

Design of the Quality Management System to reduce costs in the company Cementos Pacasmayo S.A.A. Trujillo, 2022

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Bryan Alexander Lara-Guerra, estudiante Ingeniería Industrial¹, Cristina Azucena Sotomayor-Montenegro, estudiante Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, brallagu@gmail.com, cristinaazucena8@hotmail.com

Abstract– The objective of this research work was to implement the design of quality management to reduce the costs of the company Cementos Pacasmayo S.A.A., for which the problems identified by the Ishikawa diagram were diagnosed, among which are: Lack of production control, inputs and outputs, high raw material supply times, lack of inspection and maintenance, lack of training of production personnel. Quality tools such as the DMAIC Six Sigma methodology, the quality house (QFD), the FMEA matrix and the training plan in the production area were studied, which were considered as the improvement proposal to be implemented in this research. As a result, the company Cementos Pacasmayo S.A.A. obtained a cost reduction from an initial value of S/9,285,856.14 nuevos soles to S/3,244,820.00 nuevos soles, thus reaching a benefit of S/6,041,036.14 nuevos soles, which represents a reduction of 65.06%.

Key words: Quality tools, cost reduction, Six Sigma, QFD, AMFE.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.204>

ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Diseño del Sistema de Gestión De Calidad para reducir los costos en la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. Trujillo, 2022

Design of the Quality Management System to reduce costs in the company Cementos Pacasmayo S.A.A. Trujillo, 2022

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Bryan Alexander Lara-Guerra, estudiante Ingeniería Industrial¹, Cristina Azucena Sotomayor-Montenegro, estudiante Ingeniería Industrial¹,

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, brallagu@gmail.com, cristinaazucena8@hotmail.com

Resumen– El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo implementar el diseño de gestión de calidad con el fin de reducir los costos de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A., para ello se realizó el diagnóstico de los problemas identificados, mediante el uso del diagrama de Ishikawa, entre los que se encontraron: Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas, Altos tiempos de abastecimiento de la materia prima, Ausencia de inspección y mantenimiento, Falta de capacitación al personal de producción. Se realizó el estudio de las herramientas de calidad, tales como la metodología DMAIC Six Sigma, la casita de calidad (QFD), la matriz AMFE y plan de capacitación en el área de producción, estos considerados como la propuesta de mejora a implementar en la presente investigación. Como resultado se obtuvo la reducción de costos de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. pasando inicialmente de un valor de de S/9,285,856.14 nuevos soles a S/3,244,820.00 nuevos soles, así se alcanzó un beneficio de S/6,041,036.14 nuevos soles, representando una reducción de un 65.06%.

Palabras clave: Herramientas de calidad, reducir costos, Six Sigma, QFD, matriz AMFE.

Abstract– The objective of this research work was to implement the design of quality management to reduce the costs of the company Cementos Pacasmayo S.A.A., for which the problems identified by the Ishikawa diagram were diagnosed, among which are: Lack of production control, inputs and outputs, high raw material supply times, lack of inspection and maintenance, lack of training of production personnel. Quality tools such as the DMAIC Six Sigma methodology, the quality house (QFD), the FMEA matrix and the training plan in the production area were studied, which were considered as the improvement proposal to be implemented in this research. As a result, the company Cementos Pacasmayo S.A.A. obtained a cost reduction from an initial value of S/9,285,856.14 nuevos soles to S/3,244,820.00 nuevos soles, thus reaching a benefit of S/6,041,036.14 nuevos soles, which represents a reduction of 65.06%.

Key words: Quality tools, cost reduction, Six Sigma, QFD, AMFE.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las fuentes principales en el desarrollo y crecimiento económico del país, proviene del sector de la construcción y las industrias cementeras, estos juegan un rol muy importante en el factor de producción y empleo, y más aún con la reanudación de obras luego de la crisis mundial a causa de la COVID-19.

La empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. está consolidada como la segunda productora más grande del Perú, sus operaciones están concentradas principalmente en el norte del país, contando con tres plantas, una en Pacasmayo, Piura y Rioja [1]. En los últimos años la empresa presenta diversos problemas, los cuales son identificados en el presente trabajo; estos problemas generan una pérdida monetaria que, si bien pueden ser mínimas respecto a la rentabilidad, se podría reducir o eliminar, ahorrando a la empresa cifras millonarias.

El diagrama de Ishikawa es una de las herramientas fundamentales para la resolución de problemas, se estudia el problema desde su origen permitiendo identificar y clasificar sus causas [2]. La forma de realizarlo se basa en la lluvia de ideas, con ello identificar los problemas principales y cuáles son sus causas, a las causas más importantes se colocan sobre las ramas principales y de ellas se desprenden las causas secundarias [3]. El diagrama de Pareto, también como principio 80-20, separa los problemas con mayor importancia de aquellos que no la tienen, permitiendo así la priorización y el enfoque para su posterior evaluación, para la elaboración del diagrama, lo primero a realizar es la identificación de los problemas, seguido de ello, la recolección de las causas o datos de estos problemas y por último se procede a ordenarlos de mayor a menor [4].

Con lo mencionado en párrafos anteriores podemos decir que mediante la herramienta Ishikawa se pudo analizar los principales problemas que generan estos altísimos costos a la cementera Pacasmayo, los cuales son, retrasos en la producción, la inadecuada organización de inventarios, paradas imprevistas por falla de maquinaria y demoras de producción por retrabajos. Se describe también el costo por pérdidas generado por estas causas raíz; La inexistencia de un control de producción, de entradas y de salidas, ocasiona a la empresa un total de pérdidas de S/3,474,957.98 por la cantidad excesiva de cemento producido y no vendido, teniendo que ser almacenado hasta la espera de nuevos pedidos. Los altos tiempos de abastecimiento genera retrasos en el uso de la materia prima además de los tiempos improductivos, estos ocasionan pérdidas por las unidades que no son producidas,

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.204>

ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

el costo asciende a S/ 2,249,449.61. La ausencia de inspección y mantenimiento genera pérdidas por S/10,880.00, puesto que en la empresa si existe mantenimiento, pero es deficiente, lo que prolonga los días de reparación ocasionando paradas y retrasos en la producción. La Falta de capacitación al personal de producción, genera pérdidas de un total de S/3,550,568.54, esto puede deberse al desconocimiento de los operarios en la forma correcta de trabajar, mala manipulación y uso de la maquinaria ocasiona la producción de unidades fallidas.

Consideramos a la gestión de calidad como una herramienta muy importante basada en la norma ISO 9001:2015, con el principal objetivo de establecer la estandarización de procesos y la aplicación de mejora continua en la organización a la que sea implementada [5]; la norma a seguir proporciona un modelo que cumpla sus requisitos, mediante el uso de herramientas de Ingeniería que se apliquen al diseño del producto tales como la estadística descriptiva, el control estadístico de procesos, Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente [6].

La estadística descriptiva es la rama de la estadística que formula recomendaciones de como resumir, de forma clara y sencilla, los datos de una investigación en cuadros, tablas, figuras o gráficos [7]. Permite también resumir y presentar datos en tablas comparativas con los montos comprometidos, devengados, pagados y el porcentaje de ejecución [8]. Los gráficos de control, propuestos inicialmente por Walter Shewhart en 1924, se utilizan para verificar el comportamiento del proceso. Según [9] a través de los gráficos de control, es posible identificar puntos estratégicos en la línea de producción, que se destacan por cambios inusuales, y cuando son detectados, permite la comprensión de las causas especiales que involucran el proceso industrial. Por otro lado, la Matriz AMFE es una herramienta de calidad que permite determinar los posibles fallos futuros, los cuales pueden darse en las actividades frecuentes de una organización, esta tiene el fin de definir acciones que corrijan estas actividades de manera que se puedan evitar o prevenir los fallos [10].

La casita de la calidad tiene como principal objetivo mejorar la calidad y diseño de un producto o servicio, esto desde la expectativa de los clientes; evalúa también el entorno como la ventajas o desventajas de la competencia respecto a los requerimientos de los clientes, permitiendo analizar y priorizar sus necesidades [11]. [12] menciona que escuchar la voz del cliente es un punto de partida eficaz para mejorar la calidad del servicio, es por ello que se aplica la herramienta QFD que permite escuchar mejor la voz de los clientes y determinar los aspectos concretos que deben abordarse para solucionar los problemas detectados. La aplicación de la metodología Six sigma contribuye positivamente a los buenos resultados sobre el desempeño de la calidad en cualquier tipo de industria, es usado comúnmente con el objetivo de mejorar los procesos [13].

Estas herramientas de calidad fueron estudiadas y son consideradas como la propuesta de mejora a implementar en el trabajo de investigación, debido a la gran efectividad que mencionan autores de otros trabajos de investigación ya antes realizados.

Se muestran también los antecedentes más importantes vinculados al trabajo de investigación realizado. Como es el caso de [14], en su tesis titulada “Diseño de un sistema de gestión de

la calidad basado en la norma certificable ISO 9001:2015 con aplicación a la empresa BRITEL S.A.” tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de gestión de la calidad enfocado en alcanzar una gestión organizacional superior en la empresa BRITEL S.A. para que la empresa dedicada a la seguridad electrónica tenga un correcto funcionamiento operativo y esta sea capaz de identificar las fallas de la organización con respecto a sus clientes; para ello se utilizaron las herramientas de calidad, tales como Calidad Total (TQM) y Gestión por procesos, con ello le dio una visión a la empresa de como funcionar de manera ordenada, sistemática, eficiente y certificable, garantizando la reducción de costos de operación, tiempos muertos y errores continuos, elevando así sus ingresos.

[15] en su artículo de investigación titulado “Aplicación de seis sigmas integradas con AMEF y QFD en el proceso de fabricación y distribución de muebles” tuvo como objetivo principal identificar las causas de los problemas de calidad en los productos de una empresa dedicada a la fabricación de muebles, estos desde la perspectiva de sus clientes, para ello aplicaron diversas herramientas de calidad, como el uso de la metodología Six Sigma acompañado con la Matriz AMFE y el despliegue de calidad (QFD), en la etapa de medición de Six sigma se encontraron dos procesos con un rendimiento favorable del 99.94% y 99.97%, indicando 210 unidades de defectos PPM y 84 unidades de defectos PPM tras ello se identificó exitosamente cuatro etapas que afectaban la calidad de sus productos permitiendo conocer las áreas para el enfoque de un plan de acción.

[16] en su tesis “Aplicación de herramientas de calidad en una fábrica de refrigeradoras para reducir fallos en el producto final” tiene como objetivo identificar y proponer soluciones a fin de reducir los fallos en las refrigeradoras mediante el uso de herramientas de calidad. Tras el estudio a una línea de refrigeradoras, se analizan los problemas encontrados y la aplicación de herramientas de calidad a fin de reducir los costos que generan, una de las herramientas que destacó fue la Matriz AMFE, ya que con ella se pudo identificar varios factores que afectaban al producto final, finalmente se logró la reducción de un 40% respecto a los costos de garantía, esto gracias al uso de herramientas de calidad que fueron implementadas.

[17] en su trabajo de tesis titulado “Propuesta de mejora en las áreas de Calidad y Logística mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing para reducir los costos operativos en la empresa MOLINO SAMÁN S.R.L.” desarrolla el análisis de los problemas encontrados mediante la ayuda del diagrama de Ishikawa, además de determinar el grado de importancia de estos mediante el diagrama de Pareto, las actividades que no generaban valor fueron eliminadas, en consecuencia a las acciones de mejora implementadas se logró un ahorro en los costos operativos de 56 ,601.56 nuevos soles representando una mejora del 54.57% sobre los costos de la empresa.

[18] en su tesis “Propuesta de implementación de herramientas de control de calidad y estandarización de procesos para reducir costos en una empresa de derivados lácteos, Trujillo 2020” desarrollaron el diagnostico de los problemas más importantes para la implementación de herramientas de control de calidad, al hacer ello se logró una variación en los costos de la empresa de derivados lácteos de un 86.90% frente a los costos

iniciales, evidenciando el efecto positivo de la implementación con las herramientas de mejora.

Por otro lado, [19] en su proyecto de investigación titulado “Propuesta de aplicación de los principios de la Filosofía Lean en la cadena de suministros para la reducción del tiempo de abastecimiento de materia prima de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A.” tuvo como objetivo reducir los tiempos de abastecimiento de materia prima elaborando un Programa de Gestión Logística de Abastecimiento asignando la cantidad de camiones para un periodo determinado de tiempo, de manera que se reduzca la excesiva afluencia de camiones; debido a que dos de las causas que contribuyen al aumento del tiempo de abastecimiento, son la demora de entrega de análisis de muestras y la saturación de capacidad de las canchas. Desarrollado el plan, se observó que durante los 12 meses no hubo ningún día en el que pedido superará la capacidad de las canchas por lo que se puede afirmar que no hubo un solo día en el que un camión haya demorado la recepción de su pedido por estar las canchas llenas.

Finalmente [20] en su artículo de investigación “Aplicación de un programa Seis Sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones” se enfoca en la implementación de la metodología Six Sigma como una herramienta de mejora para una empresa con actividades de confección, resalta la importancia de su estudio ya que su aplicación soluciona en gran medida los problemas que afectan a los procesos, esto se ve reflejado en la disminución de variabilidad, la reducción de errores y con ello los productos no conformes, así como también en la mejora de capacidad de procesos, permitiendo llevar un correcto control estadístico.

De acuerdo con todo lo mencionado en esta etapa sobre la situación de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. se establece el problema de conocer la manera en la que el diseño de gestión de calidad reducirá los costos de la empresa.

II. METODOLOGÍA

Se presenta una metodología según su naturaleza basada en la ciencia formal y exacta, y por su tipo de diseño es diagnóstica y propositiva. En la tabla mostrada a continuación, se presentan las etapas, procedimientos y las herramientas de calidad que fueron empleadas en la investigación.

TABLA I
METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

Etapa	Técnica	Descripción
Diagnóstico	Ishikawa	Se elaboró el diagrama para identificar las causas-raíz, del problema que presenta la empresa.
	Matriz de indicadores	Se realizó un cuadro con una explicación más a detalle de las causas-raíz.
	Monetización de pérdidas	Se determinó pérdidas monetarias que genera cada causa-raíz en la investigación.
Solución propuesta	QFD	Se identificó las principales necesidades de los clientes, así como también los requerimientos técnicos.
	AMFE	Se analizó las fallas recurrentes que presenta la empresa a modo de conocer su severidad y posterior solución.
	DMAIC Six Sigma	Se utilizó herramientas estadísticas que permitieron las variables críticas, soluciones efectivas y un control de aquellas actividades.

Evaluación Económica	Flujo de caja proyectado	Se realizó el flujo de caja proyectado en los siguientes diez años.
	VAN	Se calculó el valor actual neto para verificar la viabilidad del proyecto.
	TIR	Se determinó la Tasa de Retorno Interno, el cual indica el tiempo de recuperación de la inversión.

En la etapa de diagnóstico se puede observar la herramienta Ishikawa la cual permite identificar las causas raíz de los problemas que generan altos costos en la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A., ello puede entenderse como el mal empleo de los recursos en los ámbitos de Materiales, Mediciones, Maquinaria y Mano de obra.

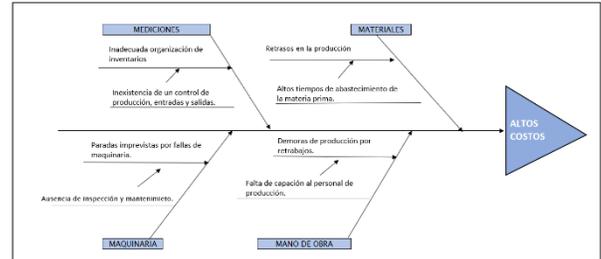


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa

Posterior a ello, se elaboró la monetización de pérdidas a cada causa raíz. Como primera causa raíz identificada se encontró la inexistencia de un control de producción de entradas y salidas, estos ocasionan el desconocimiento del estado actual del producto, extravíos en el despacho, deterioros y sobrantes que generan una pérdida de S/3,474,957.98, en su mayor parte debido a que la producción excede de gran manera al cemento vendido.

Los altos tiempos de abastecimiento generan retrasos en el uso de la materia prima, además de los tiempos improductivos, estos ocasionan pérdidas monetarias por las unidades que dejan de producirse, los costos ascienden a S/2,249,449.61. La ausencia de inspección y mantenimiento genera pérdidas por S/10,880.00, puesto que en la empresa si existe mantenimiento, pero es deficiente, lo que prolonga los días de reparación ocasionando paradas y retrasos en la producción.

Como ultima causa raíz se tiene a la falta de capacitación del personal de producción, el cual generan pérdidas de un total S/3,550,568.54, en este caso se evaluó la pérdida de unidades falladas por cada tipo de cemento producido (Tipo I, Tipo V, Extra fuerte, Antisalitre).

TABLA II
MONETIZACIÓN DE PÉRDIDAS

CR	Descripción	Pérdidas actuales (S/. /AÑO)
CR1	Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas.	S/ 3,474,957.98
CR2	Altos tiempos de abastecimiento de la materia prima.	S/ 2,249,449.61
CR3	Ausencia de inspección y mantenimiento.	S/ 10,880.00
CR4	Falta de capacitación al personal de producción.	S/ 3,550,568.54
Total		S/ 9,285,856.14

Se elaboro los gráficos de Histogramas de Frecuencia según cada causa Raíz, en estos se pueden observar distintas alturas de las barras indicando así la frecuencia de cada variable. También se realizó los gráficos de control para cada causa raíz que presenta nuestro problema, ante ello se identificó que las causa raíz 1, 2 y 3 pertenecen a las gráficas de control para variables mientras que la causa raíz número 4 pertenece a la de atributos, debido a ello se elaboraron graficas de tipo individual rango móvil (I-MR) y la gráfica para atributos P respectivamente.

- CR1 – Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas

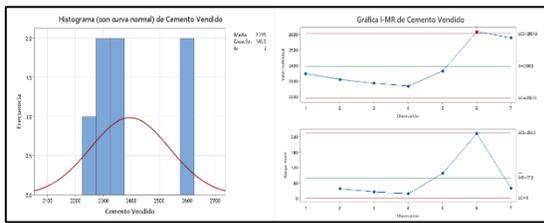


Fig. 2 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR1

- CR2 – Altos tiempos de abastecimiento de la materia prima

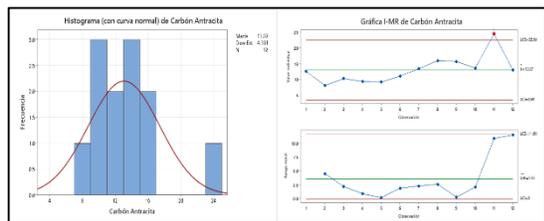


Fig. 3 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR2 Carbón Antracita

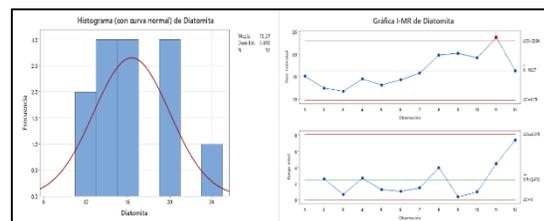


Fig. 4 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR2 Diatomita

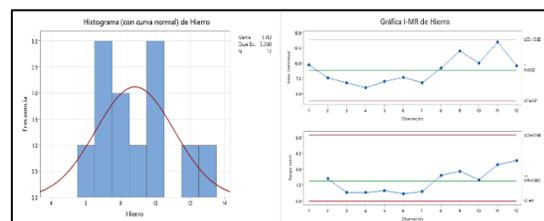


Fig. 5 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR2 Diatomita

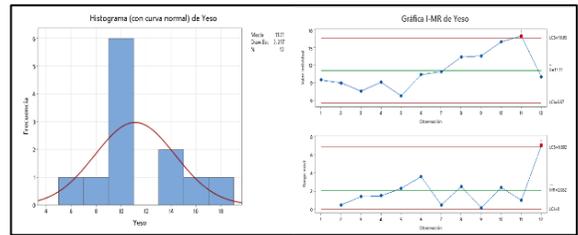


Fig. 6 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR2 Hierro

- CR3 – Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas

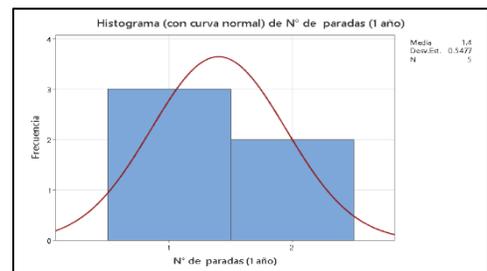


Fig. 7 Histograma de frecuencia – CR3

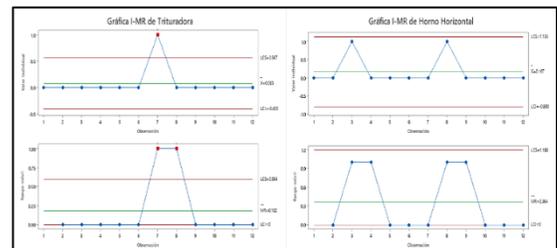


Fig. 8 Gráficos de control I-MR – CR3 Máquinas Trituradora y Horno Horizontal

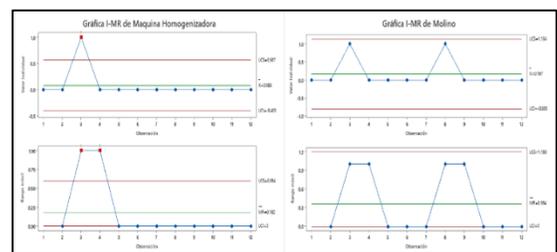


Fig. 9 Gráficos de control I-MR – CR3 Máquinas Homogenizadora y Molino

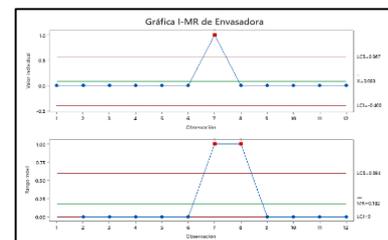


Fig. 10 Gráfico de control – CR3 Máquina Envasadora

- CR4 – Falta de capacitación al personal de producción

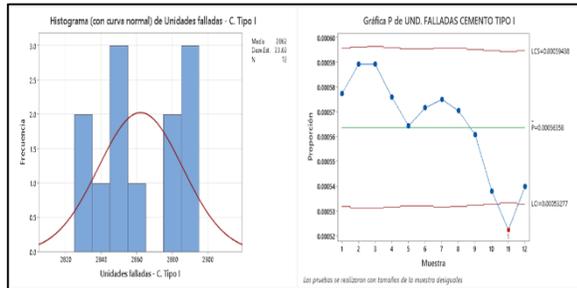


Fig. 11 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR4 Cemento Tipo I (Atributo)

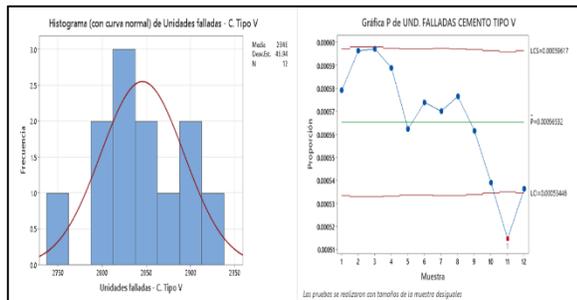


Fig. 12 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR4 Cemento Tipo V (Atributo)

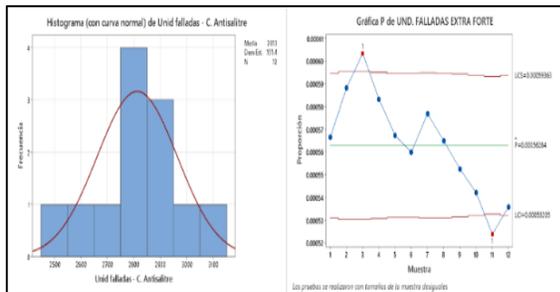


Fig. 13 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR4 C. ExtraForte (Atributo)

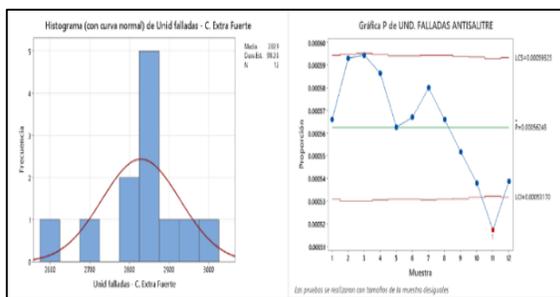


Fig. 14 Histograma de frecuencia y Gráfico de control I-MR – CR4 C. Antisaltre (Atributo)

El desarrollo de la propuesta de solución está basado en el uso de tres herramientas fundamentales para la mejora de calidad en la empresa, estas son la Casita de calidad (QFD), Análisis de modo de fallas y efecto (Matriz AMFE) y el análisis DMAIC Six Sigma.

Se hizo uso de la herramienta de calidad conocida como casa de calidad (QFD) por su aspecto, con ello se identificó los principales requerimientos del cliente, y a su vez la evaluación de satisfacción de estos requerimientos por parte de nuestros mayores competidores.

Se determinó como requerimientos del cliente:

- Disponibilidad inmediata de los servicios
- Entrega de los despachos sin retrasos
- Mayor calidad en los productos
- Variedad de productos

Y de manera similar al paso anterior, se identificó como posibles requerimientos técnicos:

- Elección de proveedores competentes
- Control de actividades
- Preparación y ajuste de maquinaria
- Estandarización de procesos
- Estudio de mercado

Se evaluó a sus dos más grandes competidores en la industria de producción de cemento frente a los requerimientos y satisfacción de las necesidades de los clientes:

- Competencia A: UNACEM
- Competencia B: Cementos Yura

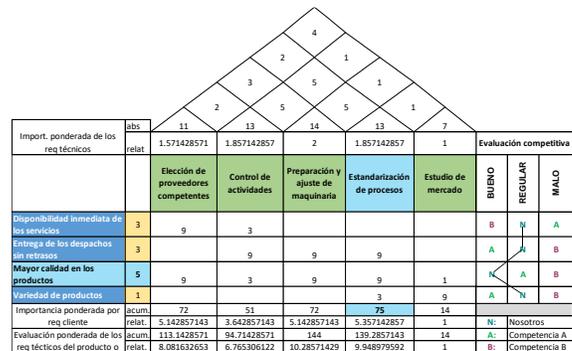


Fig. 15 QFD – Casita de Calidad

Teniendo como base el estudio de esta herramienta, se le da prioridad al cumplimiento de los requerimientos del cliente y su relación con los requerimientos técnicos, del primero se resalta la importancia en mejorar la calidad de los productos y del segundo se establecen los grados de importancia, los cuales son:

- Grado 1: Estandarización de procesos
- Grado 2: Preparación y ajuste de maquinaria
- Grado 3: Elección de proveedores competentes
- Grado 4: Control de actividades
- Grado 5: Estudio del mercado

Muchas veces la demanda de los clientes puede disminuir o verse afectada por no cubrir con sus necesidades, así pues, gracias al uso de esta herramienta se pudo conocer la gran importancia de esta metodología e identificar y priorizar los aspectos en los que debemos enfocarnos.

Mediante el uso de esta herramienta de Análisis modal de fallos y efectos, se pudo estudiar los posibles fallos futuros (modos de fallo), prevenirlos y/o aplicar acciones correctivas a

modo de solucionar estos problemas. Esta matriz aporta mucho conocimiento, no solo por lo ya mencionado sino también el conocimiento de aspectos débiles de las actividades o procesos en los cuales estamos estudiando y poder así aplicar medidas preventivas como control, como consecuencias favorables a lo descrito, se mejora la calidad de los productos, de las actividades que se realizan y se reducen los costos.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES																
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE/ÁREA	SITUACIÓN DE MEJORA						
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENLACE Y CONTROL PREVISTAS	Ocurrencias	Riesgo			NPR	ACCIONES IMPLANTADAS	Ocurrencias	Riesgo	NPR		
Abastecimiento de materia prima	1	Largas tiempos de espera de los camiones para la carga de material	Incumplimiento de la cantidad pedida a entregar	No existe coordinación entre la empresa y los coordinadores	Ninguna	5	6	7	210	Generar una comunicación Horizontal	Logística-Supervendencia de Materiales y procesos	recaerono de coordinación y generalización entre la empresa y proveedores	2	3	4	24
	21	Productos entregados fuera de tiempo	Incumplimiento del cliente	Retrasos en la producción	Ninguna	6	7	3	126	Manejar y controlar los procesos.	Logística	Estandarizar procesos.	2	4	1	12
Despacho	22	Accidentes en las descargas	Lesiones graves	Descaído del trabajador. No usa elementos de seguridad	Capacitaciones de uso de EPP durante el trabajo	5	10	3	150	Revisión de EPPs a los transportes y operarios de despacho	Supervisor de área de despacho	Inspección a la salida de transportes y operarios	1	4	2	12
	3	Productos defectuosos	Malas gestiones de un plan de Mantenimiento	Ninguna	Ninguna	8	9	3	144	Inspección y mantenimiento preventivo	Jefe de Mantenimiento	Realizar los procedimientos de reposición y mantenimiento preventivo	1	3	7	63
Emvasado	3	Pasadas no programadas de los equipos	Altos costos de mantenimiento	Personal no capacitado correctamente	capacitaciones eventuales	6	9	3	108	Capacitar al personal técnico de mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	Capacitar al personal	2	7	3	42

Fig. 16 Matriz AMFE

En la elaboración de la Matriz AMFE de proceso de Cementos Pacasmayo S.A.A. (figura 16) se observa las actividades principales en la que podría existir los fallos potenciales, de estos se identifican los modos de fallo más significativos mediante el número de prioridad de riesgo (NPR), con ello se procede al desarrollo de las acciones correctivas para disminuir índices como el de gravedad de los efectos de los modos de fallo, las ocurrencias con las que se dan y aumentar su detectabilidad, por ende lógicamente disminuir el NPR.

Se aplicó la metodología DEMAIC Six Sigma con la ayuda del software Minitab para lo cual se estableció el objetivo, con lo que se busca el acercamiento de los datos y la disminución de la variación en los procesos de cada causa raíz.

- CR1 – Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas

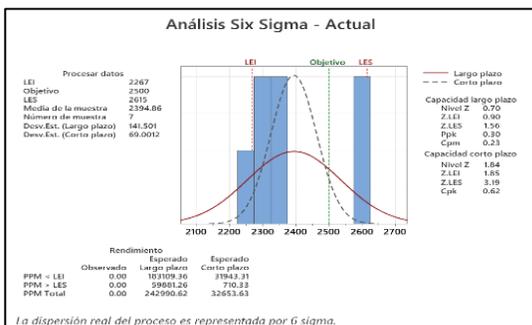


Fig. 17 Gráfica Six Sigma – CR1

Nota. Como se observa en la imagen no se cuenta con un control en la producción, entradas y salidas del área de producción de cemento, ocasionando elevados costos de almacén a la empresa; donde se tiene un objetivo de 2500 TN de cemento a vender con un nivel Z de 0.70; en otras palabras, se tiene dificultades para cumplir con los requerimientos específicos en la demanda de los clientes.

- CR2 – Altos tiempos de abastecimiento de la materia prima

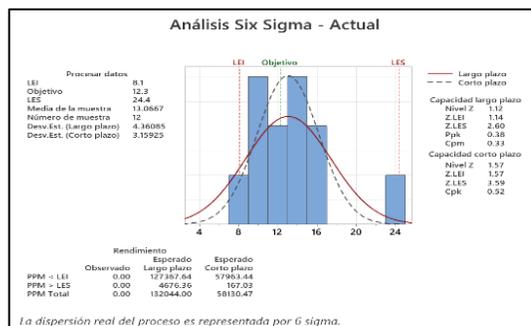


Fig. 18 Gráfica Six Sigma – CR2 Carbón Antracita

Nota. Como se observa en la imagen se tiene un alto tiempo de abastecimiento de carbón antracita, generando pérdidas por demora en el área de producción de la empresa, donde se tiene un objetivo de 12.3 horas con un nivel Z de 1.12; en otras palabras, se tiene dificultades para cumplir con los requerimientos específicos en la demanda de los clientes.

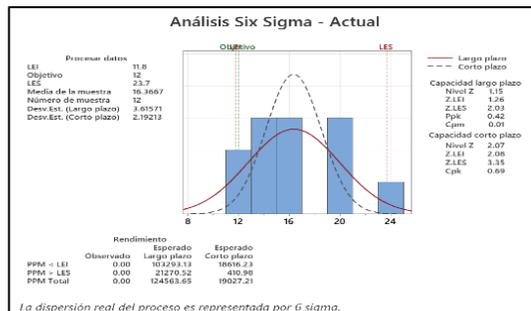


Fig. 19 Gráfica Six Sigma – CR2 Diatomita

Nota. Como se observa en la imagen se tiene un alto tiempo de abastecimiento de diatomita, generando pérdidas por demora en el área de producción de la empresa, donde se tiene un objetivo de 12 horas con un nivel Z de 1.15; en otras palabras, se tiene dificultades para cumplir con los requerimientos específicos en la demanda de los clientes.

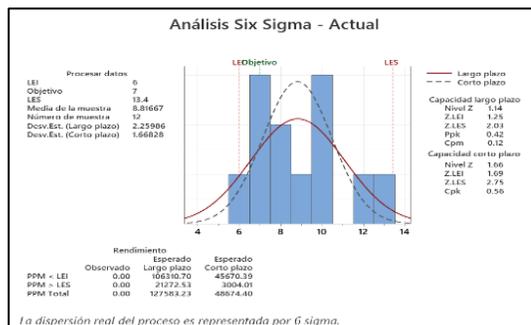


Fig. 20 Gráfica Six Sigma – CR2 Carbón Hierro

Nota. Como se observa en la imagen se tiene un alto tiempo de abastecimiento de hierro, generando pérdidas por demora en el área de producción de la empresa, donde se tiene un objetivo de 7 horas con un nivel Z de 1.14; en otras palabras, se tiene dificultades para cumplir con los requerimientos específicos en la demanda de los clientes.

TABLA IV
INDICADORES FINANCIEROS

VAN	S/. 24,132,813.83
TIR	325.14%
PRI	0.6 años

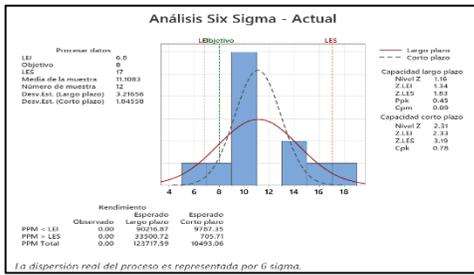


Fig. 21 Gráfica Six Sigma – CR2 Yeso

Nota. Como se observa en la imagen se tiene un alto tiempo de abastecimiento de yeso, generando pérdidas por demora en el área de producción de la empresa, donde se tiene un objetivo de 8 horas con un nivel Z de 1.16; en otras palabras, se tiene dificultades para cumplir con los requerimientos específicos en la demanda de los clientes.

- CR3 – Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas

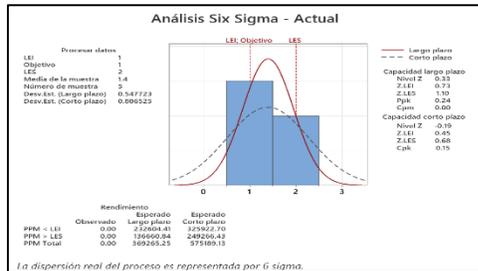


Fig. 22 Gráfica Six Sigma – CR3

Nota. Como se observa en la imagen se tiene un retraso en el área de producción debido a la falta de máquinas que se encuentran en mantenimiento, donde se tiene objetivo de 1 día con un nivel Z de 0.33; en otras palabras, se tiene dificultades para cumplir con los requerimientos específicos en la demanda de los clientes.

Teniendo en cuenta la propuesta de mejora, y el uso de las herramientas de calidad que dan solución a cada causa raíz, se calculó la inversión total de estas implementaciones, a continuación, se presenta la tabla con los valores de la información mencionada anteriormente.

TABLA III
RESUMEN DE VALORES DE INVERSIÓN

TOTAL INVERSIONES	TOTAL (S/. /AÑO)
Casa de calidad (QFD)	S/389,680.00
AMFE	S/311,680.00
Six Sigma	S/473,680.00
Plan de capacitación	S/464,000.00
TOTAL (S/.)	S/1,639,040.00
DEPRECIACIÓN	S/ 3,960.00
Reinversión (4 AÑOS)	S/. 19,520.00
Reinversión (8 AÑOS)	S/. 2,400.00

Se realiza el análisis de la rentabilidad de la propuesta, mediante los indicadores mostrados en la siguiente tabla, para ello se consideró un Costo de Oportunidad (COK) aplicada a la inversión ya calculada de un 20%.

III. RESULTADOS

Se calcularon los nuevos costos que genera cada causa raíz y su beneficio. En la tabla V se muestra el resumen de los valores mencionados.

TABLA V
RESUMEN DE COSTOS

Causa Raíz	Costos Anuales Diagnóstico	Costos Anuales Propuesta	Beneficio	% de Reducción
CR1	S/3,474,957.98	S/1,280,750.00	S/2,194,207.98	63.14%
CR2	S/2,249,449.61	S/540,800.00	S/1,708,649.61	75.96%
CR3	S/10,880.00	S/3,200.00	S/7,680.00	70.59%
CR4	S/3,550,568.54	S/1,420,070.00	S/2,130,498.54	60.00%
TOTAL	S/9,285,856.14	S/3,244,820.00	S/6,041,036.14	65.06%

En la tabla V se observa la reducción de los costos actuales de cada causa raíz en la empresa cementera, estos valores pasaron inicialmente de S/9,285,856.14 a S/3,244,820.00, ello debido a la propuesta de mejora y el uso de herramientas de calidad representando un beneficio de S/6,041,036.14 y una reducción del 65.06%.

A continuación, se presenta las figuras de los datos de las causas raíz estudiadas durante la investigación con la aplicación de la herramienta de mejora Six Sigma, en estas se pueden observar la situación actual y la mejorada.

- CR1 – Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas

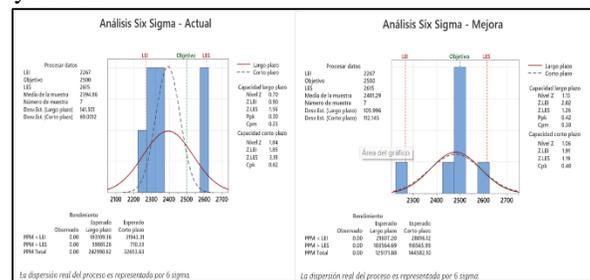


Fig. 23 Gráfica Six Sigma Antes y después de la mejora – CR1

Se concuerda con lo planteado por Añorga & Becerra; ya que, al aplicar las herramientas de mejora se logra disminuir los costos operativos y aumenta la productividad de la empresa.

Finalmente, en lo que respecta a la investigación realizada, se aplicó la herramienta de mejora Six Sigma, con la finalidad de reducir o eliminar los defectos que han sido detectados en las CR-1, CR-2 Y CR-3, disminuyendo significativamente en esta última las unidades de defectos por PPM en un 89.04% pasando de 369,265.25 unidades de defectos por PPM a 40,464.31 unidades de defectos por PPM. Al igual que, [15] tuvieron como objetivo principal identificar las causas de los problemas de calidad en los productos desde la perspectiva de sus clientes, haciendo uso de las herramientas Six Sigma, AMFE Y QDF, concluyendo en la etapa de medición de Six sigma con un rendimiento favorable del 99.94% y 99.97%, indicando 210 unidades de defectos PPM y 84 unidades de defectos PPM tras ello se identificó exitosamente cuatro etapas que afectaban la calidad de sus productos.

V. CONCLUSIONES

Se implementó el Diseño de Gestión de Calidad para de esta manera disminuir los elevados costos en la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. esto por medio de la reducción de las pérdidas económicas que se originaron por las causas raíz, asimismo se llevaron a cabo diversos mecanismos de mejora tales como la casita de calidad (QFD), Análisis de modos de fallo y sus efectos (Matriz AMFE), Análisis Six Sigma y el plan de capacitación, a fin de reducir los costos de pérdidas estimados en S/. 9,285,856.14 al año.

Se determinó la situación actual en distintas áreas mencionadas en el trabajo de investigación, donde se identificaron las causas raíz y su pérdida monetaria indicando los altos costos en la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A.

Por medio de la realización del diagrama de Ishikawa, se lograron determinar las causas de lo que genera altos costos a la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A. Estas son: Inexistencia de un control de producción, entradas y salidas; altos tiempos de abastecimiento de la materia prima, ausencia de inspección y mantenimiento y, por último, falta de capacitación al personal de producción; ocasionando así, respectivamente, grandes costos de pérdida de S/. 3,474,957.98, S/. 2,249,449.61, S/. 10,880.00 y S/. 3,550,568.54.

REFERENCIAS

- [1] Casas, A., Izquierdo J. (2021). Cementos Pacasmayo S.A.A. y Subsidiarias (CPSAA). Reporte de clasificación. Recuperado de: <https://www.aai.com.pe/wp-content/uploads/2021/08/Cementos-Pacasmayo-Jun-2021-vfinal.pdf>
- [2] Ortiz-Hernandez, C., Troncoso-Palacio, A., Acosta-Toscano, D., Begambre-Meza, R., & Troncoso-Mendoza, B. (2019). Utilización de Herramientas de Calidad para la Mejora en los Procesos de Extrusión de Plásticos. *Boletín de Innovación, Logística Y Operaciones*, 1(1), 1-7. Recuperado de: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/2778/2529>
- [3] Bermúdez, E. R., & Camacho, J. D. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 40(3-4), 127-142. Recuperado de: <https://rlee.iberro.mx/index.php/rlee/article/view/344/954>
- [4] Gallach, F. S., Soler, V. G., Molina, A. I. P., & Bernabeu, E. P. (2020). Diagrama de Pareto y Lean Manufacturing. *APLICADA 2020*, 19. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8430236>
- [5] Ambrústolo, M. B., Di Iorio, A. H., Cistoldi, P., Greco, F., Trigo, S., Migueles, M., . . . Giordano Lerena, R. (2020). Implementation methodology of a quality management system in a digital forensic laboratory. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, doi:10.18687/LACCEI2020.1.1.645 Retrieved from www.scopus.com
- [6] Medina, F. L. C., Díaz, A. D. P. L., & Cardenas, C. R. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 17(1), 59-69. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096091>
- [7] Villasís-Keeve, Miguel Ángel, & Rendón-Macías, Mario Enrique, & Miranda-Nales, María Guadalupe (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63 (4),397-407. [fecha de Consulta 8 de Julio de 2022]. ISSN: 0002-5151. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009>
- [8] Casanova, J., & Valdés, D. (2020). Análisis de la ejecución presupuestaria, basado en la estadística descriptiva, del Distrito de Salud de Portoviejo. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(5-1), 16-25. Recuperado de: <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.5-1.311>
- [9] Moro, M. F., do Reis, C. C. C., de Almeida Flores, S., Pizzolato, M., & Weise, A. D. (2018). Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle. *Exacta*, 16(2), 43-66. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/810/81058960003/>
- [10] Merchán Ulloa, A. C. (2015). Análisis modal de fallos y efectos (AMFE), en el proceso de producción de tableros eléctricos de la Empresa EC-BOX (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). Recuperado de: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4278>
- [11] Romero Alarcón, J. C. (2019). Propuesta de implementación del modelo Quality Function Deployment (QFD) para el análisis de la satisfacción del cliente con los productos ofertados por la Empresa Jungla Cia. Ltda (Master's thesis, PUCE-Quito). Recuperado de: <http://201.159.222.35/handle/22000/17271>
- [12] Gutiérrez Pulido, H., Gutiérrez González, P., Garibay López, C., & Díaz Caldera, L. (2014). Multivariate analysis and QFD as tools to listen to the voice of the customer and improve service quality. [Análisis multivariado y QFD como herramientas para escuchar la voz del cliente y mejorar la calidad del servicio] *Ingeniare*, 22(1), 62-73. doi:10.4067/s0718-33052014000100007.
- [13] Sim, C. L., Li, Z., Chuah, F., Lim, Y. J., & Sin, K. Y. (2022). An empirical investigation of the role of lean six sigma practices on quality performance in medical device manufacturing industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(3), 671-691. doi:10.1108/IJLSS-06-2020-0089
- [14] Báez Gonzalez, A. E., (2016). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD BASADO EN LA NORMA CERTIFICABLE ISO 9001:2015 CON APLICACIÓN A LA EMPRESA BRITEL S.A.. 06/07/2022, de UÍDE Sitio web: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1624/1/T-UIDE-1238.pdf>
- [15] Barbosa, A. D. J. A., & Rangel, C. I. B. (2018). Aplicación de seis sigmas integradas con AMEF y QFD en el proceso de fabricación y distribución de muebles. *Ingeniare*, (24), 13-27. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7527257>
- [16] Izaguirre Neira, J. G. (2016). Aplicación de herramientas de calidad en una fábrica de refrigeradoras para reducir fallos en el producto final. Recuperado de: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/13955>
- [17] Mattos Bernal, A. M., & Siccha Camacho, B. J. (2016). Propuesta de mejora en las áreas de calidad y logística mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing para reducir los costos operativos en la empresa Molino Samán SRL. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10336>
- [18] Añorga Gonzalez, A. P., & Becerra Iparraquirre, A. J. (2022). Propuesta de implementación de herramientas de control de calidad y estandarización de procesos para reducir costos en una empresa de derivados lácteos, Trujillo 2020. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30249>
- [19] Gonzales Isern, M.; Ortega Ubillús, F. J. (2022). Propuesta de aplicación de los principios de la filosofía lean en la cadena de suministros para la reducción del tiempo de abastecimiento de materia prima de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A.. 06/07/2022, de Repositorio Académico UPC Recuperado del sitio web: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621080/Ortega_UF.pdf?sequence=6
- [20] Caicedo Solano, N. (2011). Aplicación de un programa seis sigmas para la mejora de calidad en una empresa de confecciones. Recuperado de: <http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/1270>