

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
CALIDAD EN LA EMPRESA ARMADURAS Y
ESTRUCTURAS DE ALAJUELA S.A**

AUTOR

Juan Carlos Montenegro Loría

TUTOR

Ing. Allan Maroto Coto

LECTOR

Ing. Luis Fernando Porras Valverde

San José, Diciembre, 2020.

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado al esfuerzo en conjunto de mi familia que día y noche formaron parte de la aventura del estudio y el camino que conduce a la adquisición de conocimiento, mismo que fue brindado por grandes profesionales que dieron de su tiempo para convertirse en profesores durante estos años de aprendizaje.

Sin duda alguna, también dedico esta victoria a la fuerza suprema que me dio energías durante los momentos difíciles y que con su luz fue la guía necesaria para lograr la preciada meta de ser Licenciado en Ingeniería Industrial.

Agradecimientos

Un profundo agradecimiento a los profesores de la Universidad Internacional de las Américas por formar el carácter y sacar lo mejor de mí en cada curso lectivo, por ese acompañamiento y esa dedicación para con sus estudiantes.

Así mismo agradezco a todos los colaboradores de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A que durante estos meses de investigación fueron anuentes a brindar su conocimiento para culminar con éxito este proyecto universitario.

Contenido

Dedicatoria	1
Agradecimientos.....	2
Carta de autorización del tutor	3
Carta del tutor certificando la incorporación de las modificaciones al trabajo final de graduación.	4
Carta de revisión Filológica	5
Código de Ética	6
Declaración jurada.....	7
Solicitud de defensa	8
Contenido	9
Tablas	11
Figuras	12
Gráficos	14
Resumen	15
Capítulo Introducción.....	16
Generalidades De La Empresa	18
Objetivos	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos.....	21
Justificación.....	22
Antecedentes	23
Capítulo II: Marco Teórico.....	30
Producto prefabricado	31
Normas Técnicas	32
Herramientas de mapeo.....	33
Herramientas Seis Sigma	34
Capítulo III: Marco Metodológico	39
Enfoque	40
Alcance.....	41
Diseño.....	42
• Diseño experimental	42

• Diseño no experimental	42
Muestra De La Investigación	43
VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS.....	44
Instrumentos	45
Proceso Para La Recolección De Datos	46
Método De Análisis.....	47
• Media	48
• Desviación Estándar	48
• Gage R&R Atributos	48
• Intervalo de confianza.....	50
• Valor de Z.....	51
• Valor de P.....	51
• Índices de capacidad.....	52
• Carta de control C.....	52
Cronograma.....	53
Capítulo IV: Análisis De La Situación (Diagnóstico).....	54
Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones.....	73
Capítulo VI: Propuesta	76
• Formato de minuta para las sesiones de trabajo en la Empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.	77
• Formato para los procedimientos de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	78
Indicadores de gestión del proceso de producción de columnas.....	79
Plan de control.....	80
Análisis estadístico en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	82
Plan de capacitación para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	82
Proceso de inspección de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	83
.....	83
Diseño de bloques completamente al azar	83
Análisis Económico.....	84
Plan De Implementación	88
Apéndices	90
Referencias	91

Tablas

Tabla 1 Inconformidades del primer trimestre Enero-febrero 2020.....	22
Tabla 2 Estructura de los niveles sigma según la cantidad de defectos por millón de oportunidades, (School, 2014).	37
Tabla 3 Tipos de inconformidades detectadas en el proceso productivo de columnas durante los meses de enero a junio del año 2020 en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.	58
Tabla 4 Datos estadísticos obtenidos de las inconformidades relacionadas al canal defectuoso y las especificaciones brindadas por la jefatura de producción, 2020.....	62
Tabla 5 Resumen de los cálculos realizados para determinar el nivel sigma del proceso de producción de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	65
Tabla 6 Costo de la calidad en función al porcentaje de las ventas según el nivel sigma en el que se encuentre una empresa promedio a nivel mundial.....	66
Tabla 7 Análisis de Modo y Efecto de Falla en el proceso productivo de columnas prefabricadas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, 2020.....	68
Tabla 8 Análisis del costo que representa la reparación de columnas inconformes para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	69
Tabla 9 Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	70
Tabla 10 Estimación de la inversión de la propuesta.....	84
Tabla 11 Comparación de la mezcla actual y la mezcla sugerida para la chorroa en el proceso de producción de columnas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	85
Tabla 12 Análisis del costo que representa la reparación de columnas inconformes para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A	86
Tabla 13 Ahorro estimado en el costo por reparación de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	86

Figuras

Figura 1 Localización Google Maps	18
Figura 2 Líneas De Producción De Columnas	19
Figura 3 Mapa conceptual	30
Figura 4 Equivalencia de unidades en el Sistema Internacional de Unidades. (contributors, 2019).	32
Figura 5 Los seis niveles sigma dentro de un proceso de forma ejemplificada para una mejor visualización.....	36
Figura 6 Fórmula para determinar la cantidad de defectos por millón de oportunidades.	36
Figura 7 Fórmula para determinar la cantidad de defectos por unidad.	37
Figura 8 Fórmula para determinar el número de defectos por oportunidad.	37
Figura 9 Fórmula para determinar el tamaño de una muestra en una población finita.	43
Figura 10 Diagrama de SIPOC para el proceso de producción de columnas prefabricadas.	54
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de producción de columnas.	55
Figura 12 Detalle de las actividades que agregan valor al proceso de producción de columnas prefabricadas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A	56
Figura 13 Detalle de las actividades que no agregan valor dentro del proceso de producción de columnas prefabricadas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A	57
Figura 14 Diagrama de Causa y Efecto aplicado a la inconformidad “Canal Defectuosos” presente en el proceso de producción de columnas.....	60
Figura 15 Cálculo realizado en Minitab de la probabilidad de que el proceso actualmente cumpla con la meta propuesta, 2020.....	61
Figura 16 Reporte de la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones brindadas por el Jefe de producción generado en Minitab, 2020.	63
Figura 17 Área menor bajo la curva normal de los dato obtenidos de la inconformidad “Canal defectuoso” en el proceso de fabricación de columnas tipo C y E, 2020.	64
Figura 18 Área mayor bajo la curva normal de los datos obtenidos de la inconformidad “Canal defectuoso” en el proceso de fabricación de columnas tipo C y E, 2020.	64
Figura 19 Área completa de la curva normal con los datos obtenidos de la inconformidad “Canal defectuoso” en el proceso de fabricación de columnas tipo C y E, 2020.	64

Figura 20 Prueba Gage R&R realizada a tres operarios encargados de realizar las inspecciones en los productos terminados de columnas Tipo C y E en la empresa Armadura y Estructuras de Alajuela, 2020.	67
Figura 21 Matriz de evaluación de factores externos aplicada a la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	71
Figura 22 Matriz de evaluación de factores internos aplicada a la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	72
Figura 23 Formato de minuta diseñado para las sesiones de trabajo con los colaboradores de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A	77
Figura 24 Formato propuesto para el desarrollo de los procedimientos de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	78
Figura 25 Matriz de indicadores propuestos para realizar una correcta gestión del proceso de producción de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras S.A.	80
Figura 26 Plan de control para los indicadores propuestos para el proceso productivo de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	81
Figura 27 Cronograma del plan de capacitación diseñado para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	82
Figura 28 Cronograma para el plan de implementación de la propuesta para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	89
Figura 29 Referencia del tipo de cambio del precio del dólar estadounidense según el Banco Central de Costa Rica de las fechas del 11 de octubre del 2020 al 9 de Noviembre del 2020.	90

Gráficos

Gráfico 1 Diagrama de Pareto con la frecuencia de las inconformidades presentes en el proceso productivo de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A	59
Gráfico 2 Nivel sigma actual de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.....	65
Gráfico 3 Comparación del ahorro estimado de la propuesta vr el costo de la propuesta en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.	87

Resumen

El presente proyecto de investigación es realizado en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A ubicada en el coyol de Alajuela.

Como punto de partida se realiza un análisis de la situación actual comprendiendo que la empresa no cuenta con un sistema de gestión de la calidad definido, anudado a esto, se aplican herramientas estadísticas como la capacidad proceso, cálculo de nivel sigma entre otros, que son basados en los históricos de inconformidades en las columnas prefabricadas tipo C y tipo E.

Se analizan las fortalezas y debilidades de la empresa ante los riesgos detectados tanto a nivel interno como externo.

Una vez realizado el levantamiento de la situación actual, se procede a realizar confeccionar una propuesta de un sistema de gestión de calidad que permita a la empresa incrementar su participación en el mercado de los productos prefabricados, dando confianza a los clientes mediante productos conformes a las especificaciones establecidas y análisis estadísticos periódicos que brinden la certeza de que las inconformidades están siendo monitoreadas y controladas aplicando planes de acción que mitiguen cualquier problema que surja durante la producción.

Se realiza un análisis económico para conocer la factibilidad de la propuesta ante la inversión que se necesita para realizar una implementación en la empresa, así como los beneficios que se proyectan obtener una vez sea aplicada en los procesos productivos de las columnas prefabricadas.

Capítulo Introducción

Este trabajo de tesis se realizará en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, donde se propone la implementación de un control de calidad en los productos prefabricados.

Este proyecto es colocado en una línea de investigación de diseño, desarrollo y mejoramiento de procesos ya que actualmente la empresa cuenta con controles desarrollados de forma empírica los cuales, no arrojan datos contundentes para poner en control sus procesos productivos, tampoco se les da un correcto seguimiento para el estudio de las variables por consiguiente la propuesta que se realizará espera brindar un valor agregado a la empresa.

Se realizará un análisis de la situación actual estudiando los datos generados durante los días de producción utilizando diferentes herramientas de diagnóstico fundamentadas en la metodología DMAIC para explicar la necesidad de proponer un control de calidad efectivo que ayude a la empresa a detectar y mitigar los efectos relacionados a los productos no conformes que aparezcan durante las salidas del proceso y conocer el nivel sigma en el que se encuentran actualmente.

Actualmente la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A no cuenta con un control de calidad bien estructurado por lo cual es importante desarrollar este proyecto para demostrar las ventajas de tener parámetros dentro de los procesos productivos que faciliten la detección y resolución de problemas.

Este trabajo de tesis no solo busca desarrollar el pensamiento de mejora continua dentro de la empresa, sino que también busca aportar valor proponiendo un estudio que brinde beneficios económicos a la organización.

Durante el desarrollo de esta investigación se toma la voz del cliente la cual tiene un enfoque en las columnas prefabricadas divididas en dos familias o líneas de producción, la primera es la línea de columnas tipo C y la segunda es la línea de columnas tipo E.

Los datos que se proporcionen durante el muestreo de los productos serán sometidos al análisis estadístico para determinar las diferentes causas de afectación que no permiten alcanzar un nivel de calidad deseado.

Capítulo I

En este capítulo se presenta la empresa donde se realiza la investigación junto con sus generalidades, la situación actual en la que se encuentra y en base a ello el problema planteado junto con sus objetivos para la resolución del mismo.

Capítulo II

En este segmento de tesis se citan todas las teorías relacionadas a las variables de investigación las cuales respaldan de forma contundente cada hallazgo que se realice durante el trabajo realizado.

Capítulo III

Esta sección del trabajo escrito detalla la estrategia de investigación que se va a utilizar para el estudio del problema planteado, cabe destacar que dicha metodología corresponde a la naturaleza del caso.

Capítulo IV

Durante la redacción de este capítulo se analizan las causas del problema planteado y se describen las consecuencias de lo que actualmente está sucediendo en la empresa.

Capítulo V

Se realizan las conclusiones del análisis realizado en Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A y también se presentan los puntos de recomendación que se desarrollan en el capítulo siguiente.

Capítulo VI

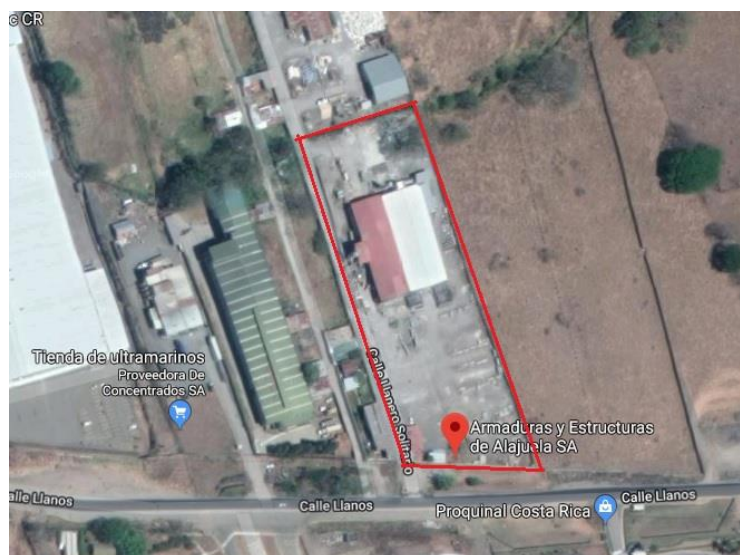
Esta sección está compuesta por tres partes, que corresponden a la propuesta para solucionar el problema, el plan de implementación y el análisis económico que determinará cuan viable es la propuesta planteada.

Generalidades De La Empresa

La Empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A se dedica a la fabricación de casas prefabricadas de Baldosas y Columnas desde hace 30 años, ubicada en calle el llano en la provincia de Alajuela Costa Rica dentro de un terreno de aproximadamente 10 000m² con una nave industrial dividida en su interior en 4 cuadrantes para la producción de baldosas prefabricadas, columnas prefabricadas, viguetas de entre piso y baldosa Zitro para casas prefabricadas de pared lisa.

Tiene áreas de armado y soldado de estructuras de hierro, bodega de materias prima, un patio para el depósito de los agregados utilizados en la mezcla de concreto y un silo para cemento, la sección de producción cuenta con una batidora de 500 kg, un brazo móvil para la distribución de la mezcla y setenta moldes de productos prefabricados.

Figura 1
Localización Google Maps



Fuente: Google Maps. [2020].

Actualmente cuentan con más líneas de producto las láminas Durock, producto que ingresó a la familia escasos 3 años.

Para efectos de esta tesis se enfoca la investigación en las líneas de producción de columnas tipo C la cual consiste en una columna con dos canales y tipo E que son columnas que cuentan con tres canales y las que a su vez se subdividen en columnas de 3.30m y 3.15m como se observa en la Figura 2.

Figura 2
Líneas De Producción De Columnas



Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Planeamiento Del Problema

La empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A actualmente presenta una problemática en sus procesos de producción para columnas prefabricadas Tipo C y Tipo E en la cual consiste en una cantidad alta de inconformidades presentes durante el primer trimestre del año 2020, siendo un total de trecientas setenta y cinco inconformidades que hacen incurrir a la empresa en gasto y tiempo de reparación.

Esta problemática lleva a plantear la siguiente pregunta de investigación.

¿Cómo implementar un sistema de gestión de calidad en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A para disminuir la cantidad de producto inconforme en los procesos de producción de material prefabricado de concreto?

Objetivos

Objetivo general

Proponer un sistema de gestión de la calidad en productos prefabricados con el fin de reducir el número de unidades no conformes en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.

Objetivos específicos

1. Identificar los productos prefabricados con mayor número de unidades no conformes.
2. Numerar las cantidades de unidades no conformes dentro del proceso de prefabricado.
3. Analizar las causas principales que afectan el proceso de prefabricado.
4. Elaborar un plan para la solución del problema principal en el proceso productivo.
5. Diseñar cartas de control para productos no conformes dentro de la organización.

Justificación

De acuerdo con los registros históricos de las inconformidades registradas durante los meses de enero a junio del 2020 como se observa en la Tabla 1 y los puntos de vista de los cliente se establece como punto base de investigación el proceso productivo de columnas prefabricadas.

Por lo tanto, este proyecto plantea una propuesta de un sistema de gestión de la calidad para reducir en al menos un 30% las inconformidades mediante la metodología DMAIC y diferentes herramientas de análisis y control estadístico.

Tabla 1
Inconformidades del primer trimestre Enero-febrero 2020.

Inconformidad	Línea C	Línea E
Total General	215	372
Canal defectuoso	156	310
Esquinas quebradas	31	33
Con huecos	14	20
Reventaduras	14	9

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Antecedentes

Artículos científicos

Autor (es):	Germán Eduardo Galindo Ospina/José Omar Henao Uribe/Oscar Rujan Quintero		
Título:	Implementación del procedimiento para el control del producto no conforme en una planta torrefactora de café		
Nombre de Revista:	SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión		
Año:	2009	Páginas:	63-70
Volumen:	Vol.1	Número:	2
Url o Doi:	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560458731007		
Metodología utilizada:	Diagnostico en base a la norma NTC-ISO 9001, luego se busca implementar un proceso en para el cumplimiento del numeral 8.3 de la norma.		
Conclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> -Implementación de controles para producto inconforme. -Impedimento de distribución de lotes defectuosos. -Creación de fichas técnicas de productos. -Implementación de buenas prácticas para la implementación de la norma NTC-ISO 9001. 		

Autor (es):	Yuliet Romero-Ruiz/ Lizette Fontanet-Tamayo/Mercedes Delgado-Fernández		
Título:	Sistema de gestión de no conformidades para los productos comerciales del centro de inmunología molecular		
Nombre de Revista:	Ingeniería Industrial		
Año:	2011	Páginas:	48-59
Volumen:	32	Número:	1
Url o Doi:	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433575008		
Metodología utilizada:	Gestión de no conformidades en base a los principios básicos de un análisis combinado de la norma ISO 9000, Federal Drug Administración y la ICH norma de calidad de la industria farmacéutica.		
Conclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> -Incremento en la capacidad de detección y promoción de problemas. -Sistema de gestión diferenciada de no conformidades. -Implementación del principio del ciclo cerrado. -Cumplimiento de las especificaciones solicitadas por la alta dirección. 		

Autor (es):	Pérez-Duque/Paula Nataly/Suárez-Moreno/Oscar Eduardo		
Título:	Aplicación Para El Diagnóstico Y Control De Sistemas Productivos.		
Nombre de Revista:	Ciencia en su PC		
Año:	2010	Páginas:	88-100
Volumen:	2	Número:	
Url o Doi:	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181317869008		
Metodología utilizada:	Registro de tiempos, registros mediante macros de Excel Microsoft para la relación de recurso y causa.		
Conclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> -Diagnóstico y control de procesos mediante el estudio del comportamiento de problemas puntuales. -Implementación de herramienta de fácil acceso. -El uso de Excel permite disminuir las inversiones en alta tecnología para la detección de problemas futuros. -Preparación rápida de informes de rendimientos de líneas. -Identificación de áreas problemáticas dentro de la planta y en áreas satelitales. -Registro exacto de hora de paro y reinicio en tiempo real. 		

Autor (es):	María Paula López Esguerra/ Carlos Díaz Ruiz		
Título:	Efectos de la evaluación de la conformidad del modelo gestión de la calidad NTC-ISO 9001 por ICONTEC.		
Nombre de Revista:	SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión		
Año:	2012	Páginas:	95-101
Volumen:	4	Número:	1
Url o Doi:	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560458741007		
Metodología utilizada:	Evaluación de conformidades mediante estudios metrológicos en ensayos y laboratorios que estén acreditados.		
Conclusiones:	<ul style="list-style-type: none"> -Verificación de estándares o requisitos técnicos de productos. -Evaluación de los sistemas de gestión de la calidad abre mercado y trasciende a otros países, trayendo crecimiento y desarrollo. -Expansión del Instituto a nivel nacional e internacional abriendo mercado con un potencial de interés en lograr mejores coberturas en la evaluación de la conformidad. -Incremento de los recursos por parte del ministerio de Industria, generando oportunidades en cuanto a crecimiento y desarrollo del sistema nacional. 		

Autor (es):	Maura Vásquez/Guillermo Ramírez/ Teodoro García		
Título:	Un índice de capacidad multivariante basado en la probabilidad de no conformidad, una aplicación al monitoreo de calidad de un ciclo del agua clarificada		
Nombre de Revista:	Revista INGENIERÍA UC		
Año:	2016	Páginas:	319-326
Volumen:	23	Número:	3
Url o Doi:	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70748810010		
Metodología utilizada:	La metodología utilizada fue determinar la capacidad del proceso de clarificación del agua para la producción de papel higiénico, mediante índices de capacidad de proceso y las especificaciones determinadas por el cliente.		
Conclusiones:	<p>Se propone implementar una herramienta que calcule la capacidad de un proceso de las plantas de tratamiento de agua.</p> <p>Cálculo del MCq para la determinación de la probabilidad de unidades no conformes.</p> <p>Cálculo del Mi para determinar la tendencia del proceso y el vector de valores objetivos.</p>		

Tesis

Autor (es):	Gisella Zoraida Pajares Goicochea		
Título:	Factores asociados a los ensayos de calidad realizados a los dispositivos médicos analizados por el Centro Nacional de Control de Calidad, 2012-2018		
Grado de la tesis:	Postgrado		
Universidad:	Universidad Nacional Mayor de San Marcos		
Año:	2019	País:	Perú
Metodología utilizada:	Se realizan ensayos en dispositivos médicos mediante la biocompatibilidad de los materiales usados en envases de medicamentos, dispositivos médicos e implantes evaluando la calidad de los mismos.		
Conclusiones:	<p>Se clasificaron los dispositivos médicos según su nivel de riesgo Se concluye una relación entre la clasificación de riesgo con el resultado no conforme. Se cuantifica un total de 6126 ensayos realizados. Porcentaje de dispositivos médicos utilizados 10.8% nacionales 89% Extranjeros y 0.3% sin origen. El año con mayor cantidad de inconformidades fue el 2014.</p>		

Autor (es):	Morán Ronquillo Marlon Auteman		
Título:	Reducción de productos no conformes en fabrica de hojas de resortes hércules basado en la norma iso 9001-2000		
Grado de la tesis:	Licenciatura		
Universidad:	Universidad De Guayaquil		
Año:	2005	País:	Ecuador
Metodología utilizada:	Se realiza una evaluación de los procesos basándose en la norma ISO 9001-2000		
Conclusiones:	<p>-Creación de un manual de calidad basado en las buenas prácticas de manufactura, brindando de soluciones factibles para lograr la satisfacción del cliente. -Disminución de los defectos en la fabricación de hojas de resorte mediante una clara política de calidad. -Clasificación del desperdicio representando un ingreso extra por reciclaje.</p>		

Autor (es):	Saltos Ramírez Jorge Francisco		
Título:	Mejora continua en los procesos de fabricación de la funda daipa y de impresión en línea		
Grado de la tesis:	Licenciatura		
Universidad:	Universidad de Guayaquil		
Año:	2004	País:	Ecuador
Metodología utilizada:	Medición estadística del proceso extrusión y conversión para determinar la disminución de la productividad y calidad de los productos.		
Conclusiones:	Se logra disminuir el scrap que tiene la impresión defectuosa y arranques de películas. Se obtiene un crecimiento en la infraestructura de la organización. Se logra la proyección al mercado internacional.		

Autor (es):	Corredor Mahecha, Clara Nathalia		
Título:	Modelo de mejora continua de procesos para el negocio de generación de Endesa en latam		
Grado de la tesis:	Postgrado		
Universidad:	Universidad de Chile		
Año:	2015	País:	Chile
Metodología utilizada:	Se utiliza la metodología DMAIC de Seis sigma para el diseño de un modelo de mejora		
Conclusiones:	Se concluye que el modelo de mejora continua es viable estratégicamente y económicamente para la compañía. El modelo permite tomar decisiones a partir del estudio y análisis de los indicadores de proceso.		

Autor (es):	Rafael Kevin Abanto Abanto /Luz Milagros Cabrera Bazán		
Título:	Mejora de procesos en impresión offset empleando la metodología six sigma para reducir el número de productos no conformes		
Grado de la tesis:	Bachillerato		
Universidad:	Universidad Privada Del Norte		
Año:	2016	País:	Perú
Metodología utilizada:	Metodología Seis Sigma para la eliminación de errores y retrasos en los procesos de impresión.		
Conclusiones:	Reducción de no conformidades en las tonalidades de colores. Incremento del nivel de calidad de 3.9 sigma a 4.1 Sigma. Calibración correcta de las impresoras offset. Según el análisis económico la realización del proyecto es viable.		

Proyecciones

Entonces, con la propuesta realizada en esta investigación se pretende reducir en al menos un 35% las inconformidades del proceso productivo de columnas prefabricadas aplicando herramientas de control que aporten valor en el camino a cumplir la meta que se propone.

Por lo tanto, los beneficios económicos esperados para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A se estiman en al menos \$5 000, realizando cambios que favorezcan y tengan el impacto necesario en las finanzas de la empresa para logran un ahorro anual sustentable.

Así pues, se establecerán herramientas de calidad que faciliten monitorear las inconformidades presentes en el proceso productivo de columnas prefabricadas y que ayuden a realizar una gestión de cambio en los colaboradores de cara a una cultura empresarial Kaizen.

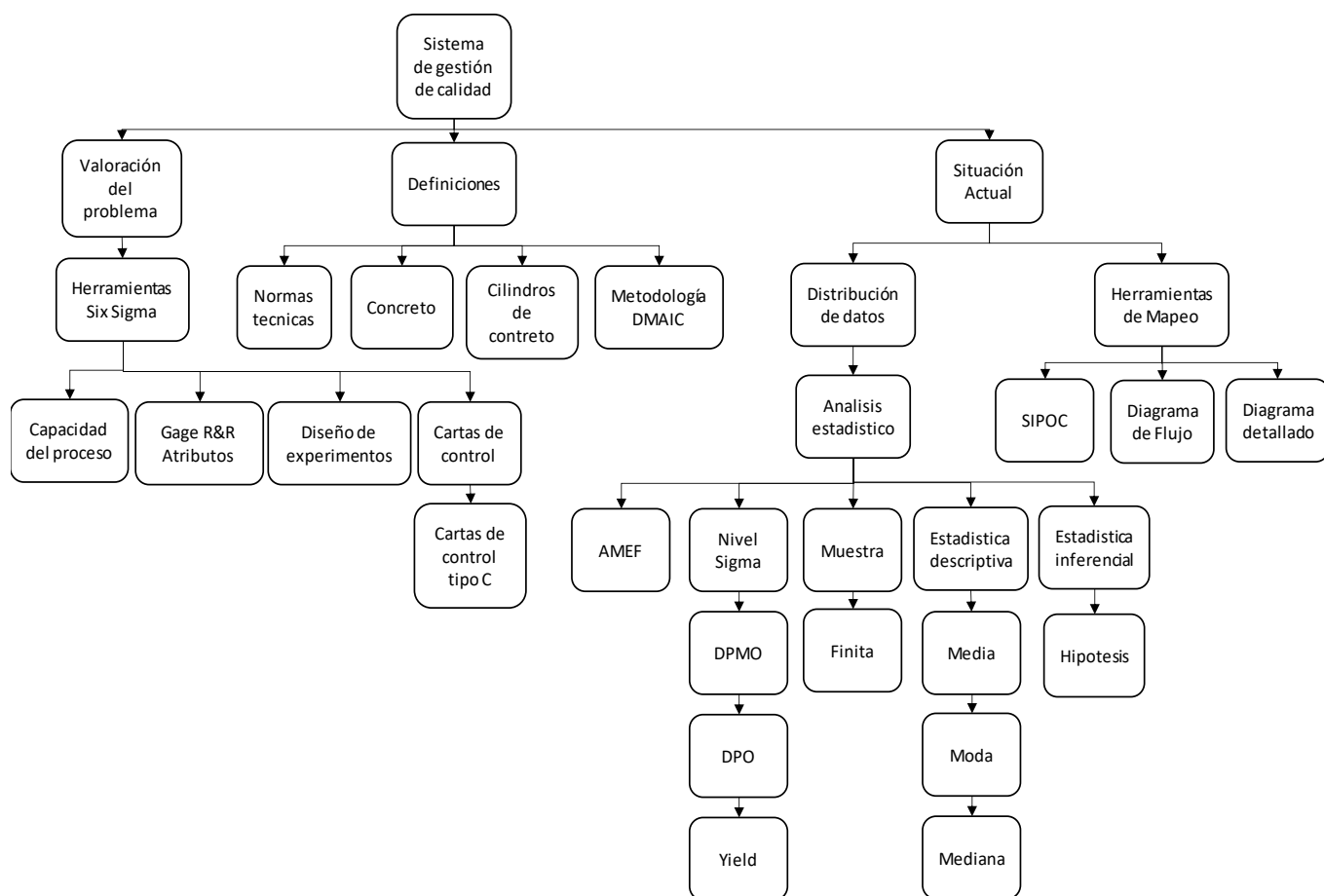
Capítulo II: Marco Teórico

El propósito de este capítulo es sustentar la investigación con toda la teoría relacionada a las variables asociadas al problema planteado durante el desarrollo de este trabajo escrito .

Pues, según Ruth Sautu (2005) “el marco teórico son las distintas perspectivas teóricas que es posible encontrar en ciencias sociales y su relación con los diferentes diseños y objetivos de investigación” Por lo tanto, para efectos de este estudio, se realiza una jerarquía de temas y se desarrolla un mapa conceptual.

Por consiguiente, es una estrategia didáctica para el aprendizaje y “constituyen una representación explícita y manifiesta de los conceptos y proposiciones que posee una persona” (Universidad Estatal a Distancia, s.f. p. 2).

Figura 3
Mapa conceptual



Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Sistema de gestión la calidad

Los sistemas de calidad es un engranaje que pretende gestionar y controlar las actividades que entre si hay una relación y tiene como objetivo entregar un producto que satisfaga las necesidades de un cliente. (Acuña, 2012, p. 29).

Por lo tanto, mediante la realización de esta investigación se propone hacer un sistema de gestión de la calidad, que brinde las herramientas necesarias para proporcionar un producto final que cumpla con las especificaciones requeridas por los clientes internos y que por consecuencia tenga un impacto en la satisfacción de los clientes externos ya que “La organización debe asegurarse de que las salidas que no sean conformes con sus requisitos se identifican y se controlan para prevenir su uso o entrega no intencionada.” (STTF, 2015,p.16).

Producto prefabricado

Según INTECO (2013) los productos prefabricados “son aquellos que son fabricados o construidos en un lugar diferente al que ocupan finalmente en la estructura.” (p.6).

Esta estructura para efectos de la investigación será el acople entre columnas y baldosas, uno de los tantos sistemas prefabricados que actualmente se utilizan y que son evaluados con forme al código sísmico nacional.

La norma de elementos prefabricados indica que una columna es un “elemento prefabricado de concreto reforzado o pretensado con acero, cuya longitud es mucho mayor, que las dimensiones de su sección transversal”. (INTECO,2013,p.5).

La misma norma detalla que una baldosa se considera un “elemento prefabricado de concreto reforzado con acero, cuyo espesor es mucho menor que su longitud y ancho.”(INTECO, 2013, p.5).

Normas Técnicas

Las normas técnicas son todos aquellos documentos que establecen requisitos, directrices, procedimientos o características aceptadas de forma voluntaria cuyo objetivo es garantizar un producto o servicio confiable.

La magnitud física es una propiedad de un objeto, sustancia o fenómeno físico que se puede definir en forma numérica a lo que Rodríguez (2013) en el manual de uso del sistema Internacional de unidades SI, define como valor de una magnitud “el producto de un número con una unidad. El número que multiplica dicha unidad es el valor numérico de la magnitud”.(p.31).

El concreto es el resultado de mezclar agregados y pasta compuesta de cemento y agua, formando una masa semejante a la roca. Según el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2010) en su código sísmico “La resistencia mínima especificada del concreto en compresión debe ser 210 kg/cm² y la resistencia máxima especificada para elementos de concreto liviano debe ser 280 kg/cm²” (p.8/2).

Se presenta las unidades más comunes y su equivalencia en la siguiente figura.

Figura 4

Equivalencia de unidades en el Sistema Internacional de Unidades. (contributors, 2019).

Pa	atm	bar	kgf/cm ²
1Pa	101 325 Pa	1.10 ⁵ Pa	98066,5 Pa

Fuente: EduRed.com. [2019].

Donde la resistencia a la compresión es una característica mecánica definida como la capacidad de soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo MPa (Pascal) el cual es un múltiplo de la unidad “Pa”(Rodríguez, 2013, p.59).

Seis Sigma

Existe un término llamado “Kaizen” según James (2014) es la mejora continua usando pequeños cambios en incremento”

Estrategia de mejora continua del negocio enfocada al cliente, que pretende encontrar y eliminar las causas de errores en los procesos (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

Esta modalidad cuenta con una metodología llamada DMAIC que se compone de las siglas de las palabras Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

Se definen las fases de la metodología de la siguiente manera:

- “En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la infrutilización de recurso.
- La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y las características o variables clave.
- En la tercera fase, análisis, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes.
- En la fase de mejora, el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese), para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso.
- La última fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios.” (López, 2014,p.91).

Herramientas de mapeo

Las herramientas vienen a contribuir al entendimiento del flujo de las actividades que agregan valor y las que no agregan valor dentro de un proceso en una representación gráfica de su distribución, En tanto, una de estas herramientas es el diagrama de flujo que “representa de una forma esquematizada y simbólica todos los pasos por los que atraviesa un proceso determinado.” [Traducido].(James, 2014)

Por otro lado, el diagrama SIPOC James(2014) lo detalla como “Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes. Este es usado para ayudar a recordar todos los factores al mapear un proceso” [Traducido].(p.538). Asimismo, el autor agrega que este diagrama puede ayudar a identificar todas las salidas que se pueden capturar producidas por la voz del cliente.(James, 2014, p. 367).

Herramientas Seis Sigma

En cada fase anteriormente descrita se utilizan diversas herramientas pertenecientes a un enorme mundo de posibilidades, algunas de ellas son mencionadas dentro de este documento necesarias para gestionar los datos estadísticos según el INEC (2017) “Los datos estadísticos son datos obtenidos sobre diferentes tipos de unidades de estudio, a partir de encuestas, censos o registros administrativos y que son utilizados para producir información estadística”. Además, Acuña (2012) define que la necesidad de que los datos sea veraz “para sean un adecuado apoyo en la tomas de decisiones objetivas”(p.56), este mismo autor indica que durante el análisis estadístico “ se calculan algunas medidas estadísticas representativas y se generan algunos gráficos que se los representan.”(p.57).

A todo esto, Pérez (2010) , a la estadística descriptiva la divide en dos áreas: descriptiva e inferencial, donde la descriptiva es definida como “aquella parte que se encarga de describir y analizar un conjunto de datos con el objetivo de que la información obtenida sea válida sólo para el conjunto observado.”(p.11), en cuanto al área inferencial es “aquella parte de la estadística que tiene como objetivo extrapolar las conclusiones obtenidas a conjuntos más numerosos.”(p.11).

Ino obstante, para realizar el análisis estadístico se toma un subconjunto de datos de una población, para efectos del análisis presentado se toma “una muestra finita para una población finita la cual está formada por un limitado número de elementos.” (Perez, 2010)

Por consiguiente, el muestreo tiene elementos de análisis como la media aritmética la cual nos permite realizar mediante su varianza un análisis de hipótesis el cual es un enunciado que representa la posible respuesta a la pregunta de investigación; como tal, tiene dos “valores de verdad”: verdadero o falso, lo que determina las correspondientes respuestas a las preguntas de investigación.(Gutiérrez y de la Vara ,2012).

Asimismo, estas varianzas abren camino a la posibilidad de realizar diseños de experimentos a lo que Gutiérrez y de la Vara (2012) definen como “aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente” (p.4).

Además este autor define el análisis de varianza (ANOVA) como la técnica central en el estudio de los datos experimentales (Gutiérrez y de la Vara, 2012, p.55).

Entre tanto, puede decirse que la capacidad de proceso es la medida potencial del mismo para cumplir con las especificaciones o requerimientos de un cliente. (González, 2017).

Por cierto, durante esta investigación no solamente se realiza un análisis para determinar la capacidad de un proceso, sino también se analiza la capacidad para la detección de productos no conformes con respecto a los operadores encargados de las inspecciones, este análisis se llama Gage R&R por atributos, el cual IIT Kharagpur (2018) define como” un enfoque estadístico para determinar si un medidor o un sistema de medición son adecuados para el proceso de aseguramiento.”

Otra de las herramientas utilizadas es el análisis modal de fallos y efectos conocido por sus siglas como AMEF, que según Socconini (2014) se utiliza para “analizar productos , herramientas de gran volumen o maquinaria estándar.” (p.179). Este análisis permite detectar fallas en productos, procesos o sistemas, para evitar la ocurrencia y tener una documentación con el objetivo principal de prevenir.

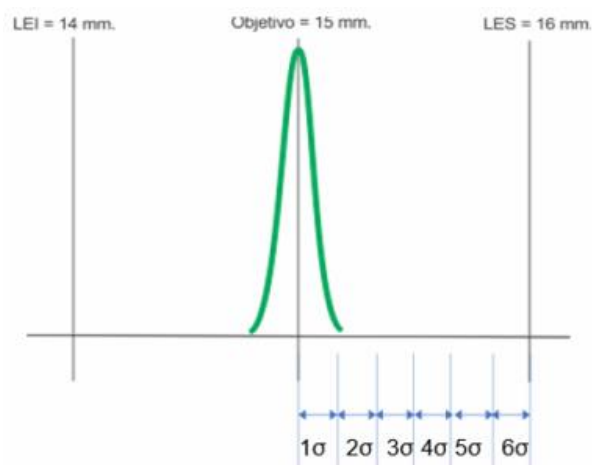
Nivel Sigma

Sigma es una letra del alfabeto griego (σ) la cual se utiliza como unidad estadística de medición y define la desviación estándar de una población, sabiendo esto podemos describir el nivel sigma como la cantidad de veces que una desviación estándar cabe dentro de los límites de especificación del proceso.

Existen seis niveles como se observan a en la figura 5.

Figura 5

Los seis niveles sigma dentro de un proceso de forma ejemplificada para una mejor visualización.



Fuente: Leansolutions. [2019].

Para determinar el nivel sigma, el proceso con la cantidad de defectos por millón de oportunidades conocido por sus siglas como (DPMO), descrito por James (2014) “el número de errores que pueden ocurrir en un millón de oportunidades de cometer un error”. [Traducido] (p.510).

Figura 6

Fórmula para determinar la cantidad de defectos por millón de oportunidades.

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades} \times \text{Oportunidades}} \times 1\,000\,000$$

Fuente: Juan Carlos Montenegro.

Tabla 2

Estructura de los niveles sigma según la cantidad de defectos por millón de oportunidades, (School, 2014).

Sigma	Eficiencia	DPMO
1σ	30,85%	690000
2σ	69,15%	308537
3σ	93,30%	66807
4σ	99,30%	6210
5σ	99,98%	233
6σ	99,99%	3.4

Fuente: PXS School, 2014.

Otra de las métricas utilizadas durante el análisis son los defectos por unidad conocido por sus siglas como DPU, que es igual al número de defectos en una muestra dividido entre el número de unidades incluidas en una muestra.

Figura 7

Fórmula para determinar la cantidad de defectos por unidad.

$$DPU = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades}}$$

Fuente: Juan Carlos Montenegro.

Por su parte los defectos por oportunidad (DPO) es el número de defectos de una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defecto.

Figura 8

Fórmula para determinar el número de defectos por oportunidad.

$$DPO = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades} \times \text{Oportunidades}}$$

Fuente: Juan Carlos Montenegro.

Anudado a esto, índice de desempeño (Yield) según James (2014) “ El número de partes buenas que entran en una operación dividido por el número de partes aceptables que salen de la operación sin ningún reproceso.” [Traducido]. (p.513).

Entonces, todas estas herramientas brindan los datos necesarios para observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo utilizando cartas de control las cuales están delimitadas con la distribución de la probabilidad del estadístico para que logren un porcentaje de cobertura específico.

Por otro lado, algunos gráficos se constituyen por atributos de un producto, según James (2014) “Un gráfico de datos de atributos de algún parámetro del rendimiento de un proceso, generalmente determinado por un muestreo regular del producto, servicio o proceso como una función (generalmente) de tiempo o número de unidad u otra variable cronológica” [Traducido] (p.502).

De otra manera Acuña (2012) explica que los gráficos del tipo c “sirven para el control de defectos cuando estos se chequean por muestra extraída...los puntos que están debajo del límite inferior no se eliminan de forma inmediata, sino que se investigan las causas”. (p.614).

Capítulo III: Marco Metodológico

Durante esta sección se desarrolla la estructura metodológica para realizar una investigación, cabe destacar que el marco metodológico cuenta con tres líneas de enfoque.

1. Enfoque cuantitativo.
2. Enfoque cualitativo.
3. Enfoque mixto.

Según Sanpieri (2014). “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema.” (p.4)

Enfoque

Para realizar la metodología del presente trabajo se utiliza uno de los tres enfoques descritos por Roberto Hernández Sampieri en su libro de la metodología de la investigación (2014) en el cual menciona que:

“El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.” (p.4).

Además, Hernández Sampieri (2014). Menciona que “El enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación.” (p.7).

Y agrega que el enfoque mixto utiliza las fortalezas de ambos tipos de indicación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales. (Hernández,2014).

Para efectos del presente proyecto se utiliza un enfoque cuantitativo pues se realiza una recolección de datos mediante el cálculo de una muestra para el análisis estadístico que llegue a determinar el resultado de las hipótesis planteadas.

Alcance

Según el autor del libro la metodología de la investigación (2014), Roberto Hernández Sampieri existen cuatro tipos de alcances, en su obra se menciona que:

- “El alcance exploratorio se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tiene muchas dudas o no se ha abordado antes.” (p.91).
- “El alcance descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.” (p.92).
- “El alcance correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. “(p.93).
- “El alcance explicativo pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. “(p.95).

Por lo tanto, para efectos de este proyecto de investigación se utiliza el alcance correlacional ya que se asocian las variables que afectan los productos prefabricados cuantificando el patrón que se da en las producciones en cuanto a la cantidad de producto no conforme.

Así pues, las variables pueden llegar a ser desde malas inspecciones por parte de los colaboradores emitiendo un criterio erróneo, la dosificación de los agregados para la mezcla de concreto, calidad de la materia empleada en la mezcla, entre otros. De manera que, todas ellas convergen en un mismo patrón el cual es la cantidad de producto no conforme.

Diseño

A saber, el enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo este presenta dos tipos de diseño el experimental y el no experimental, los cuales son desarrollados de la siguiente manera, en una forma independiente.

- **Diseño experimental**

Este diseño busca la manipulación intencional de una o más variables independientes, adicionalmente pretende medir el efecto en variable dependiente. Así mismo, uno de sus objetivos es determinar una validez interna (la variación de la variable dependiente no debe ser por otras causas o factores o causas diferentes a la variable independiente).

- **Diseño no experimental**

Por su parte este diseño analiza el fenómeno en su ambiente natural sin la manipulación deliberada de variables y se observa en su ambiente natural.

Este tipo de diseño cuenta con la siguiente clasificación.

- Transeccional (transversal): se recolectan los datos de un solo momento dado.
- Longitudinal (evolutiva): recaban datos en diferentes puntos del tiempo (largo tiempo).

Por lo tanto esta elección de enfoque crea un diseño experimental ya que la propuesta pretende realizar una manipulación intencional de una o más variables independientes midiendo el efecto causado por la intervención con el fin de tener resultados favorables para la empresa.

Muestra De La Investigación

La muestra se realiza de forma aleatoria y de tipo representativo ya que la población de intereses es toda la producción de productos prefabricados y la muestra debe reflejar la estructura de la misma.

Por tanto, este muestreo se realiza de tipo probabilístico en forma aleatoria simple aplicado a la producción total durante un tiempo establecido y llenando una hoja de registro para las inconformidades.

Asimismo, sabiendo que la población de estudio es de tipo finita, se utiliza la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra.

Figura 9

**Fórmula para
tamaño de una
población**

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

**determinar el
muestra en una
finita.**

Donde:

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Variables o Unidades de Análisis

Objetivo específico	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Identificar los productos prefabricados con mayor número de unidades no conformes	Productos prefabricados no conformes	Son los productos previamente manufacturados por medio de moldes que se pueden ensamblar entre si (Ing. Ortiz Monasterio,2009)	Porcentaje de producto no conforme durante un mes	Hoja de inspección
Numerar la cantidad de unidades no conformes dentro del proceso de prefabricado	Producto no conforme	Producto no conforme es todo aquel que no cumple con algun requerimiento establecido en un sistema de gestión de calidad. (Iso 9001,2015)	No conformidad/Producción mensual	Hoja de control de inconformidades
Analizar las causas principales que afectan el proceso de prefabricado	<ul style="list-style-type: none"> •Concreto •Presión aplicada en el concreto 	<ul style="list-style-type: none"> •Producto resultante de la mezcla de un aglomerante. (Luis Colmenares, 2014) •Es la fuerza por unidad de área. (Ronny Zurita,2016) 	<ul style="list-style-type: none"> •Cantidad materia prima por mezcla •Kg/cm2 	<ul style="list-style-type: none"> •Hojas de producción •Informe de falla de cilindros
Elaborar un plan para la solución del problema principal en el proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> •Eficiencia de Inspección. •Capacidad del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> •Es la acción de examinar y medir las características de calidad en un producto. (Iván García Sánchez,2007) •Grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con especificaciones técnicas. (Bryan López,2019) 	<ul style="list-style-type: none"> •Numero inconformidades/Inspector •Limite superior-Limite inferior dividido entre seis desviaciones estándar. 	<ul style="list-style-type: none"> •Hoja de control de inconformidades •Hoja de cálculo de capacidades de proceso.
Diseñar cartas de control para productos no conformes dentro de la organización.	Productos prefabricados no conformes	Son los productos previamente manufacturados por medio de moldes que se pueden ensamblar entre si (Ing. Ortiz Monasterio,2009)	Σ No conformidad/ Σ muestra de producción mensual	Carta de control Tipo C

Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios esperados
Porcentaje de producto no conforme durante un mes	Hoja de Inspección	Sistemas informáticos	Conocer bajo criterio experto por inspección el producto con mayor porcentaje de producto no conforme durante las producciones mensuales
No conformidad /Producción mensual	Hoja de control de inconformidades	Sistemas informáticos	Se espera obtener la muestra necesaria para realizar los estudios estadísticos pertinentes.
•Cantidad materia prima por mezcla •Kg/cm ²	•Hojas de producción •Informe de falla de cilindros	Máquina de compresión de cilindros de concreto	Conocer la resistencia de la mezcla de concreto para determinar si necesita cambios en la dosificación
•Numero inconformidades/Inspector •Limite superior-Limite inferior dividido entre seis desviaciones estándar.	•Hoja de control de inconformidades •Hoja de cálculo de capacidades de proceso.	Sistemas informaticos	Conocer el nivel de conocimiento de los inspectores y brindar capacitaciones especializadas que brinden un criterio mayor de aceptación
Σ No conformidad / Σ muestra de producción mensual	Carta de control Tipo C	Sistemas informaticos para el registro de datos relacionados a la producción	Determinar los limites del proceso para comenzar el control de la producción

Proceso Para La Recolección De Datos

El método elegido para realiza la recolección de datos será el llenado de hojas de registro para la evidenciar la cantidad de producto no conforme al momento de realizar el desmoldado de los productos prefabricados.

En primer lugar, se toman de manera al azar los moldes de producto para realizar el registro, el criterio del inspector va a indicar si un producto cuenta como las especificaciones de calidad requeridas para determinar si cuenta o no con alguna inconformidad.

Por otra parte, de la misma manera, se tomarán al azar muestras de la mezcla de concreto para realizar cilindros los cuales se llevarán al laboratorio de calidad para realizar pruebas destructivas, los datos provenientes de la máquina de compresión se ingresan en una hoja de registro de falla.

Luego, los datos muestrales obtenidos, se tabulan de tal manera que faciliten la comprensión y el análisis estadístico de manera descriptiva e inferencial para documentando los hallazgos que se logren obtener.

Método De Análisis

Los programas que se utilizan para procesar la información obtenida son el Excel y el Minitab. Asimismo, cabe mencionar que el programa Excel fue desarrollado por la empresa Microsoft para el uso de trabajo en oficina realizando una serie de movimientos y procesos matemáticos mediante hojas de cálculo. Algunas de sus características son las siguientes:

- Efectos
- Formatos
- Gráficos
- Herramientas
- Vínculos
- Plantillas

También se utiliza el programa Minitab desarrollado por Bárbara Ryan quien es uno de los fundadores de la empresa Minitab LLC. Este se desarrolla para la facilitar los análisis estadísticos.

Algunas de sus características son:

- Estadística básica y avanzada
- Regresión y ANOVA
- SPC
- DOE - Diseño de experimentos
- Gage R&R
- Minitab Análisis de fiabilidad
- Tamaño de muestra y capacidad
- Series temporales y predicción
- Potente importación, exportación y manipulación de datos
- Lenguaje de macros
- Asistente de Minitab, le guía en cada paso de su análisis e interpretación de resultados.

Por lo tanto, cada variable en este proyecto será sometida a los análisis estadísticos pertinentes para describir la situación actual y proponer una resolución de algún problema evidenciado.

Asimismo, con el tipo de investigación algunas de las herramientas que se estarán utilizando son las siguientes.

- **Media**

Es el comportamiento equivalente dentro de un conjunto de datos.

$$Media(X) = \frac{\sum_j X_j \cdot f_j}{N}$$

Donde: X_j son observaciones distintas

f_j es la frecuencia relativa

N es el número total de datos.

- **Desviación Estándar**

Es la medida de dispersión más común para determinar cuan dispersos están los datos con respecto de la media.

$$DE = \sqrt{\frac{\sum |x - \mu|^2}{N}}$$

Donde; X es el valor de un conjunto de datos

μ es la media del conjunto de datos

N es el número total de datos.

- **Gage R&R Atributos**

Por tanto, busca medir la concordancia de atributos para evaluar la concordancia de las clasificaciones nominales subjetivas o clasificaciones ordinales realizadas por múltiples evaluadores.

Donde repetibilidad = $CM_{\text{repetibilidad}}$

$$\text{Operador} = \frac{CM_{\text{Operador}} - CM_{\text{Operador}} * \text{Parte}}{a * n}$$

a: es el número de partes.

n: es el número de replicas.

$$\text{Entre las partes} = \frac{CM_{\text{Parte}} - CM_{\text{Repetibilidad}}}{b * n}$$

b: es el número de operadores.

n: el número de réplicas.

Reproducibilidad = $CompVar_{\text{Operador}}$

R&R total del sistema de medición = $CompVar_{\text{Repetibilidad}} + CompVar_{\text{Reproducibilidad}}$

Variación total = $CompVar_{\text{R\&R total del sistema de medición}} + CompVar_{\text{Entre las partes}}$

- **Intervalo de confianza**

Es el rango de valores resultante de los estadísticos de la muestra, que posiblemente incluya el valor de un parámetro de población desconocido.

$$\bar{X} \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde: \bar{X} es la media de la muestra.

$z_{\alpha/2}$ es la probabilidad acumulada inversa de la distribución normal estándar.

σ es la desviación estándar de la población.

n es el tamaño de la muestra.

- **Valor de Z**

Es un estadístico de prueba que mide la diferencia entre un estadístico observado y su parámetro de población de la desviación estándar.

$$z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Donde: \bar{X} es la media de la muestra.

μ_0 : es la media hipotética de la población.

σ : es la desviación estándar de la población.

n : es el tamaño de la muestra.

- **Valor de P**

Es el valor de la probabilidad dependiente de la hipótesis alternativa.

También se utiliza para determinar si los datos siguen una distribución específica.

$$H_1: \mu > \mu_0 \qquad P(Z \geq z \mid \mu = \mu_0)$$

$$H_1: \mu < \mu_0 \qquad P(Z \leq z \mid \mu = \mu_0)$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0 \qquad 2 \times P(Z \geq |z| \mid \mu = \mu_0)$$

Donde: μ es la media de la población.

μ_0 es la media hipotética de la población.

z es el valor z de los datos de la muestra.

Z es una variable aleatoria de la distribución normal estándar.

- **Índices de capacidad**

Son los índices utilizados para determinar si un proceso está produciendo dentro de las especificaciones.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

Donde: C_p es la capacidad del proceso.

σ es la desviación estimada.

USL es el límite superior de la tolerancia.

LSL es el límite inferior de la tolerancia.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}}\right)$$

Donde: C_{pk} es la capacidad del proceso para estar centrado dentro de los límites.

σ : es la desviación estimada.

USL: es el límite superior de la tolerancia.

LSL: es el límite inferior de la tolerancia.

- **Carta de control C.**

Es un gráfico diseñado para controlar el número de defectos en una muestra del producto o unidad de inspección.

$$C = \frac{\sum n_i}{N}$$

Donde: n_i es la cantidad de defectos por unidad de inspección.

N es el número de unidades de inspección.

Cronograma

Proyecto de Tesis	EDT	Semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Formato de estructura Word	1	■															
Capítulo I Introducción	2	■	■	■													
Planteamiento del problema	2.1			■													
Objetivos	2.2		■														
Objetivo General	2.2.1		■														
Objetivos específicos	2.2.2		■														
Justificación	2.3			■													
Antecedentes	2.4	■															
Proyecciones	2.5			■													
Capítulo III Marco Metodológico	3				■	■											
Enfoque	3.1				■	■											
Alcance	3.2				■	■											
Método	3.3				■	■											
Muestra de la investigación	3.4				■	■											
Variables o unidades de análisis	3.5				■	■											
Instrumentos	3.6				■	■											
Proceso para recolección de datos	3.7				■	■											
Método de análisis	3.8				■	■											
Cronograma	3.9				■	■											
Capítulo II Marco Teórico	4						■										
Capítulo IV Análisis de la situación (Diagnóstico)	5							■	■	■	■	■					
Descripción de la situación actual	5.1							■	■	■	■	■					
Análisis de la situación actual	5.2								■	■	■	■					
Evaluación de alternativas de solución	5.3									■	■	■	■				
Capítulo V Conclusiones y recomendaciones	6												■				
Conclusiones	6.1												■				
Recomendaciones	6.2												■				
Capítulo VI Propuesta	7													■	■	■	■
Propuesta	7.1													■	■	■	■
Análisis económico	7.2															■	■
Plan de implementación	7.3																■

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Así pues, de las treinta y tres operaciones que conforman el proceso de fabricación de columnas las actividades presentadas a continuación por medio de la especificación de las mismas, se determina que son nueve operaciones las que agregan valor al procedimiento como se puede ver en Figura 12.

Figura 12

Detalle de las actividades que agregan valor al proceso de producción de columnas prefabricadas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Pasos del Proceso	AV O NAV	Detalle de la actividad	Entradas y Salidas	Tipo E/S	Especificaciones	Controlable / No Controlable	Equipo
Agregar desmoldante	AV	Se agrega una capa de lubricación que separa la mezcla de concreto con el metal, facilitando el proceso de desmoldado.	Aplicación total al molde	Salida	Cantidad de mililitros	Controlable	Aspersor tipo mochila
			Dosificación	Entrada	Cantidad de mililitros	Controlable	
Hacer mezcla	AV	Se realiza una mezcla uniforme de los agregados para crear la pasta de concreto, dosificada en los diferentes moldes de columnas.	Chorrea de concreto	Salida	metros cubicos	Controlable	Mezcladora
			Agregados	Entrada	kilogramos	Controlable	Docificadora
			Agua	Entrada	Litros cubicos	No Controlable	Docificadora
			Cemento	Entrada	kilogramos	Controlable	Docificadora
Vibrar mezcla en el molde	AV	La vibración permite la salida de aire en la mezcla.	Aditivo	Entrada	centímetros cubicos	Controlable	Docificadora
			Concreto compactado	Salida			Vibrador de punta
			Vibrado	Entrada	Distancia entre puntos de vibrado	Controlable	
I acabado	AV	Eliminación de irregularidades.	Composición de mezcla	Entrada	Cantidad de aire atrapado	No Controlable	
II acabado (nivelado)	AV	Nivelar la mezcla a la altura del molde	Chorrea nivelada	Salida			
			Dimensiones	Entrada	Criterio de inspección	No Controlable	Llaneta
III acabado (emparejado)	AV	Detallado del acabado de la columna.	Chorrea nivelada	Salida			
			Dimensiones	Entrada	Criterio de inspección	No Controlable	Llaneta
Marcado de código	AV	Se marca el código de inventario sobre el concreto, mientras la mezcla esté fresca.	Columnas identificadas	Salida			
			Colocación del código de producto	Entrada	Según hoja de producción	Controlable	Punta de acero
Limpiar agujero de la manguera para el pasante	AV	El agujero permitirá colocar la varilla de amarre durante la instalación de las columnas	Pasante en columnas	Salida			
			Dimensiones	Entrada	diámetro mínimo 3-1/8"	Controlable	Taladro y broca de 3-1/8"
Llevar columnas área de curado	AV	Esta sección del proceso permite fraguar el concreto para que tenga una máxima resistencia	Concreto Fraguado	Salida			
			Resistencia	Entrada	Resistencia mínima 240 kg/cm2	No Controlable	
			Agua	Entrada	Litros Cubicos	Controlable	Dispensores

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Entre tanto, las veinticuatro operaciones que no agregan valor se colocan en la lista presentada en la Figura 13, estas actividades no requieren especificaciones dentro del proceso, ni un nivel técnico para su ejecución, incluso algunas pueden representar mudas dentro de la producción de columnas, por lo tanto representan fases operativas.

Figura 13

Detalle de las actividades que no agregan valor dentro del proceso de producción de columnas prefabricadas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Pasos del Proceso	AV O NAV
Traer armazón y uniones	NAV
Colocar armazón y uniones	NAV
Colocar maguera para pasante	NAV
Verter la mezcla en el molde	NAV
Docificar mezcla en el molde	NAV
Remover exceso de mezcla en el molde	NAV
Quitar mezcla de las divisiones del molde	NAV
Dejar que seque la mezcla	NAV
Quitar tornillos de moldes	NAV
Quitar laterales de moldes	NAV
Quitar frentes de moldes	NAV
Quitar divisiones de moldes	NAV
Quitar niveladores de tamaño	NAV
Limpiar divisiones de moldes	NAV
Colocar divisiones en el suelo	NAV
Girar Columnas	NAV
Quitar fondos de moldes	NAV
Limpiar fondos de moldes	NAV
Traer monta cargas	NAV
Colocar columnas en montacargas	NAV
Entarimar las columnas	NAV
Colocar fondo de moldes	NAV
Colocar divisiones de moldes	NAV
Colocar Tornillos a moldes	NAV

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Entretanto, una vez que se mapeó el proceso y cómo interactúan todas sus partes para dar como resultado el producto final, específicamente las columnas prefabricadas de concreto, se procedió a documentar cuáles inconformidades se presentan en la producción de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, obteniendo el siguiente resultado:

1. **Canal defectuoso:** Sucede al momento de realizar el subproceso de desmoldado, el canal de la columna se deforma en secciones de hasta 35cm.
2. **Esquinas quebradas:** De igual manera sucede en el subproceso de desmoldado, algunas esquinas se quiebran al liberar la presión que los moldes ejercen sobre el concreto seco.
3. **Huecos pronunciados:** Se presentan cuando el agregado de piedra se acumula en una zona y no permite que la mezcla quede uniforme, creando huecos de forma aleatoria en las columnas.
4. **Reventaduras:** Son ocasionadas por el proceso de fraguado del concreto.

Las inconformidades supra citadas se tabulan con la frecuencia de aparición durante los meses de enero a junio del año 2020.

Tabla 3

Tipos de inconformidades detectadas en el proceso productivo de columnas durante los meses de enero a junio del año 2020 en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.

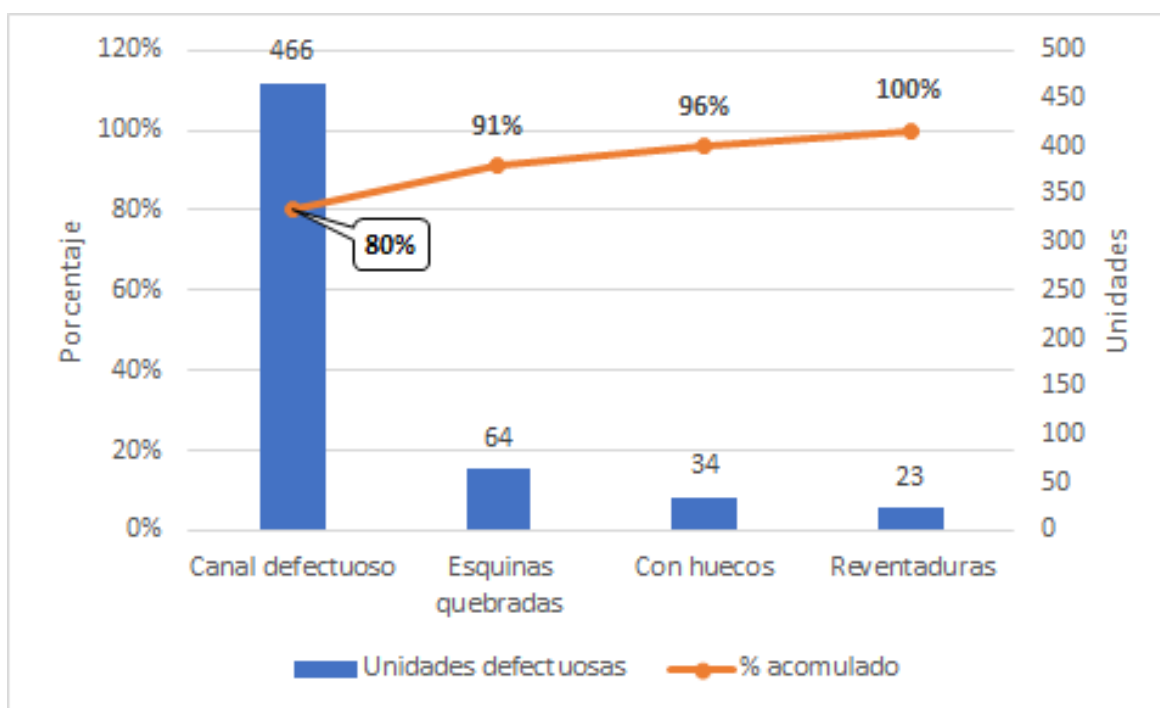
Inconformidad	Línea C	Línea E
Total General	215	372
Canal defectuoso	156	310
Esquinas quebradas	31	33
Con huecos	14	20
Reventaduras	14	9

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Así luego de obtener la frecuencia en que se presentaron dentro del proceso productivo para los meses de enero a junio se procede a realizar un Diagrama de Pareto, evidenciando que el 80% de los defectos se concentran en la inconformidad denominada “Canal defectuoso” como se observa en el gráfico que se presenta a continuación:

Gráfico 1

Diagrama de Pareto con la frecuencia de las inconformidades presentes en el proceso productivo de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A



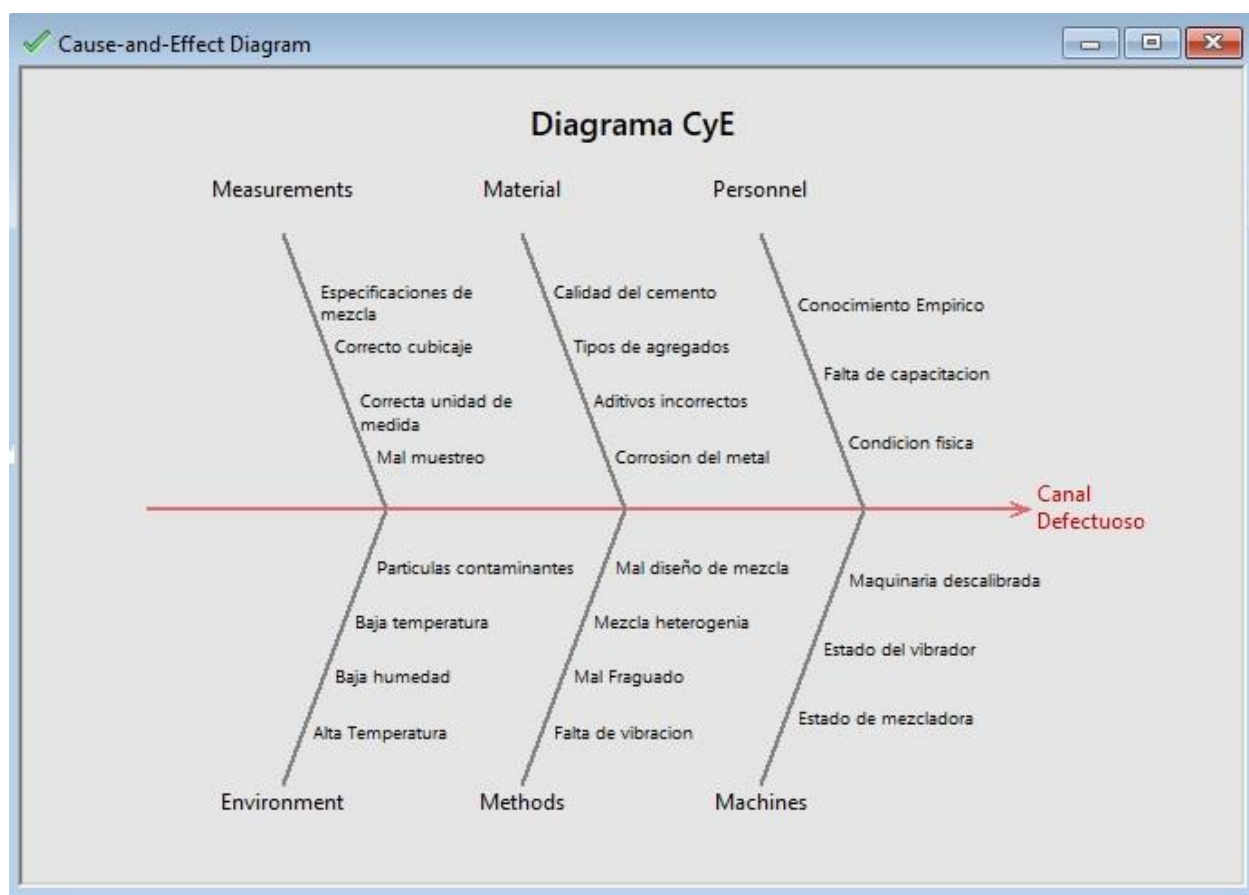
Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

De esta manera, se puede evidenciar que la cantidad de defectos de 466 unidades al mes de junio correspondientes a la inconformidad denominada “Canal defectuoso” es muy representativa en comparación a los demás tipos de defectos por lo cual se continua la investigación sobre el proceso de producción de columnas prefabricadas con el objeto de lograr determinar las causas de afectación sobre el mismo.

Entonces, para realizar el análisis de causa y efecto de una manera eficiente, se toma en cuenta la participación del equipo de producción de columnas, mediante el cual se empieza una lluvia de ideas siempre con el objetivo de agregar al diagrama las causas con mayor peso dentro y fuera del proceso que favorezcan la aparición de la inconformidad “Canal defectuoso” tal como se evidencia en el Pareto generado por la frecuencia de aparición de los defectos según la identificación que se realizó en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.

Figura 14

Diagrama de Causa y Efecto aplicado a la inconformidad “Canal Defectuosos” presente en el proceso de producción de columnas.



Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

A todo esto, al tomar en cuenta como base una propuesta planteada en el apartado de Justificación el cual menciona la reducción de al menos 30% de las inconformidades, se procede a calcular la probabilidad de que el proceso actualmente cumpla con esta meta como se puede observar en la figura siguiente.

No obstante, cabe destacar que las especificaciones dadas por el Jefe de producción es que los defectos mensuales estén bajo el siguiente parámetro [$5\text{und} \leq X \leq 20\text{und}$], según las reuniones realizadas, se permite un mínimo de 5 unidades defectuosas y un máximo de 20 unidades defectuosas para el proceso productivo de columnas prefabricadas Tipo C y Tipo E.

Figura 15

Cálculo realizado en Minitab de la probabilidad de que el proceso actualmente cumpla con la meta propuesta, 2020.

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 587 and standard deviation = 134

x	P(X ≤ x)
205	0.0021808

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Por lo tanto, se determina que la probabilidad de que el proceso de producción de columnas tipo C y E cumpla actualmente con la meta planteada es de un 0.2%. Además, al utilizar las especificaciones que brindó el Jefe de producción y se tabulan junto con la información estadística obtenida de la inconformidad denominada “Canal defectuoso”, la misma es presentada a continuación:

Tabla 4

Datos estadísticos obtenidos de las inconformidades relacionadas al canal defectuoso y las especificaciones brindadas por la jefatura de producción, 2020.

Datos	Valores
μ	19.41 def
σ	12 def
Lim Sup	20 def/mes
Lim Inf	5 def/mes

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Con esta información se procede a investigar cual es la capacidad actual del proceso de fabricación de columnas Tipo C y E.

Se tiene una capacidad de proceso según los cálculos realizados de un $C_p=0.26$, determinando que el proceso no entra ni una sola vez dentro de las especificaciones y tomando en cuenta el desplazamiento del proceso calculado en $C_{pk}=-0.02$ que efectivamente no tiene la capacidad de cumplir con dichas especificaciones.

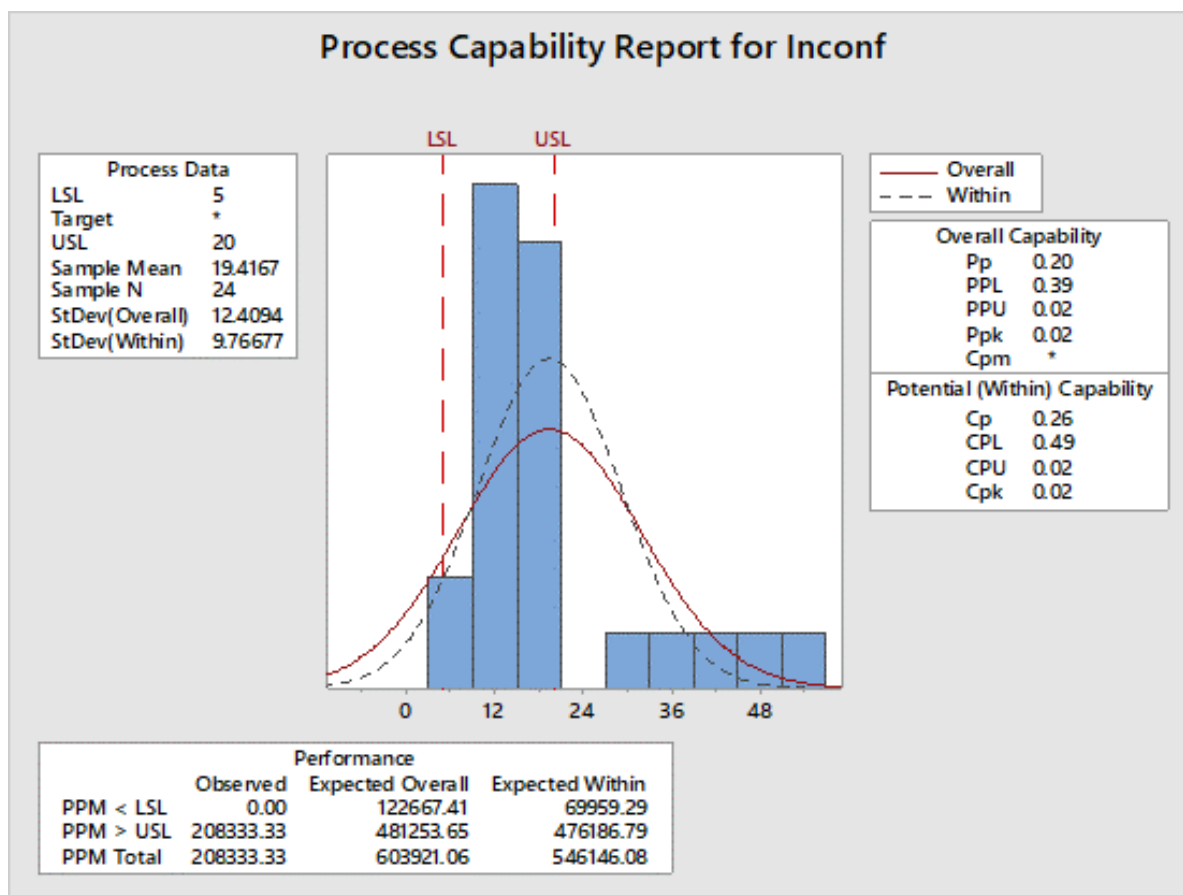
Así de esta manera, se puede observar en el reporte de capacidad en la Figura 16 que la cantidad de defectos presentes en el proceso de producción de columnas está muy cerca del límite superior de 20 unidades inconformes (especificación designada por el Jefe de producción) al presentar un promedio de 19.42 unidades.

Asimismo, se puede observar también en el reporte generado por medio de Minitab en la Figura 14 en el cual se evidencia que el comportamiento en los datos ha sido atípico, esta tendencia es justificada por la reducción de la producción a causa de las medidas de cierre impuestas por el gobierno de Costa Rica en su lucha por prevenir una propagación descontrolada del virus Covid-19.

No obstante a pesar de la reducción de las operaciones de la compañía, las inconformidades siguen apareciendo, por lo tanto esto permite continuar con el análisis de la situación actual en el proceso de fabricación de columnas Tipo C y E.

Figura 16

Reporte de la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones brindadas por el Jefe de producción generado en Minitab, 2020.



Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

También es importante tener en cuenta que el proceso actualmente no esta tiene la capacidad de cumplir con las especificaciones, se procede a realizar un cálculo del nivel sigma para conocer el rendimiento actual.

De esta manera, se procede a realizar los cálculos utilizando el sistema Minitab y se determina que el área bajo la curva menor es de 0.1149 (Ver Figura 17) y el área bajo la curva mayor es de 0.5196 (Ver Figura 18), obteniendo que los Defectos por partes por millón corresponden a 595 301 DPPM y los Defectos por Millón de Oportunidades equivalen a 22068 DPMO como se evidencia en la Tabla 5 más adelante, dando como resultado según la curva

normal según la Figura 19 un área de 0.7242 con un desplazamiento de 1.5, da como resultado un nivel sigma de 2.2 como se aprecia en el grafico 2.

Figura 17

Área menor bajo la curva normal de los dato obtenidos de la inconformidad “Canal defectuoso” en el proceso de fabricación de columnas tipo C y E, 2020.

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 19.41 and standard deviation = 12

x	P(X ≤ x)
5	0.114908

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Figura 18

Área mayor bajo la curva normal de los datos obtenidos de la inconformidad “Canal defectuoso” en el proceso de fabricación de columnas tipo C y E, 2020.

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 19.41 and standard deviation = 12

x	P(X ≤ x)
20	0.519607

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Figura 19

Área completa de la curva normal con los datos obtenidos de la inconformidad “Canal defectuoso” en el proceso de fabricación de columnas tipo C y E, 2020.

Cumulative Distribution Function

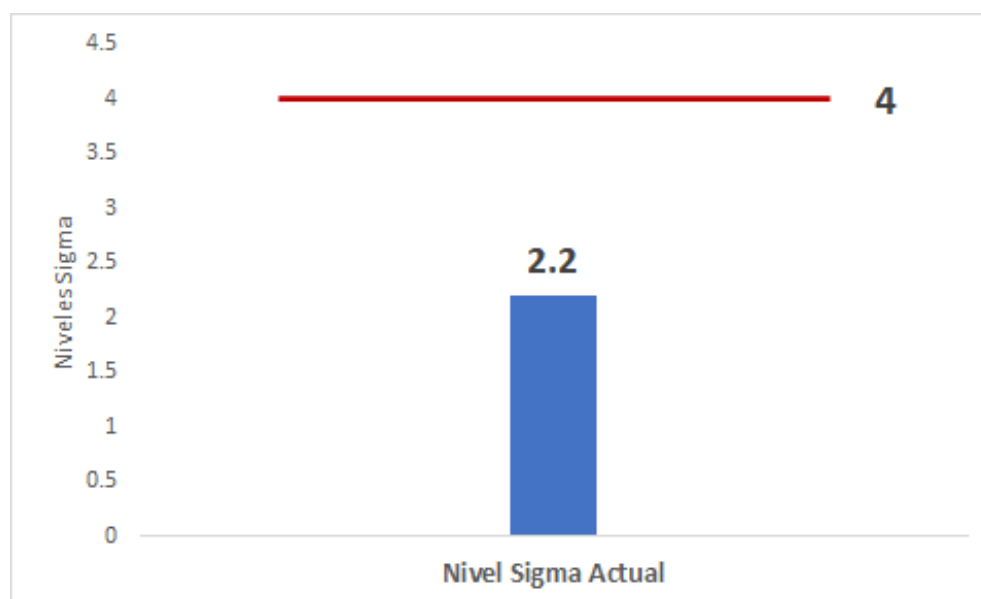
Normal with mean = 0 and standard deviation = 1

x	P(X ≤ x)
0.5953	0.724179

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Gráfico 2

Nivel sigma actual de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A



Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Tabla 5

Resumen de los cálculos realizados para determinar el nivel sigma del proceso de producción de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Rubro	Cálculo	Resultado
Inversa de curva mayor	$1-0.5196$	0.4804
Curva mayor + inversa	$0.1149+0.4804$	0.5953
DDPM	$0.5953*1000000$	595300
DPMO $(587/(6650*4)*1000000$		22068
Nivel Sigma	$0.7241+1.5$	2.2

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Así, el nivel sigma actual evidencia la necesidad de mejorar el proceso de producción de columnas, si realizamos una comparación con el nivel teórico de 4σ según (School, 2014) donde indica que una empresa en la industria promedio se encuentra en una calidad convencional en sus procesos, por consiguiente se puede determinar que la compañía Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A presenta un rendimiento del 70% el cual representa

un costo de calidad en un rango de 30-40% de las ventas como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 6
Costo de la calidad en función al porcentaje de las ventas según el nivel sigma en el que se encuentre una empresa promedio a nivel mundial.

Nivel Sigma	Partes por millón	Costo de calidad	Referencia
6 sigma	3.4 defectos por millón	<10% de ventas	
5 sigma	233 defectos por millón	10-15% de ventas	(Clase mundial)
4 sigma	6210 defectos por millón	15-20% de ventas	(Industria promedio)
3 sigma	66807 defectos por millón	20-30% de ventas	(No competitivo)
2 sigma	308537 defectos por millón	30-40% de ventas	
1 sigma	690000 defectos por millón		

Fuente: Héctor Álvarez (2003).

No obstante, la inconformidad denominada “Canal defectuoso” se somete a un diagnóstico en conjunto con el equipo de producción de columnas, para determinar las posibles causas y poder brindar de una manera más atinada las conclusiones de este análisis de situación actual.

Asimismo, el análisis de las causas determina que actualmente los operarios encargados de realizar la mezcla de concreto para las columnas prefabricadas, no siguen las especificaciones sobre el diseño de mezcla y a esto se suma un conocimiento empírico en el proceso obtenido por los años de continuidad laboral dentro de la organización.

Por ello, al conocer que la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A no cuenta con un correcto sistema de calidad, se procede a evaluar el nivel de efectividad en los operarios responsables de la inspección de producto terminado, realizando una prueba Gage R&R con el fin de analizar que actualmente pueden evaluar si un producto cumple o no con los estándares de conforme o no conforme, estipulados por la jefatura de producción y se obtienen los siguientes resultados los cuales pueden visualizarse en la figura 20.

- **Puntaje del operador (1):** El porcentaje es menor al 100% indicando de esta manera la posibilidad de reasignar la función de inspección a otros operadores o bien entrenar a los actuales encargados.
- **Porcentaje efectividad del filtro (2):** El promedio de veces en que los operarios fueron congruentes con ellos mismos pero no entre sí, es de un 47.22%.
- **Puntaje Vr Atributos (4):** Un 8.33% de las veces los operarios estuvieron de acuerdo con el estándar establecido para la prueba, por lo tanto evidencia la necesidad de crear un catálogo de inconformidades y dar un entrenamiento que eleve este porcentaje en al menos un 75%.

Figura 20

Prueba Gage R&R realizada a tres operarios encargados de realizar las inspecciones en los productos terminados de columnas Tipo C y E en la empresa Armadura y Estructuras de Alajuela, 2020.

Attribute Gage R & R Effectiveness

SCORING REPORT									
Attribute Legend⁵ 1 Pasa 2 No pasa		DATE: 12/16/2020 NAME: Ing. Juan C PRODUCT: Columnas BUSINESS: AEA		All operators agree within and between each other All Operators agree with standard					
				Y/N Agree		Y/N Agree			
Known Population	Operator #1	Operator #2		Operator #3				Other	Y/N Agree
Sample	Attribute	Try #1	Try #2	Try #1	Try #2	Try #1	Try #2		Y/N Agree
1	No pasa	Pasa	No pasa	Pasa	No pasa	No pasa	No pasa	N	N
2	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	No pasa	No pasa	N	N
3	Pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	No pasa	No pasa	N	N
4	No pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	No pasa	No pasa	N	N
5	Pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	N	N
6	Pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa	No pasa	N	N
7	No pasa	No pasa	No pasa	Pasa	No pasa	No pasa	No pasa	N	N
8	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	Y	Y
9	Pasa	No pasa	Pasa	No pasa	Pasa	No pasa	No pasa	N	N
10	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa	N	N
11	Pasa	Pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	Pasa	N	N
12	No pasa	Pasa	Pasa	No pasa	No pasa	Pasa	No pasa	N	N
% APPRAISER SCORE ⁽¹⁾ ->		75.00%		75.00%		75.00%			
% SCORE VS. ATTRIBUTE ⁽²⁾ ->		41.67%		58.33%		41.67%			
SCREEN % EFFECTIVE SCORE ⁽³⁾ ->								8.33%	
SCREEN % EFFECTIVE SCORE vs. ATTRIBUTE ⁽⁴⁾ ->								8.33%	

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Entonces, una vez ampliado el panorama de la situación actual se realiza un Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF) con el fin de capturar las entradas críticas del proceso productivo de columnas identificando la forma en la que este puede fallar y dando prioridad a las acciones que deben ser tomadas para reducir el riesgo del cliente.

Por lo tanto, según el análisis realizado en base al Número de Prioridad de Riesgo(NPR), es evidente una necesidad de mejora en las especificaciones de mezcla ya que esta es una entrada clave para el proceso de producción de columnas y la cual está causando múltiples inconformidades, esta causa de afectación cuenta con una severidad alta ocasionando una ocurrencia elevada en la inconformidad denominada “Canal defectuoso” como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 7

Análisis de Modo y Efecto de Falla en el proceso productivo de columnas prefabricadas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, 2020.

Nombre de Proceso o Producto:		Chorrea de columnas								Preparado por:	Ing. Juan Carlos Montenegro	Página:	1 de 1			
Encargado:		Javier Jimenez								Fecha:	3-jul-20	Rev.:	Javier Jimenez			
Pasos Clave del Proceso o Producto	Función	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles de Ocurrencia	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Implementadas	S E V	O C U	D E T	N P R
Mezcla de agregados	Se realiza la mezcla de la piedra quinta, Arena de río y polvo de piedra	Agregados muy gruesos	múltiples inconformidades	4	Error de compra	1	Trazabilidad de la prueba de granulometría	1	4	El responsable del control de calidad deberá estar dando seguimiento a las pruebas de Granulometría	Jefe de Planta	No aplica por estar en etapa de análisis de situación actual	4	1	1	4
Agregado de Cemento en mezcla	Se añade el cemento a los agregados para crear la pasta de concreto	Presencia de contaminantes/ Que este humedo antes de dosificarse	Mezcla no homogénea	3	Falta de mantenimiento o del cilo para cemento	2	Mantenimiento periódico de los cilos de concreto	2	12	Tener un plan de mantenimiento para los elementos críticos de la chorrea , como cilos y mezcladora	Jefe de Planta	No aplica por estar en etapa de análisis de situación actual	3	2	2	12
Brindar especificaciones de mezcla	El encargado de la mezcladora brinda las especificaciones a la máquina dosificadora	Que no estén siguiendo los diseños de la mezcla de concreto	múltiples inconformidades	7	Personal no capacitado para la actividad	10	Ninguno	10	700	Capacitar al personal en el seguimiento de los diseños de mezcla especificados por ingenieros.	Encargado de Chorrea	No aplica por estar en etapa de análisis de situación actual	7	10	10	700
Prueba de resistencia del concreto	Se realizan pruebas destructivas en cilindros de concreto para determinar la resistencia	Saturación de agua en la mezcla	Baja Resistencia	8	No realizar prueba de laboratorio	6	Ninguno	10	480	Realizar pruebas de humedad utilizando el laboratorio de calidad	Encargado de Chorrea	No aplica por estar en etapa de análisis de situación actual	8	6	10	480
Agregado de agua a la mezcla	Se añade agua conforme la composición de la pasta de concreto	Saturación de agua en la mezcla	Mezcla inservible	8	Personal no capacitado para la actividad	8	Ninguno	10	640	Capacitar el personal en controlar la variación del agua en la mezcla dependiendo del diseño	Encargado de Chorrea	No aplica por estar en etapa de análisis de situación actual	8	8	10	640

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

A todo esto, la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A actualmente utiliza en la reparación de las columnas con canal defectuoso un mortero de secado rápido llamado “Eco Fast” el cual permite realizar una corrección a un producto inconforme y despacharlo sin inconvenientes, para este proceso disponen de un operario a tiempo completo con un salario de ₡322 519.90 sin deducciones.

También, según los datos suministrados por el área de bodega, se utilizan 6 sacos de mortero con un costo unitario de \$113.89+i.v.a, siendo su equivalente en colones a ₡68 676.81 tomando como referencia el precio del dólar de ₡603.01 para el día 27 de Octubre del 2020 según el Banco Central de Costa Rica, como se puede observar en la Figura 27 en la sección de Apéndices. Entretanto, a continuación, cada rubro se tabula y se trasladan los costos a tiempo anual, el cual representa un costo para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A por reparación de columnas de ₡8 814 969.10.

Así también, como parte del análisis se le consultó con un Ingeniero estructural la posibilidad de aumentar la cantidad de cemento que se utiliza actualmente en las correas de columnas, con el fin de fortalecer la mezcla y reducir la cantidad de defectos en los productos terminados, para ello se determina que la mezcla actual utiliza 320kg de cemento mientras que la recomendación es utilizar al menos 350kg.

Tabla 8

Análisis del costo que representa la reparación de columnas inconformes para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Rubros	Cantidad mensual	Costo unitario	Salario	Costo mensual	Costo Anual
<i>Ecofast</i>	6 sacos	₡ 68,676.81	-	₡ 412,060.86	₡ 4,944,730.32
<i>Operario</i>	1 op	-	₡ 322,519.90	-	₡ 3,870,238.78

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Por consiguiente , para dar mayor sustento en la investigación se realiza una tabla con los factores determinantes para el éxito y los factores críticos para el éxito bajo los rubros del FODA con el objetivo de realizar una evaluación interna y externa en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Tabla 9
Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Rubro	Factores
F ortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Los productos cumplen con el código sísmico. Hay una rápida producción. La Empresa cuenta con personal experimentado. Se tiene una correcta trazabilidad del producto.
O portunidades	<ul style="list-style-type: none"> Optar por la certificación de marca de la conformidad de INTECO. Lograr cumplir con la norma INTE 06 10-02-2013. Ganar una licitación para venderle producto al Estado. Abrir más plantas de producción. Incrementar la confianza del cliente.
D ebilidades	<ul style="list-style-type: none"> Altos costos a causa de las reparaciones de producto. Exceso de material inconforme. Deficiencia en el sistema de producción. Bajo nivel de competitividad. Producto poco estético.
A menazas	<ul style="list-style-type: none"> Competencia certificada. Pérdida exponencial de clientes. Despacho de material inconforme. Implementación del impuesto del 5% al cemento. Restricciones impuestas por el Gobierno.

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Asimismo, se asigna una calificación del uno al cuatro según la efectividad de la empresa para responder a cada factor, siendo 4 la máxima y 1 la mínima.

Entonces, como se determina en la evaluación de factores externos en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, las Amenazas superan a las Oportunidades evaluando a la empresa en 0.3 por debajo del punto de equilibrio del 2.5 del peso pondero como se observa en la figura 21.

No obstante en la evaluación de factores internos las Fortalezas de la compañía superan las Debilidades superando en 0.2 el punto de equilibrio del peso ponderado como se observa en la figura 22.

Figura 21

Matriz de evaluación de factores externos aplicada a la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Factores determinantes para el éxito	Peso	Calificación	Peso Ponderado
Oportunidades			
1.Optar por la certificación de marca de la conformidad de INTECO.	0.2	2	0.4
2.Lograr cumplir con la norma INTE 06 10-02-2013.	0.15	2	0.3
3.Ganar una licitación para venderle producto al Estado.	0.1	1	0.1
4.Abrir más plantas de producción.	0.05	3	0.15
5.Incrementar la confianza del cliente.	0.1	1	0.1
	0.6		1.05
Amenzas			
1.Competencia certificada.	0.15	2	0.3
2.Pérdida exponencial de clientes.	0.02	3	0.06
3.Despacho de material inconforme.	0.06	4	0.24
4.Implementación del impuesto del 5% al cemento.	0.15	4	0.6
5.Restricciones impuestas por el Gobierno.	0.02	3	0.06
	0.4		1.26
Total	1.00		2.31

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Figura 22
Matriz de evaluación de factores internos aplicada a la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Factores determinantes para el éxito	Peso	Calificación	Peso Ponderado
F ortalezas			
1.Los productos cumplen con el código sísmico.	0.2	4	0.8
2.Hay una rápida producción.	0.1	4	0.4
3.La empresa cuenta con personal experimentado.	0.1	3	0.3
4.Se tiene una correcta trazabilidad del producto.	0.15	4	0.6
5.Existe una fácil gestión de cambio.	0.05	3	0.15
	0.6		2.25
D ebilidades			
1.Altos costos por causa de las reparaciones de producto.	0.1	1	0.1
2.Exceso de material inconforme.	0.05	1	0.05
3.Deficiencia en el sistema de producción.	0.02	2	0.04
4.Bajo nivel de competitividad.	0.2	1	0.2
5.Producto poco estético.	0.03	2	0.06
	0.4		0.45
Total	1.00		2.70

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones

Una vez realizado el análisis actual de la empresa Armaduras y Estructuras S.A se contemplan las herramientas estadísticas empleadas para brindar en este capítulo de la investigación las conclusiones y recomendaciones para el proceso de manufactura de columnas prefabricadas.

Conclusiones:

- De acuerdo con a la situación actual, se concluye que el proceso de fabricación de columnas Tipo C y Tipo E de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A posee treinta y tres operaciones, de las cuales nueve agregan valor debido a las especificaciones de entrada o salida, representando un 28% del proceso.
- Por otro lado, el proceso de producción de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A presenta cuatro tipos de inconformidades, siendo estas, Canal defectuoso, Esquinas quebradas, Huecos pronunciados y reventaduras. Mediante un Diagrama de Pareto se determinó que la inconformidad denominada "Canal defectuoso" concentra el 80% de los defectos presentados en el producto final.
- Además, los cálculos matemáticos realizados en el proceso de producción de columnas, se concluye que actualmente la cantidad de inconformidades está muy cerca del límite superior con respecto a las especificaciones dadas por el Jefe de Producción, donde el límite superior corresponde a 20 unidades inconformes y el promedio del proceso es de 19.42 unidades.

Esto demuestra inconsistencias dentro del proceso de producción de columnas.

- No obstante, los defectos por partes por millón presentes en la fabricación de columnas corresponden a 595 301 DPPM y los defectos por millón de oportunidades equivalen a 22068 DPMO, posicionando a la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A en un nivel sigma de 2.2, muy por debajo del promedio de las industrial globales.
- Asimismo, el nivel sigma se concluye que el rendimiento de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A es del 70% el cual representa un costo de calidad de 30-40% de las ventas.

- Así pues, de acuerdo con la evaluación del Gage R&R Atributos realizada a los operarios a cargo de las inspecciones se concluye que los colaboradores no son congruentes entre sí, con su criterio de aceptación, anudado a esto, solo el 8.33% de las veces los operarios estuvieron de acuerdo con el estándar establecido, por lo tanto las funciones de inspección requieren de mayor entrenamiento o reasignación de operarios.
- Asimismo, se puede concluir, con respecto al análisis de modo y efecto de fallo en base al número de prioridad de riesgo que las especificaciones de mezcla tiene una mayor consecuencia dentro del proceso.
- Entre tanto, el análisis económico de la reparación de las columnas prefabricadas, se concluye que el costo de utilizar el mortero "Eco Fast" representa anualmente un total de ₡8 814 969.10.
- Por otra parte, la evaluación de los factores externos indica que la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A no posee un equilibrio entre sus Amenazas y Oportunidades obteniendo una ponderación de 0.19 por debajo del punto de equilibrio de 2.5, evidenciando que la estrategia actualmente presenta deficiencias según los factores evaluados en la Figura 21. Por consiguiente, este hecho puede colocar a la empresa en una posición desfavorable ante la competencia por no aprovechar las oportunidades y reducir las amenazas del entorno.
- Entretanto, la evaluación de los factores internos supera en 0.2 el punto de equilibrio siendo sus Fortalezas más representativas que sus Debilidades demostrando que la estrategia permite a la organización tener un buen desempeño utilizando sus fortalezas para sobrepasar sus debilidades.

Recomendaciones:

- Por una parte, se recomienda la confección de un procedimiento para la producción de columnas prefabricadas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, delimitando las funciones de los operarios y brindando especificaciones de fabricación.
- Entonces, se recomienda la implementación de indicadores de proceso que contemple tiempos de producción y porcentajes de aceptación de productos no conformes.
- Así mismo, los indicadores recomendados deberán alimentar un plan de control que permita responsabilizar a los diferentes colaboradores dentro del proceso productivo de columnas prefabricadas con el fin de crear mejores prácticas de producción.
- También, es importante implementar de una evaluación estadística periódica que determine el nivel de capacidad del proceso, el nivel sigma y una carta de control tipo C para atributos, con el fin de monitorear y cuantificar la reducción de los cuatro tipos de inconformidades presentes en el proceso de producción de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, así como la mejora posterior a la implementación de las propuestas.
- No obstante, se deberá implementar un plan de capacitaciones para los operarios designados a realizar las inspecciones de productos terminados, una vez concluida la curva de aprendizaje deberán ser sometidos a una nueva evaluación Gage R&R Atributos con el fin de medir el conocimiento adquirido.
- A todo esto, es necesario comparar los rendimientos de las especificaciones de la mezcla actuales contra las especificaciones brindadas por el ingeniero estructural mediante un diseño de experimentos de bloques completamente al azar.

Capítulo VI: Propuesta

En este capítulo se exponen diferentes propuestas que toman en cuenta las recomendaciones y puntos de mejora, que surgieron del análisis de la situación actual de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A con el fin de crear un cultura de mejor continua dentro de la organización y un sentido de pertenencia que permita dar cabida a mejores prácticas de producción que aumenten la eficiencia y eficacia de todos los colaboradores involucrados en la fabricación de columnas.

- **Formato de minuta para las sesiones de trabajo en la Empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.**

Para la confección de la propuesta se realizarán múltiples sesiones de trabajo con los colaboradores, las cuales quedarán registradas por medio de minutas, registrando los acuerdos y temas conversados con el fin de alimentar la propuesta con información relevante para el diseño de diferentes herramientas.

Figura 23

Formato de minuta diseñado para las sesiones de trabajo con los colaboradores de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Dependencia: Departamento de Producción

Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Fecha y hora: -Se coloca la fecha y hora en que se realizará la sesión de trabajo.

Objetivo de la reunión: -Se establecerá el tema base de la propuesta que se quiere desarrollar durante la sesión de trabajo.

Participantes:

Dependencia:

Nombre de los participantes durante las sesiones de trabajo	Área de la empresa a la cual pertenecen

Ausentes:

Nombre de los participantes ausentes durante las sesiones de trabajo.	Área de la empresa a la cual pertenecen

Temas Generales

Se colocarán los temas importantes conversados durante las sesiones de trabajo

Comentarios:

Se anotan los comentarios más relevantes que se produzcan de ambas partes interesadas que agreguen valor a la realización de las propuestas de

Fin de Sesión: Se colocará la hora en que finalizarán las sesiones de trabajo.

Acuerdos Tomados		
Compromiso	Responsable	Fecha
Se colocarán los compromisos que surjan durante el transcurso de la sesión de trabajo.	Nombre del responsable de llevar a cabo el cumplimiento del compromiso.	Fecha estimada de cumplimiento del compromiso.

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

- **Formato para los procedimientos de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A**

La propuesta de un procedimiento para la producción de columnas permitirá a la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A delimitar las funciones por tipo de rol dentro del proceso de fabricación de columnas, estandarizando las actividades que involucran al mismo y creando una guía para los futuros colaboradores.

Figura 24
Formato propuesto para el desarrollo de los procedimientos de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Nombre del Procedimiento		Código del Procedimiento	
Nombre del proceso		Codificación del proceso	
Versión: 1	Fecha Inicio: Oficialización del proceso	Unidad:	Unidad en la cual se mapea el proceso
Objetivo:	Atender las solicitudes de Indemnización de Incendio		
Alcance:	El alcance del proceso, en este caso la fabricación de las columnas.		
Métodos y Responsabilidades			
Responsable	Paso	Descripción	
Se colocará el nombre del puesto responsable a cargo de la actividad.	Se enumeran los pasos	Se redacta la descripción de la actividad que se está mapeando dentro del proceso de fabricación de columnas, se especificarán tomas de decisiones, reglas de negocio	

Glosario
1. Catálogo alfabético de las palabras difíciles de comprender que son utilizadas dentro del texto, junto con su significado o algún comentario.

Historial de Revisión, Aprobación y Divulgación				
Versión:	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Oficio y fecha (rige a partir de):
1	Nombre del responsable de la elaboración	Nombre del encargado de la revisión	Jefatura responsable de la aprobación	Evidencia de la aprobación
2				

Registros					
Código:	Nombre:	Responsable:	Modo de Indexar y Almacenamiento:	Acceso Autorizado:	Tiempo de Retención:
N/A					

Control de Cambios	
Versión Modificada:	Descripción:
1	Creación.
2	Modificación Integral

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Indicadores de gestión del proceso de producción de columnas.

Como parte de la propuesta en base a la investigación de la situación actual, se plantea exponer a la jefatura de producción los indicadores necesarios para realizar una correcta gestión del proceso de fabricación de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A como se observa en la figura 25, para ello se propone un matriz que consolide los indicadores necesarios y sus métricas, así como la meta a cumplir junto con tres niveles de impacto (Bajo, Moderado y Alto) que permitirán agilizar la toma de decisiones así como el monitoreo de la reducción de inconformidades que permitirán alimentar los análisis estadísticos con el fin de incrementar el nivel sigma actual de 2.2 a la meta de 3.8 estimado para el año 2021.

Por tanto, el primer indicador permite cuantificar porcentualmente la cantidad de columnas con inconformidades facilitando el cálculo de los Defectos por unidad así como los Defectos por oportunidad, entre otras métricas para el cálculo del nivel sigma.

Así pues, la resistencia a la compresión indica el cumplimiento de las especificaciones descritas en el código sísmico siendo para las columnas una resistencia mínima de 280kg/cm^3 .

Entretanto, la inspección juega un papel importante dentro del proceso de fabricación de columnas, así mismo los indicadores “Nivel de inspección” y “Porcentaje de unidades no conformes” brindan apoyo en la gestión de la carta de control C.

Por su parte el indicador que cuantifica el porcentaje de unidades reparadas dará insumo a los cálculos que se generen para determinar costos de producción dentro de la empresa, conociendo los rendimientos económicos que vayan surgiendo durante los procesos de mejora que implemente el Jefe de producción

Así también, la cuantificación de las quejas brindadas por el cliente final dará un parámetro en cuanto a la satisfacción del mismo y dará las pautas futuras en las que deberá direccionarse la empresa para seguir siendo líderes en el área del prefabricado a través de la mejora continua de sus procesos productivos.

Figura 25

Matriz de indicadores propuestos para realizar una correcta gestión del proceso de producción de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras S.A.

INDICADORES									
Nº	Nombre del Indicador	Descripción	Fórmula de Cálculo	Periodicidad	Meta	Impacto			Responsable
						Bajo	Moderado	Alto	
1	Porcentaje de producto no conforme	Mide el porcentaje de columnas prefabricadas que cuentan con algún tipo de inconformidad.	$\left(\frac{\sum \text{inconformidades}}{\sum \text{producción}}\right) * 100$	Mensual	5%	<=5%	>5%<=10%	>10%	Jefe de Producción
1	Resistencia a la compresión	Calcula la resistencia del concreto a través de la compresión, provocando una falla destructiva en muestras cilíndricas del concreto.	Kg/cm ²	Semanal	280 kg/cm ²	295 kg/cm ²	275 kg/cm ²	265 kg/cm ²	Jefe de Producción
2	Nivel de Inspección	Este indicador va a brindar el cálculo promedio de las unidades no conformes de la producción.	$\frac{\sum \text{No conformidades}}{\text{Muestra mensual}}$	Mensual	5%	<=5%	>5%<=10%	>10%	Jefe de Producción
3	Porcentaje de unidades no conformes	Mide el porcentaje de unidades que fueron rechazadas luego de la inspección.	$\left(\frac{\text{Total de producción}}{\sum \text{total de unidades no conformes}}\right) * 100$	Mensual y Acumulada	5%	<=5%	>5%<=10%	>10%	Jefe de Producción
4	Porcentaje de unidades reparadas.	Mide el porcentaje de unidades que necesitaron de una reparación.	$\left(\frac{\text{Total de unidades no conformes}}{\sum \text{Unidades reparadas}}\right) * 100$	Mensual y Acumulada	5%	<=5%	>5%<=10%	>10%	Jefe de Producción
5	Cantidad de quejas del cliente	Mide la cantidad de quejas que presentan los clientes.	$\sum \text{Quejas de Clientes}$	Quincenal	X<=3	X>3, X<=5	X>5,X<=7	X>7	Jefe de Producción

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Plan de control

Cada indicador propuesto está implícito en un plan de control con reglas de escalamiento que permitan la comunicación directa entre las diferentes partes interesadas unificando los criterios de respuesta ante los diversos tipos de impacto que tengan los indicadores sobre el proceso productivo facilitando de esta manera la toma de decisiones ante eventos de alto impacto.

Por ello, este plan de control implementa un sistema de colores como el semáforo el cual indica en color verde cuando el proceso se encuentra en niveles aceptables, existirá una comunicación verbal entre colaboradores y en algunos casos no requerirá de escalamiento.

Entretanto, el color amarillo escala a los inspectores del proceso y dará una alerta preventiva de que ocurre algo inusual en el proceso de fabricación de columnas y tomarán las acciones que crean pertinentes.

No obstante, en caso de un indicador refleje el color rojo en el plan de control, se escalara de forma inmediata a los superiores designados para que tomen las acciones urgentes a manera de controlar el proceso cuando sus límites andes desproporcionados a la meta estipulada.

Figura 26

Plan de control para los indicadores propuestos para el proceso productivo de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Fórmula	Alerta	Regla de escalamiento	Superior a comunicar
$\left(\frac{\Sigma \text{inconformidades}}{\Sigma \text{producción}}\right) * 100$	<=5%	Los operarios notificarán de forma verbal	Inspectores
	>5%<=10%	Realización del análisis estadístico	Inspectores
	>10%	Los inspectores notificarán por oficio	Jefe de Producción
Kg/cm ²	295 kg/cm ²	El operario de mezcla realizará modificaciones	Operario Mezcla
	285 kg/cm ²	El operario de mezcla notificará de forma verbal	Inspectores
	265 kg/cm ²	Los inspectores notificarán por oficio	Jefe de Producción
$\frac{\Sigma \text{No conformidades}}{\text{Muestra mensual}}$	<=5%	No requiere de escalamiento	N/A
	>5%<=10%	Los operarios notificarán de forma verbal	Inspectores
	>10%	Los inspectores realizarán estadísticas de control	Jefe de Producción
$\left(\frac{\text{Total de producción}}{\Sigma \text{total de unidades no conformes}}\right) * 100$	<=5%	No requiere de escalamiento	N/A
	>5%<=10%	Los operarios notificarán de forma verbal	Inspectores
	>10%	Los inspectores realizarán estadísticas de control	Jefe de Producción
$\left(\frac{\text{Total de unidades no conformes}}{\Sigma \text{Unidades reparadas}}\right) * 100$	<=5%	No requiere de escalamiento	N/A
	>5%<=10%	Los operarios notificarán de forma verbal	Inspectores
	>10%	Los inspectores realizarán estadísticas de control	Jefe de Producción
$\Sigma \text{Quejas de Clientes}$	X>3, X<=5	No requiere de escalamiento	N/A
	X>5, X<=7	La secretaria se comunicará con la Jefatura	Jefe de Producción
	X>7	La Jefatura notificará por medio de oficio	Gerencia General

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Análisis estadístico en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

En primer lugar, se establece una periodicidad mensual para el análisis de la capacidad del proceso evaluando el desempeño a corto y largo plazo, generando gráficos e histogramas que permitirán al Jefe de producción determinar si los límites de especificación están siendo cumplidos a la cabalidad.

Incluso, se propone utilizar una carta de control tipo C con el fin de monitorear las cantidades de elementos que pueden tener múltiples defectos y de esta manera analizar la estabilidad del proceso en el tiempo complementando la importancia de las inspecciones realizadas de forma física durante los días de producción.

Asimismo, es importante destacar que parte importante del análisis estadístico del proceso de fabricación de columnas es calcular nuevamente el nivel sigma con una proyección estimada por la Jefatura de producción 3.8 reduciendo los costos de calidad sobre las ventas en hasta un 20% según la Tabla 6 del capítulo IV.

Plan de capacitación para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

El plan de capacitación consta de dieciséis horas divididas en una la semana laboral de cinco días, se abordan cuatro temas que permitirán a los colaboradores desarrollar un criterio amplio para una correcta gestión del proceso de producción de columnas prefabricadas, para ello se crea el siguiente cronograma.

Figura 27

Cronograma del plan de capacitación diseñado para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.

Plan de Capacitación						
Temas	Horas	Lunes 18/1/21	Martes 19/1/21	Miércoles 20/1/21	Jueves 21/1/21	Viernes 22/1/21
Explicación de procedimiento	1	1h				
Uso de indicadores	3		1.5 h			
Monitoreo de indicadores			1.5h			
Estadística	12			4h	4h	4h

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Proceso de inspección de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

La inspección es un proceso que tiene como fin examinar y determinar las características de calidad en un producto con el fin de evaluar el cumplimiento de parámetros previamente establecidos, los colaboradores a cargo de la inspección en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A, una vez culminado el plan de capacitación identificarán todas las inconformidades presentes en las columnas prefabricadas y evidenciarán una a una mediante fotografías y especificaciones, creando un catálogo que facilite la identificación de las mismas.

Posteriormente serán sometidos cada seis meses a una evaluación mediante el método Gage R&R Atributos para determinar el nivel de efectividad y se realizará un gráfico comparativo entre las pruebas

Con esto se espera que la efectividad de los inspectores sea de al menos un 85% detectando las inconformidades presentes en las columnas prefabricadas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.

Diseño de bloques completamente al azar

También, se realizará un Diseño de bloques completamente al azar que compare la cantidad de canales defectuosos en las columnas de utilizando como variable la cantidad de cemento por mezcla de concreto, la mezcla actual consta de 320kg de cemento por chorrea, la recomendación del Ingeniero estructural al cual se le realizaron consultas durante el proceso de investigación es la utilización, recomienda que debe utilizarse una mezcla compuesta por 350kg de cemento por chorrea.

Apropósito, se estima en conjunto con la Jefatura de producción una reducción de al menos un 4% de los defectos mensualmente. Por lo tanto si el promedio de columnas con canal defectuoso es de 76 columnas/mes según los datos obtenidos de enero a junio, con la nueva mezcla se obtendrían 40 columnas/mes con canal defectuoso.

Análisis Económico

Para el análisis económico de la propuesta se toma en cuenta los roles de los colaboradores que participarán durante las diferentes sesiones de trabajo así como los rubros asociados al salario y sus cargas sociales.

Por tanto, de acuerdo con las proyecciones realizadas se espera que la inversión de la propuesta sea de aproximada de ¢302 833.33, al utilizar como recursos a los mismos empleados de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela, como se puede observar a continuación.

Tabla 10
Estimación de la inversión de la propuesta.

Recursos									
Nombre	Puesto	Salario Neto	Cargas Sociales	Salario Bruto	Horas Laboradas	Precio por hora	Horas	Costo Propuesta	
Allen Elizondo Hernández	Mezclador	¢ 180,000.00	¢ 91,818.00	¢ 88,182.00	120	¢ 1,500.00	23	¢ 34,500.00	
Brayan David González	Inspector 1	¢ 250,000.00	¢ 127,525.00	¢122,475.00	120	¢ 2,083.33	23	¢ 47,916.67	
Esteban Vargas Miranda	Inspector 2	¢ 250,000.00	¢ 127,525.00	¢122,475.00	120	¢ 2,083.33	23	¢ 47,916.67	
Javier Jiménez Solís	Jefe de Producción	¢ 350,000.00	¢ 178,535.00	¢171,465.00	120	¢ 2,916.67	23	¢ 67,083.33	
Juan Carlos Montenegro	Ingeniero Evaluador	¢ 550,000.00	¢ 280,555.00	¢269,445.00	120	¢ 4,583.33	23	¢ 105,416.67	
Total		¢ 1,580,000.00	¢ 805,958.00	¢774,042.00	600	¢ 13,166.67	115	¢ 302,833.33	

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Para una correcta implementación y un monitoreo constante de la propuesta del sistema de gestión calidad de los productos en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A que se genera en este trabajo de investigación, se propone la contratación de un trabajador especializado en el área de calidad, el cual según se consultó en el Ministerio de Trabajo de Costa Rica entra dentro de la categoría “Trabajador Especializado Genérico” el cual tiene un salario mínimo por día de ¢13 872.

Esto representaría un Salario Neto para la empresa de ¢277 440/mes y anualmente ¢3 329 280.

Por lo tanto, el costo total estimado para la propuesta del sistema de gestión de calidad en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A se estima en un total de ¢3 632 133.33.

Como se observa en la siguiente tabla, se coloca la unidad y los materiales utilizados en la mezcla de concreto y las cantidades tanto actuales como sugeridas en la propuesta, por lo cual con la nueva mezcla se espera una reducción del 4% de los defectos por mes. Cabe destacar que los números presentados corresponden a la cantidad de materia prima utilizada por chorrea de concreto.

Tabla 11

Comparación de la mezcla actual y la mezcla sugerida para la chorrea en el proceso de producción de columnas de la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Unidad de medida	Especificación de Diseño-Material	Diseño sugerido de mezcla	Diseño Actual de mezcla
kg	piedra	612	612
kg	arena	658	658
kg	polvo piedra	582	582
kg	cemento	350	320
kg	agua	180-140	180-140
cm ³	aditivo	1800	1800

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Así pues, como se observa en la tabla anterior, hay un incremento en la cantidad de cemento de 30kg, la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela según los datos suministrados por el encargado de proveeduría el cemento se compra a granel por un costo de ¢119.9 el kilogramo, por lo tanto el costo de los 30kg corresponde a ¢3 600 por chorrea de concreto, el promedio anual de chorreas es de 1039 chorreas/año a lo que equivale a un costo anual de ¢3 741 120.

Por tanto, la estimación de reducir en un 4% mensual las inconformidades permitiría bajar el uso del mortero para reparaciones a tres sacos de Ecofast por mes como se observa en la tabla representa un ahorro de ¢2 472 365.16 anual.

Anudado a esto, un operario tiene un costo por hora de ¢1 864, la reducción estimada tomaría 91 horas/mes para reparaciones y no las 173 horas/mes que actualmente se invierten por lo tanto el costo anual del operario sería de ¢2 035 815.60

Por ende, desde la perspectiva de costos se estima lograr obtener un beneficio económico mayor al costo de la propuesta, logrando un ahorro de ¢4 508 180.76 por encima del costo de propuesta de ¢302 833.33.

Tabla 12

Análisis del costo que representa la reparación de columnas inconformes para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

Rubros	Cantidad mensual	Costo unitario	Salario	Costo mensual	Costo Anual
<i>Ecofast</i>	3 sacos	₡ 68,676.81	-	₡ 206,030.43	₡ 2,472,365.16
<i>Operario</i>	1 op	-	₡ 169,651.30	-	₡ 2,035,815.60
Total					₡ 4,508,180.76

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Tabla 13

Ahorro estimado en el costo por reparación de columnas en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

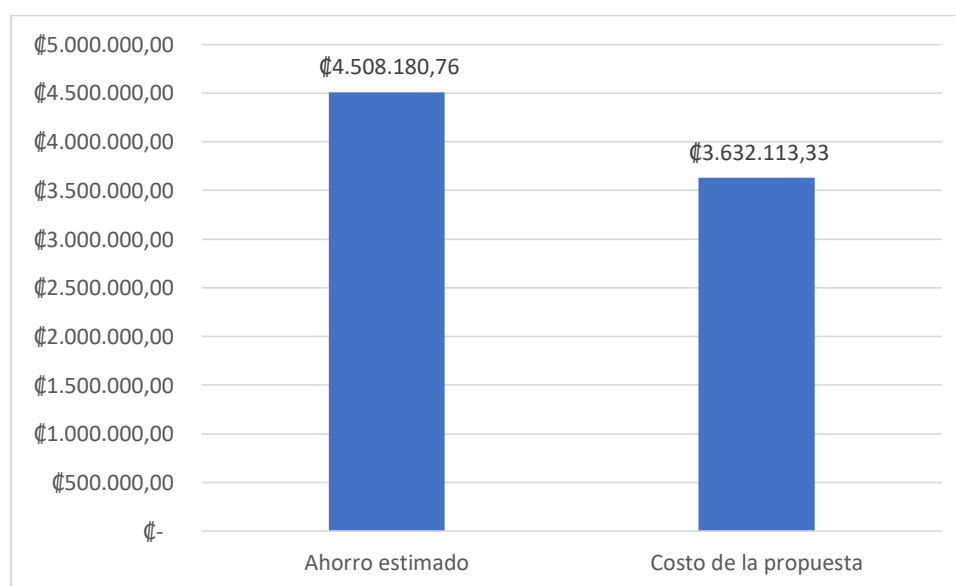
Análisis de costos	
Costo actual	₡8,814,969.10
Costo estimado	₡4,505,180.76
Ahorro estimado	₡ 4,309,788.34

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Una vez culminado la estimación del costo de la propuesta planteada en este trabajo de investigación y el ahorro estimado con la implementación del cambio en la mezcla, comparamos ambos rubros en el siguiente gráfico, demostrando que el ahorro es superior al costo de implementación, siendo favorable para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.

Gráfico 3

Comparación del ahorro estimado de la propuesta vr el costo de la propuesta en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A.



Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Plan De Implementación

De acuerdo con el estudio realizado, para implementar la propuesta realizada en la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A se elabora un cronograma que consta de doce actividades, las cuales se irán completando con base en los avances que se logren durante las sesiones de trabajo con los diferentes colaboradores.

Figura 28

Cronograma para el plan de implementación de la propuesta para la empresa Armaduras y Estructuras de Alajuela S.A

EDT	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
Manufactura de columnas prefabricadas tipo C y tipo E				
Propuesta de un sistema de calidad				
7.1	Propuesta			
7.1.1	Presentación de los hallazgos generados del análisis de situación actual	10/12/2020	10/12/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.1.2	Procedimiento	14/12/2020	18/12/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.1.3	Matriz de Indicadores de proceso	21/12/2020	21/12/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.1.4	Plan de control (indicadores,escalamiento)	22/12/2020	22/12/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.1.5	Plan de evaluación estadística (Cpk,Sigma, Carta C)	23/12/2020	23/12/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.1.6	Diseño de experimentos (Bloques completamente al azar)	4/1/2021	8/1/2021	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.1.7	Catálogo de inconformidades	11/1/2021	13/1/2021	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
Análisis económico				
7.2	Análisis Económico			
7.2.1	Matriz de recursos necesarios	22/10/2020	22/10/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.2.2	Costos de recursos	23/10/2020	23/10/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.2.3	Evaluación económica	24/10/2020	24/10/2020	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
Implementación				
7.3	Plan de implementación			
7.3.1	Plan de capacitaciones	18/1/2021	22/1/2021	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA
7.3.2	Evaluación gage R&R atributos	8/2/2021	12/2/2021	Juan Carlos Montenegro-UIA Departamento de Producción-AEA

Fuente: Juan Carlos Montenegro [2020].

Apéndices

Figura 29

Referencia del tipo de cambio del precio del dólar estadounidense según el Banco Central de Costa Rica de las fechas del 11 de octubre del 2020 al 9 de Noviembre del 2020.

Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América

Referencia del Banco Central de Costa Rica
En colones costarricenses

	TIPO CAMBIO COMPRA	TIPO DE CAMBIO VENTA
11 Oct 2020	597,61	605,19
12 Oct 2020	597,61	605,19
13 Oct 2020	598,44	605,38
14 Oct 2020	599,36	605,69
15 Oct 2020	600,71	606,24
16 Oct 2020	599,66	605,75
17 Oct 2020	599,53	605,24
18 Oct 2020	599,53	605,24
19 Oct 2020	599,53	605,24
20 Oct 2020	599,14	605,60
21 Oct 2020	598,03	606,11
22 Oct 2020	599,20	606,95
23 Oct 2020	600,03	606,91
24 Oct 2020	602,67	608,12
25 Oct 2020	602,67	608,12
26 Oct 2020	602,67	608,12
27 Oct 2020	603,01	609,42
28 Oct 2020	603,06	610,86
29 Oct 2020	605,45	611,93
30 Oct 2020	604,91	611,79
31 Oct 2020	604,74	612,92
1 Nov 2020	604,74	612,92
2 Nov 2020	604,74	612,92
3 Nov 2020	605,74	614,07
4 Nov 2020	607,11	614,55
5 Nov 2020	606,63	614,28
6 Nov 2020	608,50	615,24
7 Nov 2020	608,06	615,48
8 Nov 2020	608,06	615,48
9 Nov 2020	608,06	615,48

Fuente: Banco Central de Costa Rica [2020].

Referencias

Costa Rica. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). Guía para la presentación de información estadística [recurso electrónico]/ Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Benjamín W. Nibel. (2009). Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseños del Trabajo (ISBN 978-970-10-6962-2). The McGraw-Hill.

Acuña Acuña. J. (2012). Control de Calidad (ISBN 978-9977-66-241-1). Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Hidalgo Rodríguez. L. (2013). Manual de uso del Sistema Internacional de Unidades: Una guía práctica. (ISBN 978-9977-66-303-6) Editorial Tecnológica de Costa Rica.

López, E (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. scielo. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v27n3/a10v27n3.pdf>

James. H. (2014). The Lean Six Sigma Black Belt Handbook-Tools and methods for process acceleration. (ISBN 978-1-4665-5469-6). Taylor & Francis Group, LLC.

PXS School. Quality Council of Indiana, (2014). Certificación Six Sigma Green Belt. Bill Wortman.

Socconini. J. (2014). Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios. (ISBN 978-84-15340-77-5). Marge Books.

IIT Kharagpur. (6 may. 2019). Lecture 21: Measurement systems analysis: Gage R&R study [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=iZyHbvcSSJw>

Mark Zabel. (24may 2012). Attribute MSA.wmv [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=tfQ4pYSY6O0>

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2013). Norma para elementos prefabricados de concreto para la construcción de viviendas unifamiliares de un nivel, mediante el sistema de baldosas horizontales y columnas. (INTE 06-10-02:2013).

Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P., & Elbert, R. (2005). Manual de metodología: construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología.

Colegio federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2010). Código sísmico de Costa Rica 2010. <http://www.codigosismico.or.cr/descargas/CSCR2010.pdf>

Organización Internacional de Normalización. (2015). Requisitos de gestión de la calidad ISO 9001:2015. Spanish Translation Task Force

Pérez, R. (2010). Nociones básicas de estadística. Rigoberto Pérez.

González. L. (2017). Capacidad de proceso Cp. y Cpk.

<https://www.youtube.com/watch?v=EboiiXwVC0o>

Gutiérrez y de la Vara (2012). Análisis Y Diseño De Experimentos Tercera Edición. The McGraw- Hill.

EcuRed contributors. (2019). Equivalencia de unidades. [Figura]. Recuperado de www.ecured.cu

Moore, D. S. (2005). Estadística aplicada básica. Antoni Bosch.

Vladimir Guerrero. (2019). Que es six sigma. [Figura]. Recuperado de <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>

Héctor René Álvarez Laverde (2003). Mantenimiento planificado.

<http://www.mantenimientoplanificado.com/eproductiva.com/6sigma/perspectivass.pdf>