3. DEFINICIONES**
- 4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD**
- 5. IDENTIFICACIÓN**
- 6. REFERENCIAS**
- 7. PROCEDIMIENTO**
- 8. CONTROL DE CAMBIOS**
- 9. ANEXOS**

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

1. OBJETIVO

Establecer lineamientos para elaborar un control estadístico de procesos para la variable de longitud de largo y ancho de la baldosa de porcelanato del formato 60x120P, con la ayuda de cartas de control e indicadores CEP.

2. ALCANCE

Desde la recolección de datos de la salida de producto cocido del Horno 3200, línea 4 de porcelanato hasta la elaboración de cartas de control X-R, e indicadores CEP a evaluar por semana de producción.

3. DEFINICIONES

Control estadístico de procesos:

Es la rama de la calidad que consiste en la colecta, análisis e interpretación de datos, establecimiento de calidades, comparación de desempeños, verificación de desvíos, todo eso para su utilización en las actividades de mejoría y control de calidad de productos, servicios y diagnóstico de defectos.

Variabilidad

La variabilidad es definida como un fenómeno común en los temas provenientes de un proceso industrial. Ocurre tanto en indicadores de desempeño de operaciones del proceso, como en su rendimiento, en los indicadores de calidad de los productos producidos, estando el proceso bajo control.

Gráficos de control

Un gráfico de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de los cuales se localiza abajo y el otro arriba de la línea central y valores característicos marcados en el gráfico representando el estado de un proceso, los gráficos de control pueden clasificarse en dos tipos generales: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. En el gráfico de control por variables es posible medir la característica de calidad objeto de estudio y expresarla como un número.

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

Capacidad del proceso

La Capacidad de Proceso compara la salida de un proceso bajo control estadístico respecto de los límites de especificación de este, esta comparación se realiza mediante un coeficiente (C_p) que establece un cociente entre la diferencia de los límites de especificación del proceso (IT) respecto de 6 unidades de desviaciones estándar (6σ) del proceso en cuestión (D0).

4. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

La responsabilidad de elaborar y modificar este procedimiento estará a cargo del jefe del departamento de Aseguramiento de Calidad Pisos, la revisión y aprobación final la realizará el jefe de Producción. Los responsables de hacer cumplir el procedimiento son el personal operativo y los auditores de control de calidad. La autoridad para verificar el cumplimiento es el departamento de Aseguramiento de Calidad y jefe de Producción.

La modificación de este procedimiento se realizará de acuerdo con lo establecido en el procedimiento control de documentos.

5. IDENTIFICACIÓN

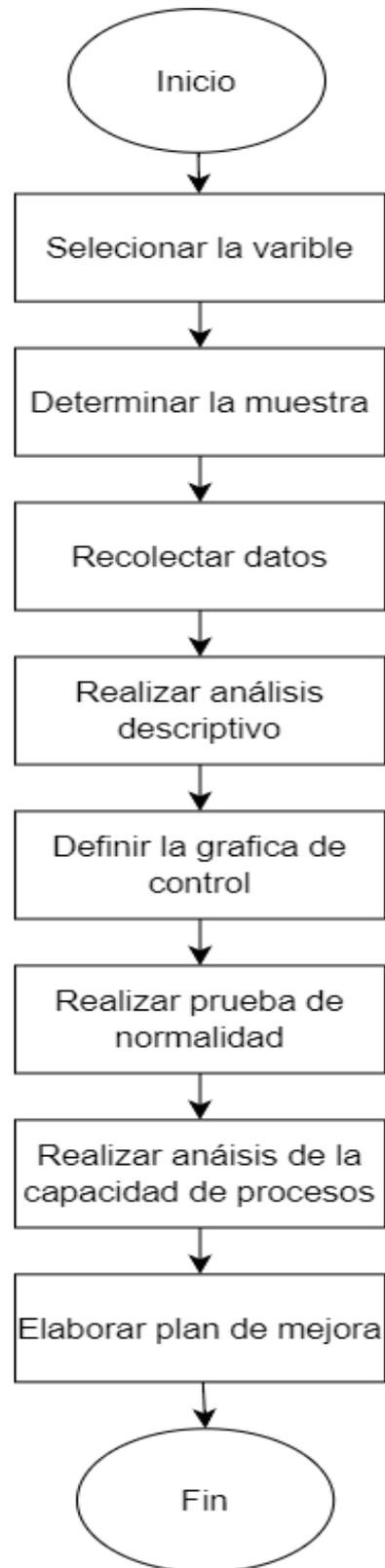
El presente documento se identifica con el código EC.JP.P02, y se denomina “PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS”.

6. REFERENCIAS

Norma ISO 9001:2015

7. PROCEDIMIENTO

El presente procedimiento permitirá un manejo adecuado de datos de la producción de baldosa de porcelanato en el formato 60X120P, mediante la aplicación de la metodología de Control Estadístico de Procesos, con la finalidad de aumentar la productividad en la línea 4 de baldosa de porcelanato.



	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

7.1.MUESTREO DE UNIDADES

El muestreo de unidades se realizará en los horarios establecidos por el departamento de Aseguramiento de Calidad (01:00 am, 07:00 am; 13:00 pm y 19:00 pm), consistiendo en tomar dos unidades (1 Fila del horno) de manera aleatoria a la salida del horno 3200.

7.2.MEDICIÓN

El supervisor de calidad será el encargado verificar que el equipo de medición se encuentre previamente calibrados al iniciar su auditoria de control, que se lo realizará de siguiente manera:

Tomará las muestras y realizará la medición de la longitud de lado largo y lado ancho; manteniendo orden asegurando la precisión en la toma de datos.

7.3.MANEJO DE DATOS

Para el manejo de datos se utilizará el programa estadístico de Minitab, por lo cual el ingreso de las mediciones obtenidas se las realizará de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla en Minitab

↓	C1-D	C2-D	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	FECHA	HORA	L1 IZQ	L2 IZD	L1 DER	L2 DER	A1 IZQ	A2 IZQ	A1 DER	A2 DER
1	26-4-2023	7:00	1219,6	1219,4	1219,4	1219,4	616,2	617,9	613,4	616,3
2										
3										

1. Elaboración de base de datos:

Se realizará una vez por semana para identificar si el proceso se encuentra bajo control estadístico y poder realizar el seguimiento mediante las gráficas de control X-R. y análisis de capacidad.

Una vez obtenido la base de datos de los siete días se realizarán los siguientes pasos para la elaboración de la gráfica de control X-R, para las variables analizadas (Largo y Ancho).

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

↓	C1-D	C2-D	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	FECHA	HORA	L1 IZQ	L2 IZD	L1 DER	L2 DER	A1 IZQ	A2 IZQ	A1 DER	A2 DER
1	24-4-2023	1:00	1219,6	1219,4	1219,4	1219,4	616,2	617,9	613,4	616,3
2	24-4-2023	7:00	1215,4	1214,0	1215,0	1214,0	611,0	611,0	612,0	612,0
3	24-4-2023	13:00	1216,1	1216,1	1215,6	1216,1	613,5	612,6	612,6	612,7
4	24-4-2023	19:00	1214,8	1214,6	1215,1	1214,5	612,1	611,7	611,9	611,8
5	25-4-2023	1:00	1215,0	1215,0	1215,0	1216,0	611,0	611,0	612,0	612,0
6	25-4-2023	7:00	1214,0	1215,0	1215,0	1214,0	611,0	611,0	611,0	612,0
7	25-4-2023	13:00	1217,4	1217,6	1217,3	1217,5	614,5	613,7	613,5	613,2
8	25-4-2023	19:00	1216,8	1216,1	1216,0	1215,8	613,1	612,8	612,8	612,2
9	26-4-2023	1:00	1212,0	1212,0	1212,0	1213,0	612,0	612,0	612,0	611,0
10	26-4-2023	7:00	1211,0	1212,0	1212,0	1212,0	611,0	612,0	613,0	612,0
11	26-4-2023	13:00	1213,8	1213,8	1212,7	1212,5	614,1	611,5	610,4	611,1
12	26-4-2023	19:00	1212,4	1211,8	1210,3	1210,7	610,3	610,6	610,1	609,6
13	27-4-2023	1:00	1214,2	1214,8	1213,5	1214,4	611,9	611,7	612,6	611,9
14	27-4-2023	7:00	1216,9	1217,1	1216,5	1216,8	613,7	613,9	612,9	612,5
15	27-4-2023	13:00	1217,9	1217,6	1216,4	1215,9	612,9	613,4	612,7	612,5
16	27-4-2023	19:00	1210,2	1210,4	1209,1	1208,7	609,4	609,4	609,2	608,6
17	28-4-2023	1:00	1216,7	1216,8	1215,1	1215,3	613,0	612,7	612,9	612,2
18	28-4-2023	7:00	1212,3	1213,0	1211,1	1211,2	610,4	610,9	610,3	610,1
19	28-4-2023	13:00	1213,0	1213,5	1212,3	1213,1	611,7	610,9	611,9	610,6
20	28-4-2023	19:00	1217,2	1217,1	1216,6	1216,7	613,3	613,1	612,8	612,4
21	29-4-2023	1:00	1212,6	1212,4	1211,1	1211,2	610,4	610,9	610,1	610,3
22	29-4-2023	7:00	1215,7	1215,6	1214,3	1214,5	612,3	612,5	611,8	612,0
23	29-4-2023	13:00	1214,0	1215,0	1214,0	1213,0	612,0	611,0	610,0	610,0
24	29-4-2023	19:00	1210,0	1210,0	1209,0	1209,0	608,0	607,0	609,0	608,0
25	30-4-2023	1:00	1211,2	1211,0	1209,8	1209,8	610,2	609,8	609,5	609,9
26	30-4-2023	7:00	1212,3	1213,3	1212,9	1212,9	610,5	610,7	611,3	610,5
27	30-4-2023	13:00	1211,0	1211,0	1212,0	1212,0	609,0	610,0	610,0	610,0
28	30-4-2023	19:00	1211,0	1211,0	1211,0	1212,0	610,0	611,0	610,0	610,0

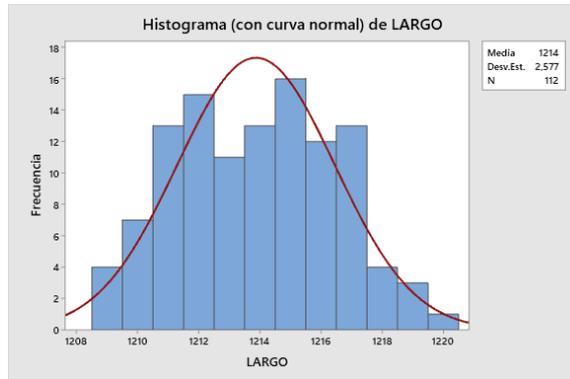
2. Cálculo de Estadísticos descriptivos:

La estadística descriptiva nos permitirá observar el comportamiento de la producción durante una semana, obteniendo la desviación estándar la cual mide la dispersión de los datos en relación con su media.

Longitud de Lado Largo:

Estadísticas

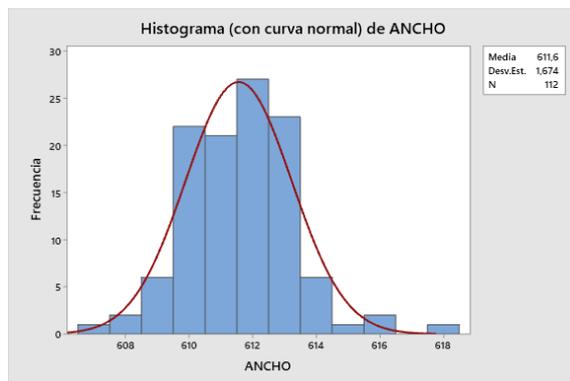
Variable	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
LARGO	1213,9	2,58	0,21	1208,7	1214,0	1219,6



Longitud de lado Ancho:

Estadísticas

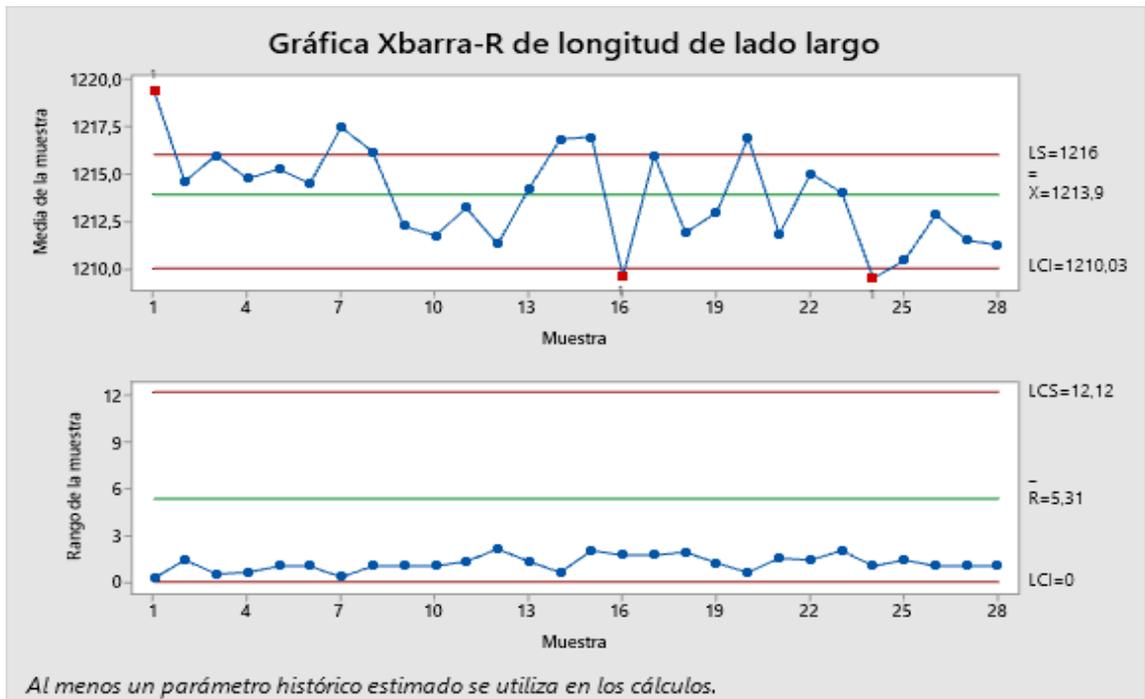
Variable	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
ANCHO	611,56	1,67	0,27	607,00	611,75	617,90



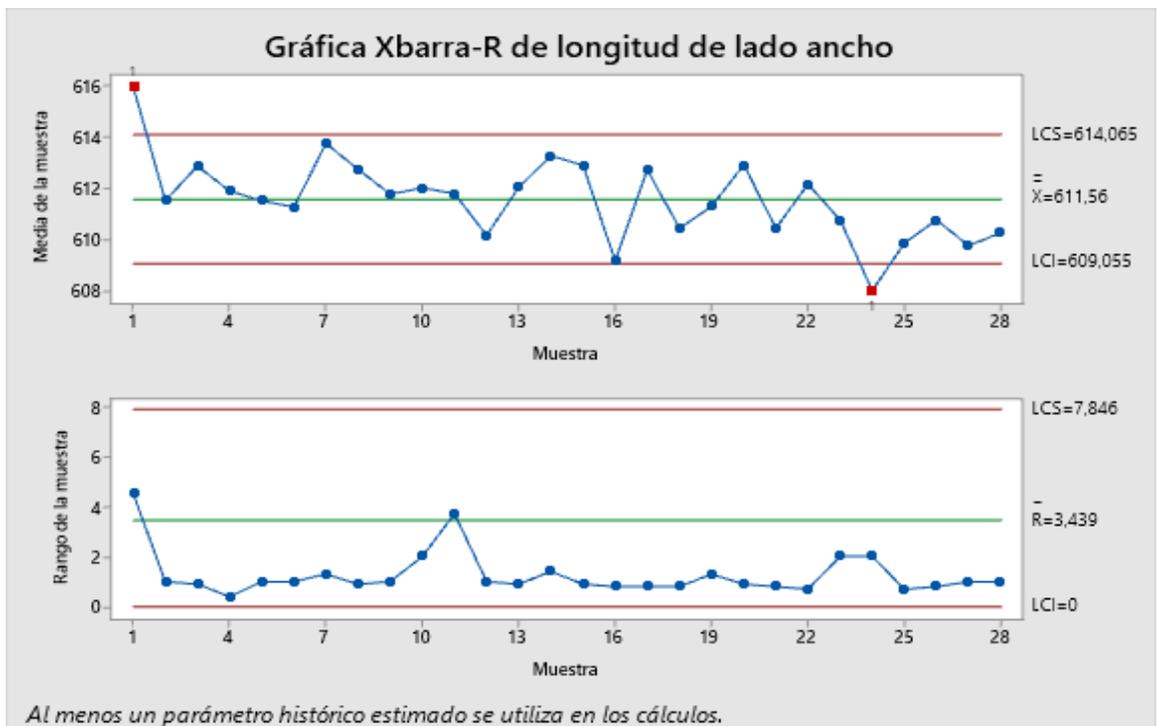
2. Elaboración de gráficas de control X-R

Esta gráfica de control X-R, nos permite identificar si existen datos fuera de límites de control superior e inferior. Mediante el uso de la media y la desviación estándar del grupo de datos a analizar.

Longitud de Lado Largo:



Longitud de Lado Ancho:



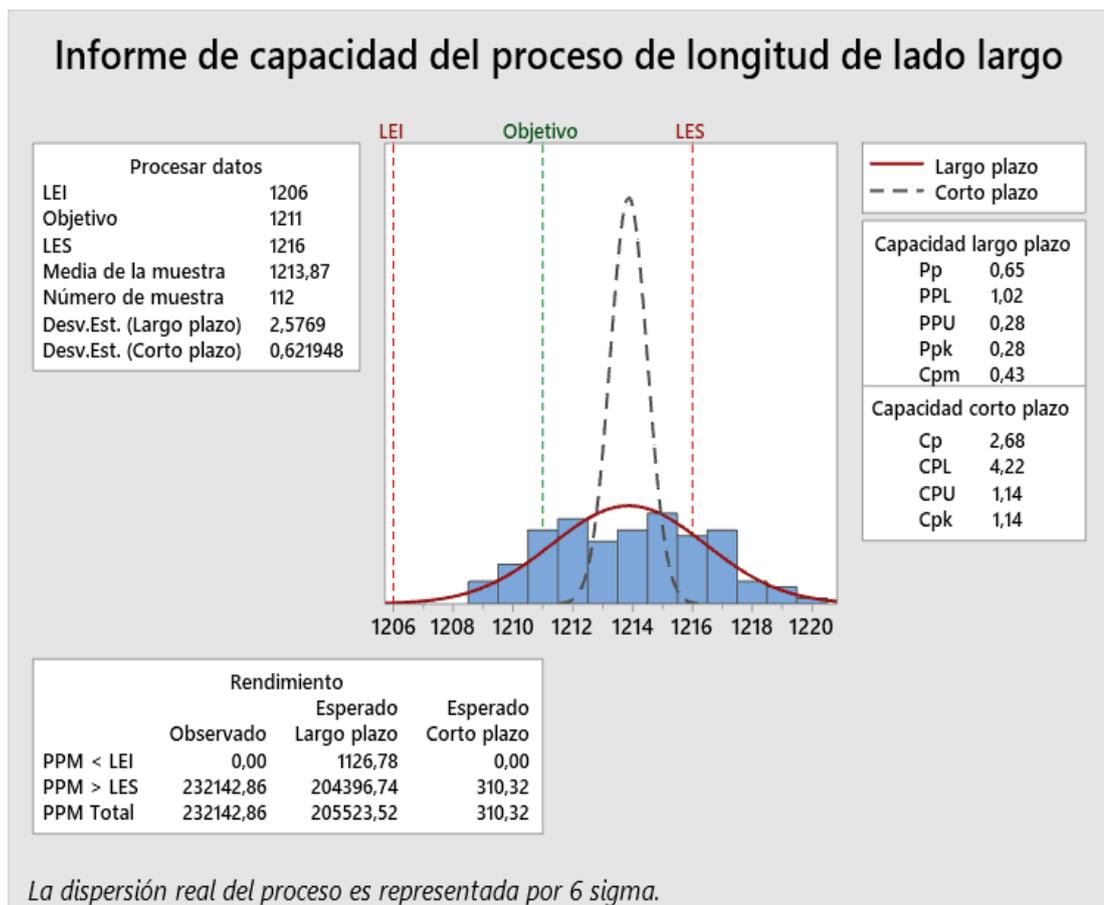
3. Cálculo de indicadores de Capacidad de Procesos.

Para el análisis de capacidad de procesos se utilizarán los parámetros obtenidos en la producción de un año, en la cual se tienen los siguientes límites:

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

Longitud de Lado Largo:

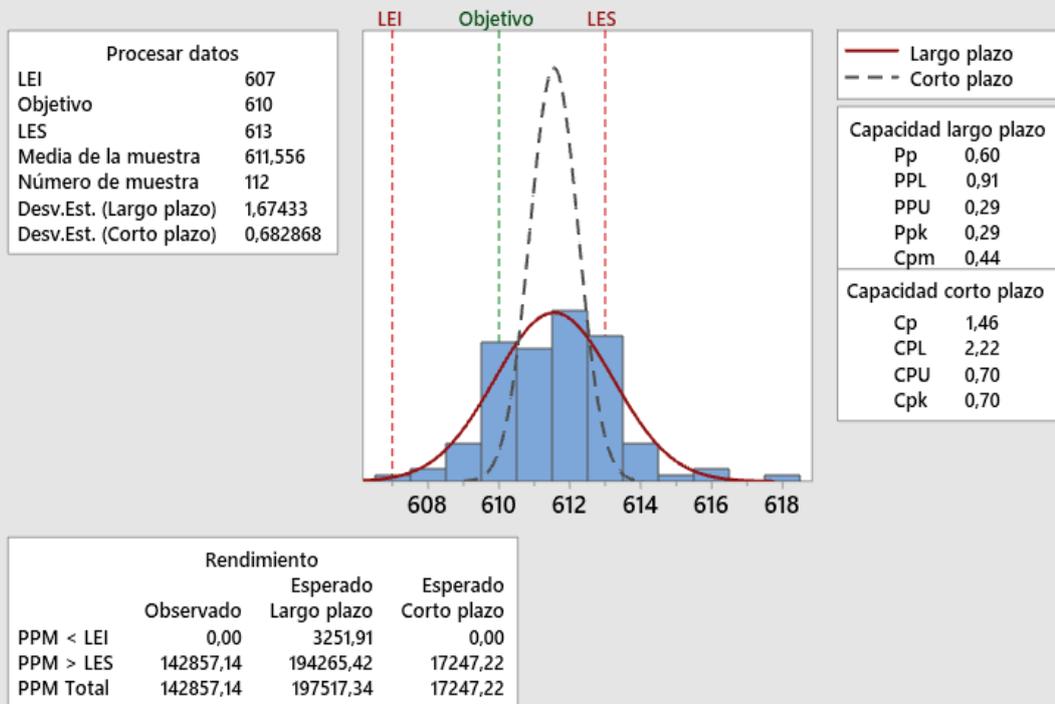
- Especificación inferior 1206 mm (Limite de Control Inferior)
- Especificación superior 1216 mm (Limite de Control Superior)
- Valor objetivo o especificación central de 1211 mm (Limite Central).



Longitud de Lado Ancho:

- Especificación inferior 607 mm (Limite de Control Inferior)
- Especificación superior 610 mm (Limite de Control Superior)
- Valor objetivo o especificación central de 613 mm (Limite Central).

Informe de capacidad del proceso de longitud de lado ancho



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

7.4. ANALISIS DE DATOS

Para la interpretación de datos obtenidos, es necesario realizar una comparación de los indicadores y analizar las condiciones del proceso, mediante la aplicación de la siguiente tabla:

No.	Nombre del Índice	Interpretación
1	Capacidad potencial del proceso C_p	<ul style="list-style-type: none"> $C_p \geq 2$, Se tiene calidad seis sigmas. $C_p > 1.33$, Adecuado. $1 < C_p < 1.33$, Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto. $0.67 < C_p < 1$, No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

		<p>$C_p < 0.67$, No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy seri</p>
2	Capacidad potencial inverso C_r	<ul style="list-style-type: none"> El índice C_r es el inverso del C_p, compara la variación real frente a la variación tolerada.
3	Índice de capacidad real del proceso C_{pk}	<ul style="list-style-type: none"> El índice C_{pk} siempre va a ser menor o igual que el índice C_p. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares. Si el valor del índice C_{pk} es mucho más pequeño que el C_p, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. El valor del índice C_{pk} sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que $C_{pk} > 1.45$. Es posible tener valores del índice C_{pk} iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.
4	Índice de centrado del proceso K	<ul style="list-style-type: none"> Si el signo del valor de K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal y será negativo cuando $\mu < N$ Valores de K menores a 20% en términos absolutos se consideran aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo cual contribuye de manera

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

		<p>significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones sea baja</p> <ul style="list-style-type: none"> El valor nominal, N, es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación con respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. Por ello, cuando un proceso esté descentrado de manera significativa se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo, lo que por lo regular es más fácil que disminuir la variabilidad.
5	Índice de Taguchi C_{pm}	<ul style="list-style-type: none"> Cuando el índice C_{pm} es menor que uno significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad. Cuando el índice C_{pm} es mayor que uno, eso quiere decir que el proceso cumple con especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones. Si C_{pm} es mayor que 1.33, entonces el proceso cumple con especificaciones

Interpretación de datos:

Variable	Indicador	Valor	Interpretación
Longitud	Capacidad potencial del proceso C_p	2,68	$C_p \geq 2$, Se tiene calidad seis sigmas.
	Índice de capacidad real del proceso C_{pk}	1,14	Si el valor del índice C_{pk} es mucho más pequeño que el C_p , significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.

	PROCEDIMIENTO PARA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	Código:	EC.JP.P02
		Versión:	00
		Vigencia:	2023/05/31
		Página:	Página de 14

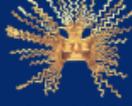
	Índice de Taguchi Cpm	0,43	Cuando el índice Cpm es menor que uno significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad.
Ancho	Capacidad potencial del proceso Cp	1,46	Cp > 1.33, Adecuado.
	Índice de capacidad real del proceso Cpk	0,7	Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.
	Índice de Taguchi Cpm	0,44	Cuando el índice Cpm es menor que uno significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad.

8. CONTROL DE CAMBIOS

N° Edición	Descripción	Responsable	Fecha

9. ANEXOS

Anexo 9. TASAS DE INTERÉS ACTIVA REFERENCIALES.

TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES Porcentajes		 Banco Central del Ecuador
Agosto 2023		
Cumpliendo las funciones establecidas en el Artículo 36, numeral 8 del Código Orgánico y Financiero; el BCE realiza el "Monitoreo de las tasas de interés con fines estadísticos". El establecimiento del sistema de tasas de interés para las operaciones activas y pasivas del sistema financiero nacional y las demás tasas de interés requeridas por la ley corresponden a la Junta de Política y Regulación Financiera, conforme lo indica el mismo COMF en el artículo 14.1		
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO		
Tasas de Interés Activas Referenciales¹		
Segmentos de Crédito²	% anual	
Productivo Corporativo	9,29	
Productivo Empresarial	10,06	
Productivo PYMES	10,82	
Consumo	16,18	
Educativo	8,58	
Educativo Social	5,49	
Vivienda de Interés Público	4,98	
Vivienda de Interés Social	4,98	
Inmobiliario	9,63	
Microcrédito Minorista	20,05	
Microcrédito de Acumulación Simple	20,45	
Microcrédito de Acumulación Ampliada	19,52	
Inversión Pública	8,34	
DEFINICIONES: Tasa de Interés Activa Efectiva Referencial por Segmento (TAR), para cada uno de los segmentos de la cartera de crédito, corresponden al promedio ponderado por monto de las tasas de interés efectivas pactadas en las operaciones de crédito concedidas por las entidades financieras. Mayor información, dirijase a: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Met_TasasReferenciales.pdf		