



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Optimización de tiempos de transporte y tiempo de vaciado de concreto premezclado con aplicación de la metodología Six sigma.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Arpasi Chura, Rodolfo Fredy (ORCID: 0000-0002-4665-0792)

ASESOR:

Dr. Príncipe Reyes, Roger Alberto (ORCID: 0000-0002-0498-9544)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de la Construcción

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Con amor a mi esposa Danya y a mis amados hijos Ian,

Raisa y Thiago.

A mis admirados padres Adolfo, Vilma, David y Balbi.

Con cariño a mis hermanos Silvia, César, Bilia.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo y a mi mentor

Doctor Roger Alberto Príncipe Reyes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES	x
RESUMEN.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.1 Hipótesis nula (H_0).....	3
1.4.2 Hipótesis nula (H_0).....	3
1.4.3 Hipótesis nula (H_0).....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.2 ANTECEDENTES NACIONALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.3 BASES TEÓRICAS.....	8
2.3.1 HORMIGÓN	8
2.3.2 IMPORTANCIA DEL TIEMPO DE FRAGUADO	8
2.3.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS SEGÚN LA VELOCIDAD DE FRAGUADO	10
2.3.4 RETRACCIÓN.....	10
2.3.5 COMPONENTES DEL CONCRETO	12
2.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO FRESCO	12
2.3.7 REOLOGÍA.....	13
2.3.8 TRABAJABILIDAD	13
2.3.9 CONO DE ABRAMS	13

2.3.10	PROCESO	13
2.3.11	SIX SIGMA.....	14
III: METODOLOGÍA		22
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	23
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.4.1	TÉCNICAS.....	25
3.4.2	INSTRUMENTOS	25
3.5	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	25
3.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	26
IV: RESULTADOS.....		27
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA		27
4.1	FASE 1: DEFINIR – SIX SIGMA	27
4.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	27
4.1.2	STAKEHOLDER DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.....	28
4.1.3	IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO CRÍTICO	29
4.1.4	MODELO DE PROCESO ACTUAL.....	29
4.1.5	ANÁLISIS DEL PROCESO CRÍTICO	30
4.2	FASE 2: MEDIR, MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO – SIX SIGMA.....	33
4.2.1	SELECCIÓN DE LO QUE SE QUIERE MEDIR.....	33
4.2.2	MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Y CONTEO DEL NÚMERO DE DEFECTOS	35
4.2.3	CAPACIDAD DEL PROCESO, KPI TIEMPO DE TRANSPORTE (MINUTOS)	42
4.2.4	CAPACIDAD DEL PROCESO, KPI TIEMPO DE VACIADO (MINUTOS).....	43
4.2.5	CÁLCULO DEL NIVEL SIGMA	44
4.2.6	RENDIMIENTO DEL PROCESO.....	45
4.3	FASE 3: ANALIZAR – SIX SIGMA	46
4.3.1	PRINCIPIO DE PARETO	46
4.3.2	GRÁFICA DE TENDENCIA PARA ENCONTRAR PATRONES EN EL TIEMPO	49
4.3.3	GRÁFICO DE ESPINA DE PESCADO – CAUSAS RAÍZ POTENCIALES.....	50
4.3.4	GRÁFICOS DE DISPERSIÓN Y CORRELACIÓN.	51
4.4	FASE 4: MEJORAR – SIX SIGMA	53
4.4.1	PROCESOS DE MEJORA CONTINUA.....	53
4.4.2	FLUJOGRAMA MEJORADO PARA VACIADO DE CONCRETO.	54

4.5	FASE 5: CONTROLAR – SIX SIGMA	55
4.5.1	DETERMINACIÓN DE KPI SEGUNDA MEDICIÓN	55
4.5.2	MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Y CONTEO DEL NÚMERO DE DEFECTOS	56
4.5.3	NIVEL SIGMA	66
4.5.4	RENDIMIENTO DEL PROCESO	67
4.5.5	GRÁFICA DE TENDENCIA PARA ENCONTRAR PATRONES EN EL TIEMPO	69
	V: DISCUSIÓN.....	72
	VI: CONCLUSIONES.....	74
	VII: RECOMENDACIONES	75
	REFERENCIAS	76
	ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	80
	ANEXO 2 TABLA DE MEDICIONES KPI EN OBRA	81
	ANEXO 3 ENCUESTA A ESTUDIANTES (VoC voz del cliente)	82
	ANEXO 4 ENCUESTA A PROFESIONALES EN OBRA (VoC voz del cliente)	83
	ANEXO 5 TABLA 6 SIGMA	84
	ANEXO 7 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – ENCUESTA A ESTUDIANTES (VoC Voz del cliente)	87
	ANEXO 8 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – ENCUESTA A PROFESIONALES EN OBRA (VoC voz del cliente).....	88
	ANEXO 9 PLANO DE UBICACIÓN – EDIFICACIÓN DE OBRA.....	91
	ANEXO 10	92
	PROTOCOLO DE HORMIGÓN PREMEZCLADO.....	92
	ANEXO 11	93
	IMAGEN DE ACOPIO DE INFORMACIÓN.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y desventajas del fraguado rápido	10
Tabla 2 Ventajas y desventajas del fraguado lento	10
Tabla 3 Métricas de rendimiento (Yield).....	18
Tabla 4 Valores de C_p y su interpretación	19
Tabla 5 Población y muestra (empresas constructoras).....	24
Tabla 6 Población y muestra (estudiantes)	24
Tabla 7 Población y muestra (especialistas en obra)	24
Tabla 8 Procesamiento de datos	25
Tabla 9 Identificación de matriz de la voz del cliente (VoC) - Crítica para la calidad (CTQ), ver Tabla 22, Gráfico 1	30
Tabla 10 Tiempo de Transporte y vaciado en obra (01 a 08 enero de 2021)	34
Tabla 11 Tiempo de Transporte KPI1 (minutos).....	35
Tabla 12 Frecuencia Tiempo de Transporte	35
Tabla 13 Mediciones Tiempo de Transporte y Límites Superior e Inferior de Control .	36
Tabla 14 Tiempo de Vaciado KPI2 (minutos).....	39
Tabla 15 Frecuencia Tiempo de Vaciado.....	39
Tabla 16 Mediciones Tiempo de Vaciado y Límites Superior e Inferior de Control.....	40
Tabla 17 Resumen de KPI	42
Tabla 18 Resumen de C_p , C_{pk} , C_{pm} , sigma 01-08 de enero 2021	43
Tabla 19 Voz del cliente (VoC) Encuesta al personal en obra - Identificación de causas que dificultan en el vaciado del concreto premezclado	47
Tabla 20 Espina de pescado.....	50
Tabla 21 Correlación de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado (01-08 enero 2021)	52
Tabla 22 Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado en obra (01 a 08 febrero de 2021)	55
Tabla 23 Tiempo de Transporte KPI1 (minutos).....	56
Tabla 24 Frecuencia Tiempo de Transporte 01-08 febrero de 2021.....	56
Tabla 25 Mediciones Tiempo de Transporte y Límites Superior e Inferior de Control .	57
Tabla 26 Tiempo de Vaciado KPI2 (minutos).....	60
Tabla 27 Frecuencia Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021	60
Tabla 28 Mediciones Tiempo de Vaciado y Límites Superior e Inferior de Control.....	62
Tabla 29 Resumen de KPI 01-08 febrero 2021	65
Tabla 30 Resumen de C_p , C_{pk} , C_{pm} 01-08 febrero de 2021	67
Tabla 31 Resumen de C_p , C_{pk} , C_{pm} , Sigma (mediciones correspondientes a enero y febrero de 2021)	68

Tabla 32 Correlación de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado (01-08 febrero 2021)	71
ANEXO 6 <i>Tabla 33 VoC Encuesta a estudiantes - Resultados</i>	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 VoC Encuesta a estudiantes - Anexo 6	29
Gráfico 2 Gráfico de control I-MR – Tiempo de Transporte	37
Gráfico 3 Prueba de normalidad Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021	38
Gráfico 4 Gráfico de control I-MR – Tiempo de Vaciado	41
Gráfico 5 Prueba de normalidad de Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021	41
Gráfico 6 Capacidad potencial y real de Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021	42
Gráfico 7 Capacidad potencial y real de Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021	43
Gráfico 8 Nivel Sigma Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021	44
Gráfico 9 Nivel Sigma Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021	45
Gráfico 10 Pareto que visualiza las principales causas en el vaciado del concreto por especialistas en obra.	48
Gráfico 11 Series de tiempo – Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021	49
Gráfico 12 Series de tiempo – Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021	49
Gráfico 13 Causas que intervienen en el vaciado del concreto premezclado.	51
Gráfico 14 Dispersión y correlación de Tiempo de Transporte y vaciado de concreto.	51
Gráfico 15 Control I-MR Tiempo de Transporte en minutos.	58
Gráfico 16 Prueba de normalidad Tiempo de Transporte 01-08 febrero 2021	59
Gráfico 17 Capacidad de proceso Tiempo de Transporte 01-08 febrero de 2021	59
Gráfico 18 Control I-MR Tiempo de Vaciado en minutos.	63
Gráfico 19 Prueba de normalidad Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021	64
Gráfico 20 Capacidad de proceso Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021	65
Gráfico 21 Nivel Sigma Tiempo de Transporte 01-08 febrero 2021	66
Gráfico 22 Nivel Sigma Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021	66
Gráfico 23 Series de tiempo – Tiempo de Transporte 01-08 febrero 2021	69
Gráfico 24 Series de tiempo – Tiempo de Vaciado	70
Gráfico 25 Dispersión de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Límite de control inferior - LIC	15
Ecuación 2 Límite de control superior - LSC	15
Ecuación 3 DPMO Defectos por millón de oportunidades	16
Ecuación 4 Rendimiento tradicional (Y)	17
Ecuación 5 Rendimiento a la primera vez (FTY)	17
Ecuación 6 Índice C_p	18
Ecuación 7 Índice C_{pk}	20
Ecuación 8 Índice C_{pm}	20
Ecuación 9 índice P_p	20
Ecuación 10 índice P_{pk}	21
Ecuación 11 Rendimiento tradicional (Y)	45

RESUMEN

Determinación de los índices de capacidad de proceso de Tiempo de Transporte y vaciado de concreto premezclado con la finalidad de valorar su optimización y la relación entre las variables Tiempo de Transporte de concreto premezclado y el Tiempo de Vaciado en obra. Se ha desarrollado la investigación en función del método científico, respecto de la identificación del proceso crítico y su propuesta de optimización del proceso se hizo uso de la Metodología Six sigma cumpliéndose estrictamente con las cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar; para este efecto se ha definido la empresa objeto de estudio y para el análisis de datos se hizo uso de las herramientas análisis de Pareto, gráfico de causa – efecto, análisis de frecuencias en los indicadores de desempeño Tiempo de Transporte, Tiempo de Vaciado volviéndose a evaluar en la fase de mejora continua. Se presenta 30 mediciones realizadas para las variables Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado, ambas variables son de tipo cuantitativo continuo y sus valores están dados en minutos, así, en la primera medición el Indicador clave de desempeño (KPI) - Tiempo de Transporte, 27 mediciones son consideradas buenas y 3 malas, las mismas que equivalen a un $C_p = 0,45$ $C_{pk} = 0,43$ $C_{pm} = 0,54$ y $\sigma = 0,93$; con respecto al Tiempo de Vaciado, las mediciones indican que 26 son buenas y 4 son malas, dichos valores equivalen a un $C_p=0,71$ $C_{pk}=0,52$ $C_{pm} = 0,52$, $\sigma = 1,54$. En la siguiente etapa se hizo un replanteo básico de flujograma como consecuencia de la información obtenida de la voz del cliente (VoC) teniendo los siguientes resultados: el Indicador clave de desempeño (KPI) - Tiempo de Transporte, 30 mediciones son consideradas buenas y 0 malos, las mismas que equivalen a un $C_p = 1,30$ $C_{pk} = 0,85$ $C_{pm} = 0,75$ y $\sigma = 2,54$; con respecto al Tiempo de Vaciado, las mediciones indican que 29 son buenas y 1 mala, estos valores equivalen a un $C_p=0,69$ $C_{pk}=0,65$ $C_{pm} = 0,64$ $\sigma=1,75$. La

propuesta del proceso de mejora continua en base a la voz del cliente optimiza el Tiempo de Transporte de concreto premezclado de la planta de producción al lugar de obra en un 173 % del valor sigma y un 14 % del valor sigma respecto al Tiempo de Vaciado. En lo que respecta a la correlación existente entre la variable Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado, se tiene una correlación positiva muy baja casi cero por lo que se acepta la hipótesis nula se concluye que no hay relación estadística entre las variables.

Palabras clave: Tiempo de Transporte, Tiempo de Vaciado, Optimización de procesos, Six sigma.

ABSTRACT

Determination of the capacity indexes of the process of transport time and pouring of ready-mixed concrete in order to assess its optimization and the relationship between the variables transport time of ready-mixed concrete and the time of pouring on site. The research has been developed based on the scientific method, regarding the identification of the critical process and its proposal to optimize the process, the Six Sigma Methodology was used, strictly complying with the five phases: define, measure, analyze, improve and control; for this purpose, the company under study has been defined and for the data analysis the tools used were Pareto analysis, cause-effect graph, frequency analysis in the performance indicators transport time, pouring time and re-evaluation in the continuous improvement phase. It is presented 30 measurements made for the variables Transport Time and Pouring Time, both variables are of continuous quantitative type and their values are given in minutes, thus, in the first measurement the Key Performance Indicator (KPI) - Transport Time, 27 measurements are considered good and 3 bad, the same that are equivalent to a $C_p = 0,45$ $C_{pk} = 0,43$ $C_{pm} = 0,54$ and $\sigma = 0,93$; with respect to Pouring Time, the measurements indicate that 26 are good and 4 are bad, these values are equivalent to a $C_p = 0,71$ $C_{pk} = 0,52$ $C_{pm} = 0,52$, $\sigma = 1,54$. In the next stage, a basic flowchart restatement was made as a consequence of the information obtained from the voice of the customer (VoC) having the following results: : the Key Performance Indicator (KPI) - Transport Time, 30 measurements are considered good and 0 bad, which are equivalent to a $C_p = 0,69$ $C_{pk} = 0,65$ $C_{pm} = 0,64$ and $\sigma = 1,75$. The proposed continuous improvement process based on the voice of the customer optimizes the ready-mixed concrete Transport Time from the production plant to the job site by 173 % of the sigma value and 14 % of the sigma value with respect to the Pouring Time. Regarding the existing correlation between the Transport Time and Emptying Time

variables, there is a very low positive correlation, almost zero, so the null hypothesis is accepted and it is concluded that there is no statistical relationship between the variables.

Keywords: *Transport time, Pouring time, Process optimization, Six sigma.*

I: INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú existe una demanda potencial de concreto premezclado en las diversas obras públicas y privadas, como proyectos inmobiliarios, infraestructura vial, entre otras obras civiles.

Por otro lado, se tiene una creciente presencia de empresas productoras de concreto premezclado en la región Arequipa, quienes buscan la mejora del servicio que brinda a sus clientes con calidad, reinventando sus procesos de preparación, transporte y colocación del concreto premezclado en obra, con la finalidad de reducir tiempo de traslado.

El concreto premezclado se prepara en una planta con mezclador central o en una planta dosificadora, luego se transporta y suministra directamente a la obra en camiones premezcladores en estado fresco, desde el proceso de preparación hasta la colocación intervienen una serie de factores, que pueden convertirse en causas provenientes de la programación de las maquinarias (Mixer), equipamiento, accesos al espacio de trabajo, tráfico, Tiempo de Transporte, entre otros, los que ocasionarían efectos en el concreto premezclado y en su consistencia.

La investigación identifica el proceso crítico a través de la voz del cliente (VoC) y se representa mediante un diagrama de flujo, con aplicación de la metodología Six sigma se espera optimizar el proceso crítico.

La voz del cliente está representado por estudiantes de los ciclos VIII, IX, X de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad San Martín de

Porres – Filial Arequipa y especialistas en obra, de quienes se recogió la información pertinente para identificar las principales causas que intervienen durante el ciclo de transporte del concreto premezclado en obra.

De la voz del cliente se ha determinado que las variables con mayor frecuencia son principalmente los tiempos de transporte de los Mixer a obra y el Tiempo de Vaciado del concreto premezclado, por otro lado, se busca conocer el índice de correlación que existe entre estas variables de investigación u oportunidades.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL

- ¿De que manera la metodología Six sigma facilita la optimización del Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado de concreto premezclado en obra, desde la óptica de estudiantes de Ingeniería Civil y especialistas?
- ¿Existe relación estadística entre Tiempo de Transporte de concreto premezclado y el Tiempo de Vaciado en obra?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los índices de medición de capacidad potencial, real del proceso, nivel sigma de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado de concreto premezclado para evaluar su optimización.

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar la relación estadística que existe entre Tiempo de Transporte de concreto premezclado y el Tiempo de Vaciado en obra.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Hipótesis nula (H_0)

El Tiempo de Transporte del proceso no se optimiza significativamente respecto del proceso inicial.

Hipótesis alterna (H_a)

El Tiempo de Transporte del proceso se optimiza significativamente respecto del proceso inicial.

1.4.2 Hipótesis nula (H_0)

El Tiempo de Vaciado del proceso no se optimiza considerablemente respecto del proceso inicial.

Hipótesis alterna (H_a)

El Tiempo de Vaciado del proceso se optimiza considerablemente respecto del proceso inicial.

1.4.3 Hipótesis nula (H_0)

El Tiempo de Transporte de concreto premezclado no se correlaciona con el Tiempo de Vaciado en obra.

Hipótesis alterna (H_a)

El Tiempo de Transporte de concreto premezclado se correlaciona con el Tiempo de Vaciado en obra.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Desde la óptica de la economía regional, la demanda de concreto premezclado en las diversas obras de la región obliga a las empresas constructoras a ser cada vez más competitivos en sus procesos de producción y puedan cumplir en el momento indicado con la entrega del concreto premezclado en obra, siendo importante para los usuarios finales, por ello se considera importante la utilización de una metodología que permita monitorear, controlar y minimizar las variaciones del Tiempo de Transporte y Vaciado, de esta forma facilite la reducción en los niveles de defectos en los procesos, considerándose a la metodología Six sigma para este caso, el cual permite mejorar los procesos enfocándose en la reducción de tiempos muertos, desperdicios y variaciones de procesos, los cuales se orientan a satisfacer los requerimientos de los clientes.

Desde el punto de vista académico, la optimización de procesos constructivos en obra, es un tema que capta la atención de estudiantes, egresados y profesionales de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, en especial el dominio de metodologías de optimización y simulaciones, lo cual permitirá la identificación de tiempos muertos, optimización de recursos entre otros y consecuentemente el futuro profesional tendrá herramientas que le permitirán planificar acciones correctivas.

Desde la perspectiva de la tecnología, los estudiantes y egresados de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, en la actualidad tienen una inminente necesidad de conocer y aplicar la tecnología en la gestión y optimización de recursos, para facilitar la administración del proyecto dentro de un marco de mejora continua.

Desde la perspectiva ambiental, permite controlar tiempo máquina, tiempo hombre, optimización de gastos al monitorear las rutas.

II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1.1 En la tesis, “Incidencia de las desviaciones entre planificación y descarga de hormigón premezclado en la etapa de obra gruesa” de (Monjes Walker, 2018), se observa, analiza y cuantifica el efecto que tienen los retrasos en el proceso de hormigonado en obra, involucra el suministro de hormigón premezclado como el proceso de vaciado y cómo afecta directamente en el desarrollo de la obra, también propone una fase de medición en el que se registran los datos de un caso, que permite evaluar los cambios en la planificación, sobre el avance de la obra y partidas involucradas.
- 2.1.2 En la tesis de grado, (Mejía Jijónevelyn & Pachacama Cazaevelyn, 2014), plantean como objetivos la identificación y validación de la información de diferentes procesos utilizados en producción, distribución y comercialización del hormigón, diagnóstico de la empresa, diseño de un manual de calidad, el diseño del SGC impulsado por la dirección de la organización permitió las mejoras en la satisfacción de las expectativas de los clientes, captación y fidelización, aseguramiento de calidad de productos nuevos.
- 2.1.3 En (Avilés Velasquez, 2006), “Optimización de los recursos operacionales en el proceso de mantenimiento de los camiones - Mixers de la Compañía Hormigones Rocafuerte S.A.”, el área de mantenimiento refleja un plan desorganizado no se da importancia en buscar una eficiencia, la compañía cuenta con una flota de 50 camiones-Mixer, analizan los aspectos mantenimiento de los camiones-Mixer como la demora en la compra de

repuestos, incumplimiento de proveedores, compras centralizadas, demora en aprobación ordenes de compra, reuniones de planificación incumplidas, se enfocan en mejoras a través de técnicas de Organización y Métodos como propuesta de solución y la capacitación del personal de manera que se sienta motivado y no amenazado por los cambios que representa rediseñar los métodos de trabajo.

2.2 ANTECEDENTES NACIONALES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 En la tesis de grado, “Empleo de nuevas tecnologías para el desarrollo de altas resistencias iniciales en concretos prefabricados” de (Ninanya Calderón & Melgar Vásquez, 2016, p. 1), su estudio trata sobre el desarrollo de concreto de alto desempeño y resistencia inicial en elementos prefabricados, reología y uso de tecnologías nuevas para la optimización de procesos, concluye, que a edades tempranas, la tecnología Master Glenium 3810 no tiene influencia significativa en la resistencia inicial del diseño patrón M1 debido a que es un aditivo superplastificante con retardo, a edades tempranas, la tecnología Master Glenium ACE 407 (M5) alcanza un resistencia de 94 kg/cm² a las diez horas, 2,61 veces la resistencia del diseño patrón.

2.2.2 En la tesis de magíster, “Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera” de (Alca Huamaní et al., 2015, p. 116) concluyen que se puede realizar mejoras a un proceso productivo con aplicación de herramientas de la calidad, que permita observar, medir y analizar las distintas variables que se presentan en un proceso, es posible reducir el tiempo del proceso de producción de 24:56 a 20:01 minutos con mejoras de señalización en planta, es posible reducir el tiempo entre la carga de Mixer a Mixer de seis a tres minutos con un mayor patio de maniobras.

2.2.3 En (Delgado López, 2016), presenta la Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial – Pontificia Universidad Católica del Perú, el estudio analiza los indicadores utilizados en la planta de producción para evaluar y elegir el proyecto que resulte más rentable, voz del cliente, objetivos de la

empresa, el trabajo de investigación se enfoca en la necesidad de reducir el scrap en una planta de producción de frascos para el sector cosmético, farmacéutico y alimenticio.

2.2.4 En (Pascual Calderón, 2009), “Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la empleando Six sigma” este trabajo de investigación inicia con una descripción de la organización, ejecución del ciclo Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, en la fase definición, identifica las necesidades del cliente y los requerimientos críticos del producto, en la fase medición identifican las variables más relevantes del proceso; en la fase análisis identifica las causas raíces que originan la problemática, para ello aplica el diseño de experimentos; fase de mejora determinan los niveles adecuados de cada factor, para optimizar el proceso de impresión, se plantea planes de acción, donde ejecutan el programa de capacitación para el personal; la fase de control, busca mantener los resultados obtenidos en la fase de mejora, se calcula la nueva capacidad del proceso y el nuevo nivel Six sigma.

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 HORMIGÓN

Según (Gabalec, 2008), el tiempo de fraguado del hormigón depende de varios factores, la relación agua/cemento es uno de los más importantes, se puede disminuir ese tiempo añadiendo cloruro cálcico al cemento, aumenta la velocidad de hidratación y las reacciones químicas de los constituyentes del cemento, o incrementando retardante de fraguado, siendo absorbidos por el cemento, de ésta manera se produce el retraso de la rigidización temprana del hormigón.

EL CONCRETO

El concreto es el material constituido por la mezcla en determinadas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que al principio denota una estructura plástica y moldeable, y que subsiguientemente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, que lo convierte en un material ideal para la construcción, para dominar el uso de este material, es importante conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino sus componentes y su interrelación, ya que determinan su particularidad (Pesquel Carvajal, 1998, p. 11).

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua, es un producto artificial compuesto, que consiste de un medio ligante denominado pasta, en el cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregados, sus propiedades están determinadas esencialmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes (Rivva López, 2000, p. 8).

2.3.2 IMPORTANCIA DEL TIEMPO DE FRAGUADO

Es muy importante, las pruebas del tiempo de fraguado, determina el lapso de tiempo desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta que

el hormigón deja de ser fluido y plástico y el tiempo requerido por el hormigón para adquirir cierto grado de dureza. El fraguado inicial indica el momento en el cual la masa ya no puede ser vibrada debido a que ha adquirido la resistencia suficiente en la cual puede dañar la estructura interna (Gabalec, 2008), por lo que es deseable que no ocurra muy pronto para dar tiempo al transporte y colocación del hormigón, sin embargo, una vez que el hormigón ha sido colocado y terminado, es aconsejable tener un endurecimiento rápido.

La determinación del fraguado inicial y final es muy poco precisa, (Gabalec, 2008) señala que normalmente el fraguado inicial ocurre entre dos y cuatro horas después de realizada la mezcla y el fraguado final ocurre entre cuatro y ocho horas después.

2.3.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS SEGÚN LA VELOCIDAD DE FRAGUADO

Tabla 1 Ventajas y desventajas del fraguado rápido

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Genera mayor dinamismo en la ejecución de las obras. • Disminuye los costos, al reducir los plazos de desmolde y alzaprimado. • Aumenta la resistencia a corto plazo. • Disminuye el período en que el hormigón está expuesto a posibles agrietamientos por retracción plástica. Esto, siempre que se evite la evaporación inmediatamente después de su colocación, por ejemplo, a través de un adecuado proceso de curado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta la trabajabilidad del hormigón, reduciendo el Tiempo de Transporte y generando dificultades de colocación, compactación y acabado superficial. • En hormigones en masa puede dar origen a gradientes de temperatura, en su masa, lo suficientemente elevadas para generar fisuras. • Disminuye las resistencias a largo plazo.

Fuente: (Sotomayor Bahamonde, 2014, p. 31)

Tabla 2 Ventajas y desventajas del fraguado lento

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Otorga el tiempo suficiente para la trabajabilidad del hormigón: Tiempo de Transporte, colocación, compactación y acabado superficial. • Incrementa las resistencias a mediano y largo plazo. • Reduce los gradientes de temperatura del hormigón en masa, ayudando a prevenir posibles fisuras. • Ayuda a contrarrestar los efectos de una temperatura elevada y baja humedad relativa del aire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retardo en el desarrollo de las resistencias mecánicas. • Retraso en la ejecución de las obras • Mayores costos, producto de la necesidad de mayores plazos de desmolde y del retiro de alzaprimas. • Aumento del riesgo de fisuración por retracción plástica, al permanecer el hormigón más tiempo en estado plástico, que es cuando se encuentra vulnerable a este fenómeno.

Fuente: (Sotomayor Bahamonde, 2014, p. 32)

2.3.4 RETRACCIÓN

La retracción es un fenómeno propio del concreto, que está relacionado con la pérdida paulatina del agua en la mezcla. El concreto experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante su vida útil por causas físico químicas. Es importante entender que la retracción se caracteriza por la deformación impuesta al hormigón que provocará tensiones de tracción, se pueden identificar cuatro tipos de retracción:

retracción plástica, retracción autógena, retracción por secado y retracción térmica. (Munizaga Román, 2009, p. 25)

RETRACCIÓN PLÁSTICA

Cuando la pasta de cemento es plástica experimenta una retracción volumétrica, cuya magnitud es del orden de uno por ciento del volumen total del cemento seco, se presenta mientras el concreto está aún en estado plástico, la pérdida de agua por evaporación de la superficie del concreto agrava la retracción plástica y puede llevar a un agrietamiento superficial, si se evita por completo la evaporación después de la colocación del concreto, se elimina el agrietamiento. (Brito Ávila, 2003)

RETRACCIÓN AUTÓGENA

Después del fraguado ocurren cambios de volumen en forma de retracción o dilatación. Una continua hidratación puede llevar a una expansión, sin embargo, cuando no se permite el movimiento de humedad, ya sea hacia adentro o fuera del concreto, se produce una retracción a ésta retracción se conoce como retracción autógena, en la práctica esto se produce en el interior de una gran masa de hormigón.

La magnitud del movimiento está entre 40×10^{-6} a la edad de un mes, y de 100×10^{-6} , después de cinco años (medido como deformación unitaria lineal), por lo tanto, la retracción es relativamente pequeña y en la práctica no es necesario tomarla en cuenta como factor separado de la retracción por secado que normalmente incluye aquella retracción causada por cambios autógenos. (Neville & Concreto, 1977)

RETRACCIÓN POR SECADO

La retracción por secado, se produce por la pérdida del agua en poros y capilares del concreto, éste fenómeno puede ocasionar en la pasta de cemento retracción de volumen de hasta uno por ciento. (Brito Ávila, 2003)

La deformación de retracción por secado está principalmente relacionada con la remoción de agua absorbida de la pasta de cemento hidratada. La

humedad relativa diferencial entre el hormigón y la del medio ambiente es la fuerza conductora de este fenómeno. (Munizaga Román, 2009, p. 26)

RETRACCIÓN TÉRMICA

El concreto reduce su volumen por la reducción o enfriamiento de la temperatura ambiente, se denomina contracción térmica.

2.3.5 COMPONENTES DEL CONCRETO

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes, agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena, grava o piedra triturada).

Cemento: es un elemento que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, reacciona químicamente con ella para formar un material con propiedades aglutinantes.

Agua: Es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que éstas desarrollen sus propiedades aglutinantes.

Agregados: Son aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente que no perturba ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantiza una adherencia con la pasta de cemento.

Aditivos: Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla, para modificar sus propiedades y se adecue a las particularidades del trabajo (Pacco Mescoco, 2016, p. 22).

2.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO FRESCO

Se considera “concreto fresco” al material que permanece en estado fluido, es decir desde el momento que los componentes son mezclados hasta que se inicia el asentamiento de la masa (período plástico), en ese tiempo el

concreto es transportado, encofrado y compactado. (Pacco Mescoco, 2016, p. 23)

2.3.7 REOLOGÍA

En la práctica se define la reología del concreto con base en tres características: fluidez, compactabilidad y estabilidad a la segregación, desde el punto de vista físico, estas características dependen de las variaciones de viscosidad, tixotropía de la mezcla a lo largo del tiempo.

(Pacco Mescoco, 2016, p. 24)

2.3.8 TRABAJABILIDAD

El término “trabajabilidad” se refiere al conjunto de propiedades del concreto que permiten manejarlo sin que se produzca segregación, colocar en moldes y su compactación adecuada. También, como asentamiento medido por el procedimiento normalizado del Cono de Abrams, éste concepto es debatible porque, en realidad, el ensayo es sólo parcialmente representativo del conjunto de propiedades referidas, por lo que convendría diferenciar los conceptos relativos la plasticidad de la mezcla (docilidad, consistencia) y la facilidad de usarla (trabajabilidad, colocabilidad) (Pacco Mescoco, 2016, p. 25)

2.3.9 CONO DE ABRAMS

El molde en forma de cono truncado se llena con la mezcla en tres capas de la misma altura, compactando con veinticinco golpes de varilla por vez, en seguida se levanta el molde y se mide cuanto ha descendido la mezcla en el punto central. El valor obtenido, es la medida de la consistencia de la mezcla, se denomina también asentamiento, puede variar entre dos y dieciocho centímetros, según sea el tipo de estructura y los procedimientos de encofrado, colocación y compactación. (Pacco Mescoco, 2016, p. 25)

2.3.10 PROCESO

Un proceso es una secuencia de actividades que tiene como objetivo lograr un resultado (Evans & Lindsay, 2008, p. 21).

Proceso representa una combinación completa de proveedores, fabricantes, gente, equipos, materiales de entrada, métodos y medio ambiente que trabajan juntos para producir un resultado, y los clientes que usen dicho resultado (Down et al., 2005, p. 9).

2.3.11 SIX SIGMA

Sigma, σ , es una letra del alfabeto griego utilizada por los estadísticos para medir la variabilidad en cualquier proceso, la performance de una una empresa u organización se mide por el nivel sigma de sus procesos. Tradicionalmente, las empresas aceptaban tres o cuatro niveles de rendimiento sigma como norma, a pesar de que estos procesos creaban entre 6 200 y 67 000 problemas por millón de oportunidades. El estándar Six sigma de 3,4 problemas por millón de oportunidades es una respuesta a las crecientes expectativas de los clientes y la mayor complejidad de los productos y procesos modernos. (Pyzdek & Keller, 2010, p. 3).

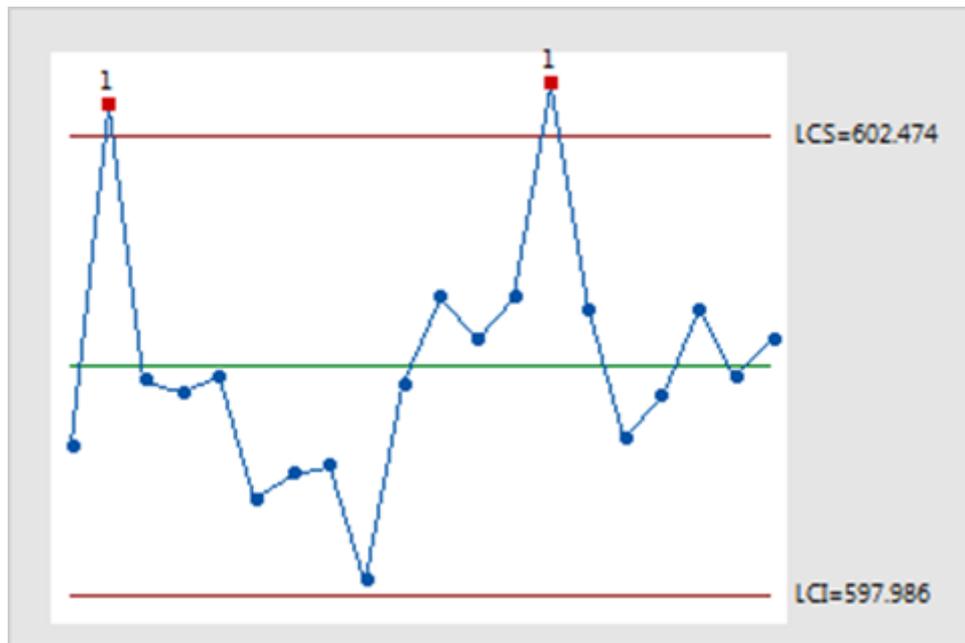
Six sigma es una metodología estructurada, organizada para reducir variación, incrementar el desempeño en procesos organizacionales y lograr elevados niveles de calidad cumpliendo los objetivos estratégicos valiéndose de expertos de mejora (Linderman et al., 2003).

GRÁFICA DE CONTROL

Las gráficas de control muestra las fluctuaciones de las medias muestrales que se presentan dentro de límites superior e inferior, si las medias muestrales caen dentro de los límites establecidos para un proceso (rango de aceptación), se dice que la variación que presenta el proceso sólo es aleatoria, pero si las medias muestrales exceden el límite superior de control (LSC) o bien, caen por debajo del límite inferior de control (LIC), entonces el proceso de producción o un servicio está fuera de control, y deberá corregirse. (Pierdant Rodríguez & Rodríguez Franco, 2009, p. 158)

LÍMITES DE CONTROL

Los límites de control de la gráfica de control representan la variación del proceso e identifica si el proceso está fuera de control. Son las líneas horizontales ubicadas arriba y debajo de la línea central, los límites de control superior e inferior se basan en la variación aleatoria esperada en el proceso.



Fuente: (Minitab, 2020)

Por ejemplo, esta gráfica Xbarra muestra la longitud en el tiempo de los árboles de leva fabricados, dos puntos se encuentran por encima del límite de control superior. Estos puntos fuera de control indican que los árboles de leva en estos subgrupos son más largos de lo esperado.

Es diferente el concepto de límites de control con límites de especificación, los límites de control se basan en la variación del proceso, en cambio los límites de especificación están basados en los requisitos del cliente (Minitab, 2020)

Ecuación 1 Límite de control inferior - LIC

$$LIC = \mu_w - 3\sigma$$

Ecuación 2 Límite de control superior - LSC

$$LSC = \mu_w + 3\sigma$$

$\mu_w = \text{media}$

$\sigma = \text{desviación estándar}$

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 188)

DEFECTOS POR UNIDAD (DPU)

Defectos por unidad (DPU) es el número de defectos en una muestra dividido entre el número de unidades incluidas en la muestra. (Minitab, 2020)

DEFECTOS POR OPORTUNIDAD (DPO)

Defectos por oportunidad (DPO) es el número de defectos en una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defectos. (Minitab, 2020)

DEFECTOS POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES (DPMO)

Defectos por millón de oportunidades es el número de defectos en una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defectos multiplicado por un millón. El DPMO estandariza el número de defectos en el nivel de oportunidad y es útil porque permite comparar procesos con diferentes complejidades. (Minitab, 2020)

FÓRMULA DEFECTOS POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES (DPMO)

Ecuación 3 DPMO Defectos por millón de oportunidades

$$DPMO = \frac{\text{defectos} * 1000000}{\text{Unidades} * \text{Oportunidades}}$$

MÉTRICAS DE RENDIMIENTO (Yield)

Métricas de rendimiento están basadas en los productos que salen buenos o que están libres de defectos, esta métrica se representa en términos porcentuales y también se llama la fracción conforme del proceso. (Pérez Urrego et al., 2014)

Las métricas de rendimiento se clasifican en cuatro, las cuales son:

- Rendimiento Tradicional (Yield)
- Rendimiento a la primera vez (FTY)

- Continuidad de salida sin fallos (Rolled Throughput Yield RTY)
- Rendimiento Normalizado (Normalized Yield)

Ecuación 4 Rendimiento tradicional (Y)

$$Y = \frac{out}{in} = \frac{in - scrap}{in}$$

$$Y = 1 - \frac{scrap}{in}$$

Ecuación 5 Rendimiento a la primera vez (FTY)

$$FTY = \frac{in - scrap - rework}{in}$$

Tabla 3 Métricas de rendimiento (Yield)

Nombre de la métrica	Ecuación de cálculo	Descripción
Rendimiento tradicional (Y)	$Y = \frac{out}{in} = \frac{in - scrap}{in}$ $Y = 1 - \frac{scrap}{in}$ <p>Donde: Out = salidas Int = entradas Scrap = defectos</p>	Es una perspectiva engañosa que oculta el impacto de la inspección y retrabajo
Rendimiento a la primera vez (FTY)	$FTY = \frac{in - scrap - rework}{in}$ <p>Donde: Int = entradas Scrap = defectos</p>	Muestra la probabilidad de que un elemento pasa a través de un proceso con éxito la primera vez. Incluye los efectos de inspección, retrabajo y desperdicio.

(Correa, 2003)

CAPACIDAD DE PROCESO

Guevara, 2006, menciona que, poder identificar qué porcentaje de la producción está por fuera de unas especificaciones es de suma importancia para que una empresa sea competitiva en un mercado exigente como el actual, y una manera de expresar esta situación es a través de los índices de capacidad de proceso. (Guevara & Vargas, 2006, p. 154)

Consiste en conocer la amplitud de la variación natural de éste para una característica de calidad dada, lo cual permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 100)

ÍNDICE C_p

El índice de capacidad potencial del proceso, C_p , se define de la siguiente manera:

Ecuación 6 Índice C_p

$$C_p = \frac{ES - EI}{6 \sigma}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la

característica de calidad. El índice C_p compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 101)

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Tabla 4 Valores de C_p y su interpretación

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión si el proceso está centrado
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$C_p \geq 1,33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado requiere un control estricto.
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo, es necesario un análisis del proceso, requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuada para el trabajo, requiere de modificaciones muy serias.

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 102)

El índice C_{pk} es menor o igual que el índice C_p , cuando son muy próximas indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.

Si el valor del índice C_{pk} es menor que el C_p , significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones, de ésta manera el índice C_{pk} indica la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de decentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice C_p . Si el valor del índice C_{pk} es mayor a 1,25 en un proceso ya existente, se considera que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria, mientras que para procesos nuevos se pide que $C_{pk} > 1,45$. Si los valores del índice C_{pk} son iguales a cero o negativos, indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 105)

ÍNDICE C_{pk}

Indicador de la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del índice C_p para tomar en cuenta el centrado del proceso. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 105)

Ecuación 7 Índice C_{pk}

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left[\frac{\mu - LEI}{3\sigma}, \frac{LES - \mu}{3\sigma} \right]$$

ÍNDICE C_{pm}

O también llamado Índice Taguchi similar al C_{pk} que, en forma simultánea, toma en cuenta el centrado y la variabilidad del proceso.

Ecuación 8 Índice C_{pm}

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$
$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - n)^2}$$

DEFECTOS POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES (DPMO)

Métrica seis sigma para procesos de atributos que cuantifica los defectos esperados en un millón de oportunidades de error. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 114)

DESEMPEÑO POTENCIAL (P_p)

El indicador de desempeño potencial del proceso, que se calcula de forma similar al índice C_p pero usando la desviación estándar de largo plazo. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 108)

Ecuación 9 Índice P_p

$$P_p = \frac{ES - EI}{6\sigma_L}$$

DESEMPEÑO REAL (P_{pk})

Indicador del desempeño real del proceso, que se calcula en forma similar al índice C_{pk} pero usando la desviación estándar de largo plazo. (2009, p. 108)

Ecuación 10 índice Ppk

$$P_{pk} = \text{mínimo} \left[\frac{\mu - LEI}{3\sigma_L}, \frac{LES - \mu}{3\sigma_L} \right]$$

III: METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Investigación aplicada, investigación descriptiva, exploratoria.

El diseño de investigación es no experimental, descriptivo, ya que se describen las causas externas que intervienen durante el proceso de traslado del concreto premezclado a la obra y se describe mediante flujograma la optimización de procesos de una posible solución a este problema, tal es el caso del modelamiento de optimización de tiempo de traslado. (Hernández Sampieri et al., 2006, p. 226)

El tipo investigación corresponde al tipo aplicativo, puesto que se conoce un problema específico de optimizar los tiempos de transporte del concreto premezclado y al respecto se cuenta con conocimiento predeterminado sobre la metodología Six sigma.

En cuanto al enfoque de la investigación es de tipo mixto, es decir haciendo uso de los métodos cualitativos y cuantitativos, siendo el método cualitativo la descripción y caracterización de la voz del cliente, y el método cuantitativo aplicada en la medición de los tiempos de transporte y vaciado del concreto premezclado.

3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Tiempo de Transporte de concreto premezclado sin Six sigma.	Factor de medición del Tiempo de Transporte desde la preparación del concreto premezclado hasta la colocación en obra.	Identificación de las causas comunes que intervienen en el retraso del Tiempo de Transporte desde la preparación del concreto premezclado hasta la colocación en obra.	Medición	Tiempo de Transporte de los Mixer a obra	Intervalos
Tiempo de Transporte de concreto premezclado con Six sigma.					
Tiempo de Vaciado de concreto premezclado sin Six sigma.	Factor de medición del Tiempo de Vaciado en obra.	Identificación de la relación directa o indirecta que existe con Tiempo de Transporte.	Medición	Tiempo de Vaciado del concreto	Intervalos
Tiempo de Vaciado de concreto premezclado con Six sigma.	Método basado en datos que examina los procesos repetitivos de las empresas.	Tiene como propósito llevar la calidad hasta niveles cercanos a la perfección.	Métodos	Programación de maquinarias - Mixer Planificación de acceso a zonas de vaciado Horarios para el vaciado de concreto	Ordinal Ordinal Intervalos
Metodología Six sigma			Maquinarias	Capacidad de almacenamiento de unidades	Ordinal
			Acceso de trabajo	Disponibilidad de maquinarias, equipos Espacio para la maniobra del Mixer Tráfico peatonal Tráfico vehicular	Ordinal Ordinal Ordinal Ordinal
			Recursos humanos	Dificultad del vaciado por edificaciones existentes Experiencia de programadores de maquinarias Experiencia de los conductores	Ordinal Ordinal Legajo
				Experiencia del personal de vaciado de concreto	Legajo

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 5 Población y muestra (empresas constructoras)

POBLACIÓN	En la Región Arequipa a la fecha existen reducidas empresas constructoras: Rivacab Constructora SRL, Grupo 5 SAC Promotores constructores, Gómez Ingenieros, JAST Tecnología en la Construcción.
MUESTRA	La muestra corresponderá a una empresa constructora "IVERCOM", seleccionado para ésta investigación, el criterio de selección es de tipo no probabilístico a criterio del investigador, el criterio de exclusión está basado en la reducida apertura de acceso a la información y el recelo a su difusión ante los competidores del medio.
MUESTREO	El muestreo aplica a dos oportunidades o variables: Tiempo de Transporte (KPI ₁) y Tiempo de Vaciado (KPI ₂) <i>Key performance indicator- Indicador Clave de Desempeño, según la VoC – voz del cliente.</i> <ul style="list-style-type: none">• 30 unidades por KPI₁ (Tiempo de Transporte)• 30 unidades por KPI₂ (Tiempo de Vaciado)

Tabla 6 Población y muestra (estudiantes)

POBLACIÓN	Se considerará a los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad San Martín de Porres Filial Arequipa que representa a 333 estudiantes matriculados 2020-II
MUESTRA	Se realizó un muestreo no probabilístico, la muestra se seleccionó a criterio del investigador (VIII, IX, X) ciclo. Criterio de exclusión: quienes hayan realizado prácticas preprofesionales.
MUESTREO	65 estudiantes

Tabla 7 Población y muestra (especialistas en obra)

POBLACIÓN	Se considerará a los especialistas en obra: residente, asistente profesional, supervisor, propietario, trabajadores.
MUESTRA	Especialistas presentes en obra.
MUESTREO	Un representante.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 TÉCNICAS

- Encuestas
- Entrevistas
- Análisis documental
- Bibliografía

3.4.2 INSTRUMENTOS

- Cuestionario de encuesta
- Cuestionario de entrevista
- Análisis de contenido
- Fichas

3.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de resultados, se utilizó las siguientes herramientas.

- Análisis de Pareto
- Gráfico causa/efecto
- Distribución de frecuencias y representaciones gráficas
- Procesamiento de datos en el paquete informático Minitab 16, con licencia.

Tabla 8 Procesamiento de datos

ESTADÍSTICA	FORMA	OBJETIVOS
Desviación estándar de la muestra (s) Media (\bar{x}) Varianza (σ)	Calculo de desviación estándar de la media	Aplicar la metodología Six sigma para la optimización del Tiempo de Transporte de concreto premezclado desde la óptica de estudiantes de Ingeniería Civil y especialistas en obra.
Frecuencias (f)	Agrupamiento por categorías, frecuencias. Escalas de Likert	Identificar las principales causas comunes que intervienen en el vaciado del concreto premezclado desde la óptica de estudiantes y especialistas en obra (VoC).
Varianza (σ)	Análisis de varianza	Diseñar un flujograma de proceso de implementación para las acciones de transporte de concreto para la validación de resultados.

3.6 ASPECTOS ÉTICOS

En este acápite se hará referencia a instrumentos, técnicas para la recolección de datos en obra que permita analizar y formular la prueba de hipótesis, de modo que permita evaluar, medir resultados y la formulación de las conclusiones, recomendaciones al término del trabajo de investigación y consecuentemente su defensa ante el jurado evaluador.

En el contenido se respeta los derechos de autor de las obras consideradas en el trabajo de investigación.

IV: RESULTADOS

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

4.1 FASE 1: DEFINIR – SIX SIGMA

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Para la determinación de los tiempos de transporte y vaciado del concreto premezclado se tuvo acceso a la empresa constructora, sin embargo, es preciso indicar que no se logró el permiso para difundir los resultados de la empresa IVERCOM por la reserva de información frente a competidores. La planta de concreto premezclado se encuentra ubicado en Vía de evitamiento km 7,4 Cerro colorado – Arequipa, desarrolla proyectos de construcción e ingeniería, en todos sus proyectos han depositado su compromiso, experiencia adquirida, su propuesta de valor más significativa es el compromiso adquirido con el cliente, sirviéndole con prontitud, esmero y garantía buscando la plena satisfacción con los servicios ofrecidos, esmerándose a crear relaciones corporativas sólidas.

Actualmente la empresa, tiene proyectos en ejecución ubicados en la ciudad de Arequipa, concentrados en la Elaboración de Proyectos, Elaboración de Estudios de Pre Factibilidad, Elaboración de Estudios de Factibilidad, Promoción, proyectos, obras y Gestión Inmobiliaria, Ejecución de Obras Públicas y Privadas, Carreteras y Caminos, entre otros.

La ejecución del proyecto de investigación se centra fundamentalmente en la medición de los Tiempo de transporte y Tiempo de vaciado del concreto premezclado en la construcción de un proyecto educativo EPG,

con un área de terreno de 4434,16 m² aproximadamente, y está conformada por dos edificios de 08 pisos con más de 40 aulas de estudio y auditorios, ubicado en la calle Samuel Velarde, Urb. Umacollo, distrito de Arequipa, ver Anexo n° 9.

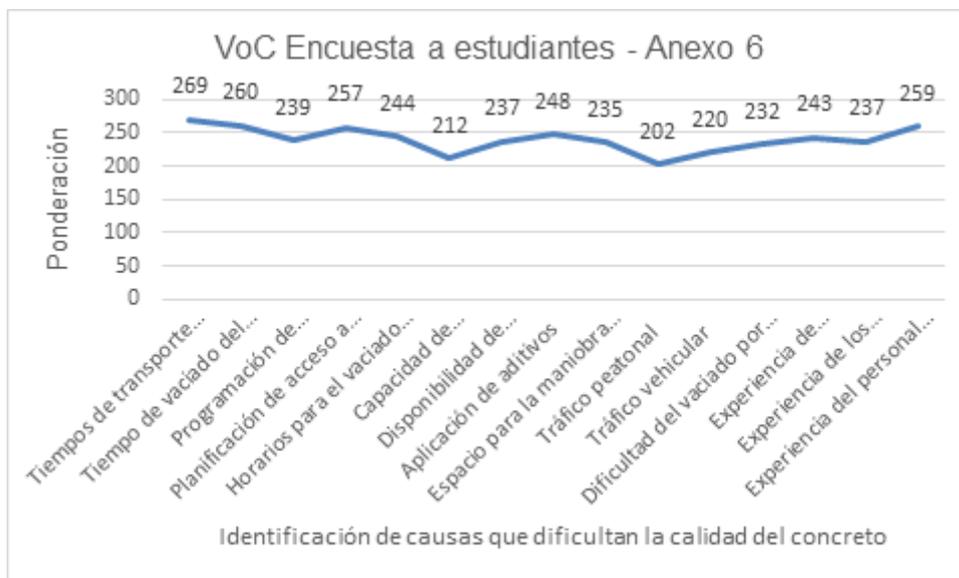
4.1.2 STAKEHOLDER DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.



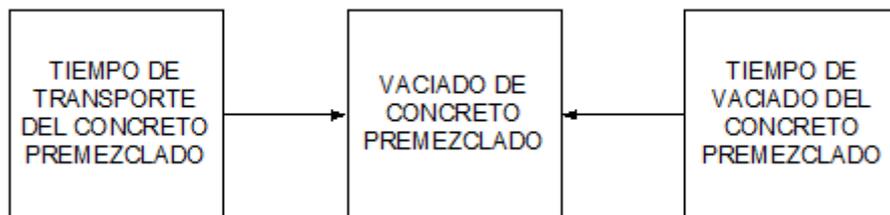
4.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO CRÍTICO

Para la identificación del proceso crítico se hace referencia al estudio VoC (voz del cliente) en éste caso se refiere a la encuesta aplicada a los estudiantes, ver Gráfico 1 y Tabla 22 VoC. Además, la encuesta aplicada al personal en obra para la identificación de causas que dificultan la calidad del concreto, se selecciona resultados con mayor frecuencia entre las oportunidades: Tiempo de Transporte de concreto premezclado y Tiempo de Vaciado de concreto premezclado.

Gráfico 1 VoC Encuesta a estudiantes - Anexo 6



4.1.4 MODELO DE PROCESO ACTUAL



4.1.5 ANÁLISIS DEL PROCESO CRÍTICO

PROCESO – VACIADO DE CONCRETO

El vaciado de concreto premezclado representa una de las partidas importantes en toda obra de edificaciones, al colocar el concreto, se debe evitar: retrasos, segregaciones, desperdicios, los tiempos muertos generan retrasos consecuentemente el concreto pierde fluidez, humedad, incremento de rigidez; estos inconvenientes se agudizan en un día caluroso o con viento, para evitar estas dificultades, es necesario planificar el vaciado con anticipación, verificar la disponibilidad de herramientas, equipos, personal, en obra para su recepción que facilite el vaciado.

Tabla 9 Identificación de matriz de la voz del cliente (VoC) - Crítica para la calidad (CTQ), ver Tabla 22, Gráfico 1

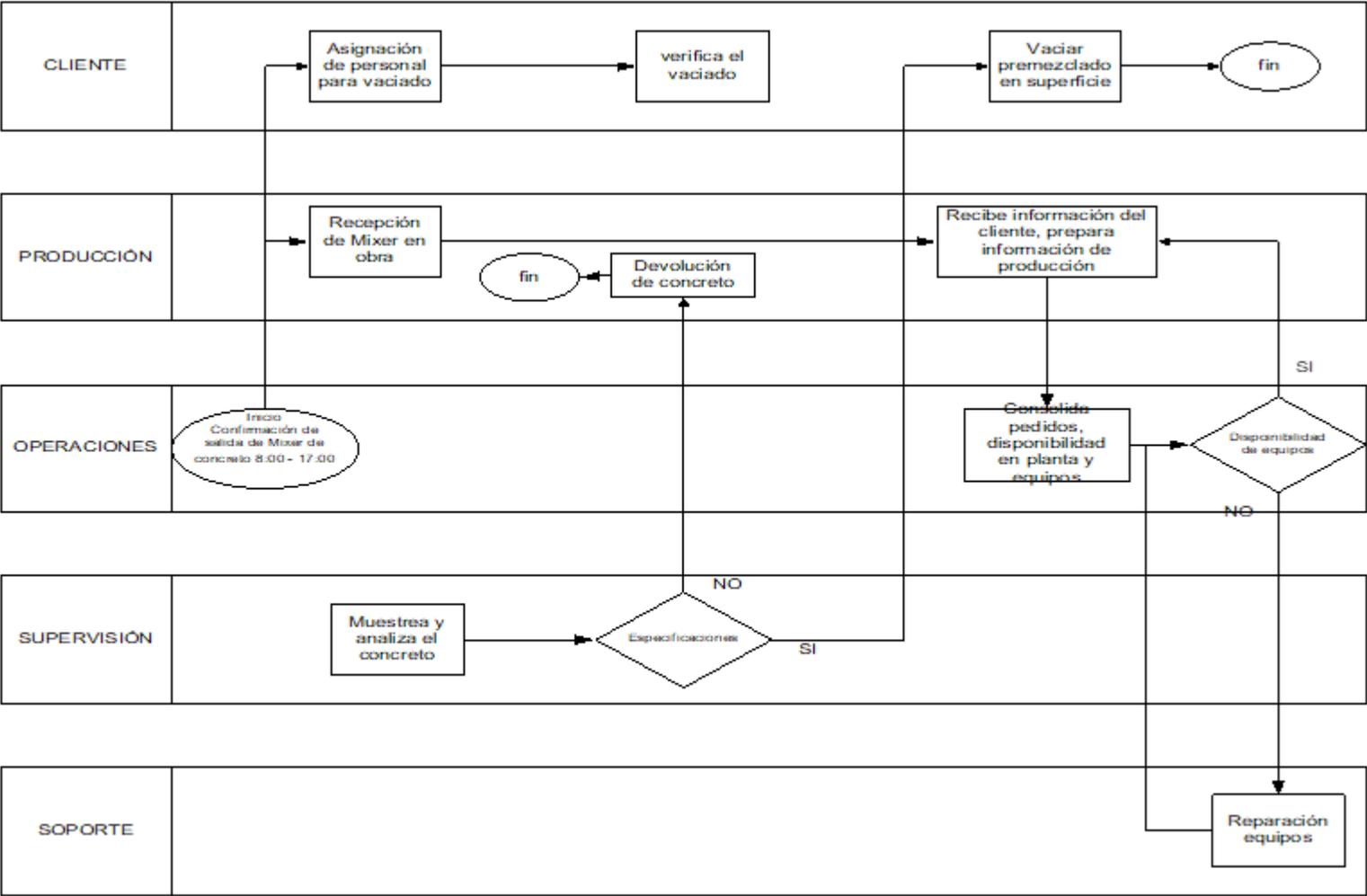
VoC	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	CTQ	INDICADOR	META	ESPECIFICACIONES
Tiempos de transporte de los Mixer a obra, entrega tardía del concreto.	El Tiempo de Transporte está por encima de los límites	Disminuir el Tiempo de Transporte	Tiempo de Transporte	50	40-60 minutos
Demasiado Tiempo de Vaciado del concreto premezclado	El Tiempo de Vaciado está por encima de las especificaciones	Reducir el Tiempo de Vaciado	Tiempo de Vaciado	20	15-25 minutos

La descarga de concreto deberá completarse en un plazo de 1,5 horas a partir de la introducción del agua de mezclado al cemento y a los agregados, en clima cálido o bajo condiciones que contribuyan al rápido endurecimiento del concreto, está permitido que el comprador pueda especificar el tiempo menor de 1,5 horas; para determinar la uniformidad del concreto producido en los camiones mezcladores, se toman muestras en un lapso de tiempo de no más de 15 minutos (Dirección de normalización - INACAL, 2016, pp. 23, 25)

Por otro lado, se consultó el tiempo promedio aplicado a la ruta (*Planta de producción – Vía de evitamiento km 7,4 y lugar de obra Calle Samuel Velarde - Umacollo*) a los conductores de Mixer considerando el tráfico y distancia indican que es un promedio de 50 minutos, motivo por el cual

se considera las especificaciones en el intervalo de 40 a 60 minutos, de igual forma el tiempo de vaciado aproximado en promedio de 20 minutos.

4.1.6 FLUJOGRAMA INICIAL PARA VACIADO DE CONCRETO



4.2 FASE 2: MEDIR, MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO – SIX SIGMA

4.2.1 SELECCIÓN DE LO QUE SE QUIERE MEDIR

Lo que se quiere medir es la determinación de causas que dificultan la calidad para el vaciado del concreto premezclado en la ejecución de una obra de ejecución civil, a partir de la voz del cliente (VoC).

Para el proyecto se ha seleccionado 2 indicadores de desempeño (KPI).

- *Tiempo de Transporte KPI₁ (minutos)*

Tiempo que se demora en trasladar el concreto premezclado desde la planta de producción al lugar de obra.

- *Tiempo de Vaciado KPI₂ (minutos)*

Tiempo que demora la colocación del concreto premezclado en su posición final, en el encofrado de la edificación.

Se ha determinado como tamaño de muestra 30 unidades por KPI, que fueron tomados desde el 01 a 08 enero de 2021, cuyos resultados son:

Tabla 10 Tiempo de Transporte y vaciado en obra (01 a 08 enero de 2021)

Concreto F'c= 210 kg/cm ²		Tiempo de Transporte KPI ₁	Tiempo de vaciado KPI ₂
Unidad		Minutos	Minutos
Meta		50	20
Especificaciones		40 a 60	15 a 25
	1	56	16
Muestra	2	45	20
	3	51	16
	4	48	20
	5	44	21
	6	61	26
	7	44	25
	8	52	23
	9	43	17
	10	49	21
	11	62	26
	12	49	27
	13	47	18
	14	49	19
	15	52	21
	16	59	23
	17	49	22
	18	61	26
	19	53	20
	20	44	19
	21	48	18
	22	55	22
	23	47	22
	24	42	20
	25	43	22
	26	58	22
	27	43	23
	28	57	23
	29	56	16
	30	44	20

KPI Key Performance Indicator, Indicador clave de desempeño.

En la Tabla 10 Tiempo de Transporte y vaciado en obra (01 a 08 enero de 2021) se presenta las treinta mediciones realizadas para las variables Tiempo de Transporte(KPI₁) y Tiempo de Vaciado (KPI₂), ambas variables son de tipo cuantitativo continuo y sus valores están dados en minutos.

Se considera al menos treinta resultados de las mediciones para obtener una estimación consistente de la desviación estándar. (Dirección de normalización - INACAL, 2016, p. 36)

Por otro lado, Rustom indica que basta tener muestras de tamaño mayor a treinta para que la distribución de la media muestral sea

prácticamente normal, independientemente de cual sea la distribución poblacional. (Rustom, 2012, p. 132)

4.2.2 MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Y CONTEO DEL NÚMERO DE DEFECTOS

INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO.

Tabla 11 Tiempo de Transporte KPI1 (minutos)

KPI₁	Tiempo de Transporte
Fecha de medición	01 a 08 enero de 2021
Responsable	Rodolfo Arpasi
Lugar de medición	Obra
Tamaño de la muestra	30 unidades
Tipo de datos	Continuo
Meta	50 minutos
Especificaciones	40 – 60 minutos

En la Tabla 11 Tiempo de Transporte KPI₁(minutos) se presenta un resumen preciso de cuando, quien, dónde se realizó la captura de los datos referente a la variable Tiempo de Transporte.

Tabla 12 Frecuencia Tiempo de Transporte

Tiempo de llegada	Frecuencia
Menor de 40	0
41 – 45	9
46 – 50	8
51 – 55	5
56 – 60	5
Mayor a 60	3
Total	
Ítem	Frecuencia
Buenos	27
Malos	3

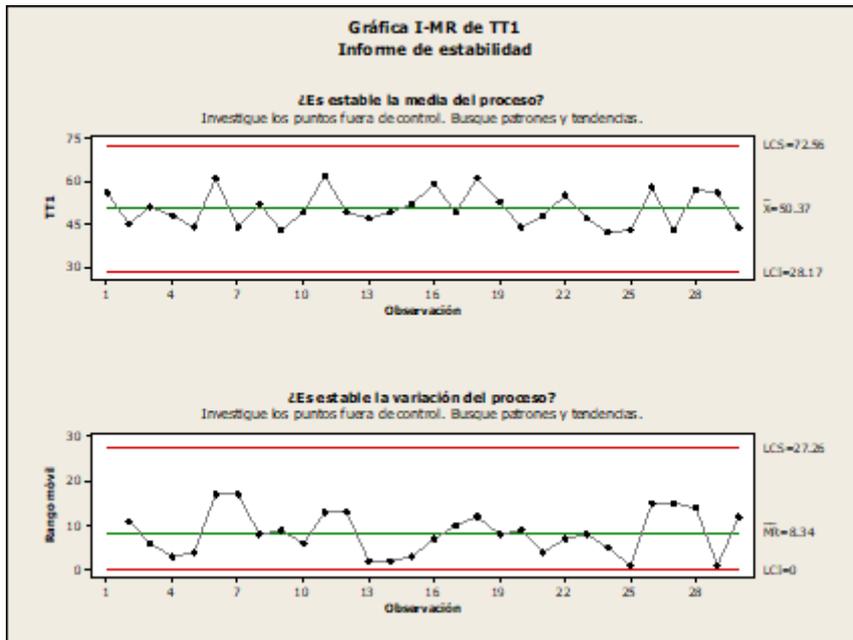
En la Tabla 12 Frecuencia Tiempo de Transporte, se presenta una tabla de distribución de frecuencias, donde se define el Tiempo de llegada con sus respectivos intervalos, además se presenta el valor de la frecuencia absoluta simple. Donde se puede observar que el intervalo con mayor frecuencia es de 41 a 45 minutos con una frecuencia de 9, por otro lado el intervalo con menor frecuencia es de 0 a 40 con un valor de 0.

Tabla 13 Mediciones Tiempo de Transporte y Límites Superior e Inferior de Control

N° de medición	Valor minuto - Tiempo de Transporte	Meta	LSC	LIC
M.1	56	50	72,56	28,17
M.2	45	50	72,56	28,17
M.3	51	50	72,56	28,17
M.4	48	50	72,56	28,17
M.5	44	50	72,56	28,17
M.6	61	50	72,56	28,17
M.7	44	50	72,56	28,17
M.8	52	50	72,56	28,17
M.9	43	50	72,56	28,17
M.10	49	50	72,56	28,17
M.11	62	50	72,56	28,17
M.12	49	50	72,56	28,17
M.13	47	50	72,56	28,17
M.14	49	50	72,56	28,17
M.15	52	50	72,56	28,17
M.16	59	50	72,56	28,17
M.17	49	50	72,56	28,17
M.18	61	50	72,56	28,17
M.19	53	50	72,56	28,17
M.20	44	50	72,56	28,17
M.21	48	50	72,56	28,17
M.22	55	50	72,56	28,17
M.23	47	50	72,56	28,17
M.24	42	50	72,56	28,17
M.25	43	50	72,56	28,17
M.26	58	50	72,56	28,17
M.27	43	50	72,56	28,17
M.28	57	50	72,56	28,17
M.29	56	50	72,56	28,17
M.30	44	50	72,56	28,17

En la Tabla 13 Mediciones Tiempo de Transporte y Límites Superior e Inferior de Control se presenta las treinta mediciones con su valor Tiempo de Transporte en minutos. Además, se presenta para cada caso el Límite Superior e Inferior de Control. Así para la medición número 11 se presenta un tiempo de 62 minutos, un LSC de 72,56 que es el valor máximo que puede ser aceptado en el proceso y un LIC 28,17 que es valor mínimo que puede ser aceptado en el proceso.

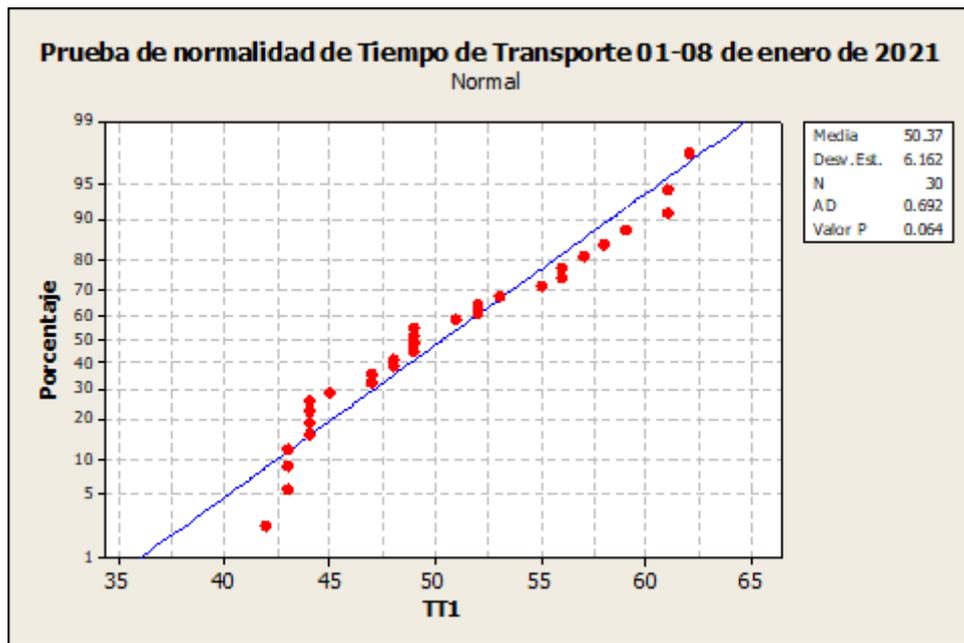
Gráfico 2 Gráfico de control I-MR – Tiempo de Transporte



Límite Superior de Control: 72,56
Límite Inferior de Control: 28,17
Promedio: 50,37

En el Gráfico 2 Gráfico de control I-MR- Tiempo de Transporte, se muestra un Gráfico de control que va permitir evaluar la estabilidad de un proceso. Se muestra que el LCS es 72,56 y el LCI es 28,17, además el Límite Central de Control es 50,37. Se puede definir que el proceso es estable dado que no existen puntos fuera de los límites.

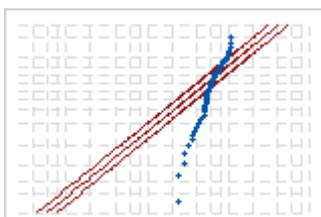
Gráfico 3 Prueba de normalidad Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021



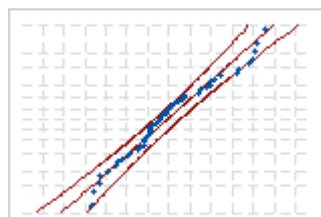
Valor P = 0,064 > 0,05 se concluye que los datos corresponden a una distribución normal.

AD: El estadístico Anderson Darling, se utiliza para calcular el valor p para la prueba de bondad de ajuste, que ayuda a determinar qué distribución se ajusta mejor a los datos.

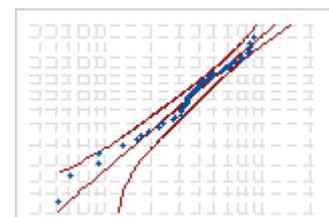
Distribución	Anderson Darling	Valor p
Exponencial	9,599	P<0,003
Normal	0,641	P<0,089
Weibull de 3 parámetros	0,376	P<0,432



Exponencial
Fuente: (Minitab 18, 2021)



Normal



Weibull de 3 parámetros

Tabla 14 Tiempo de Vaciado KPI2 (minutos)

KPI₂	Tiempo de Vaciado
Fecha de medición	01 a 08 enero de 2021
Responsable	Rodolfo Arpasi
Lugar de medición	Obra
Tamaño de la muestra	30 unidades
Tipo de datos	Continuo
Meta	20 minutos
Especificaciones	15 – 25 minutos

En la Tabla 14 Tiempo de Vaciado KPI2 (minutos) se presenta un resumen preciso de cuando, quien, dónde se realizó la captura de los datos referente a la variable Tiempo de Vaciado.

Tabla 15 Frecuencia Tiempo de Vaciado

Tiempo de Vaciado	Frecuencia
Menor a 5,00	0
6,00 – 10,00	0
11,00 – 15,00	0
16,00 – 20,00	13
21,00 – 25,00	13
Mayor a 25,00	4
Total	
Item	Frecuencia
Buenos	26
Malos	4

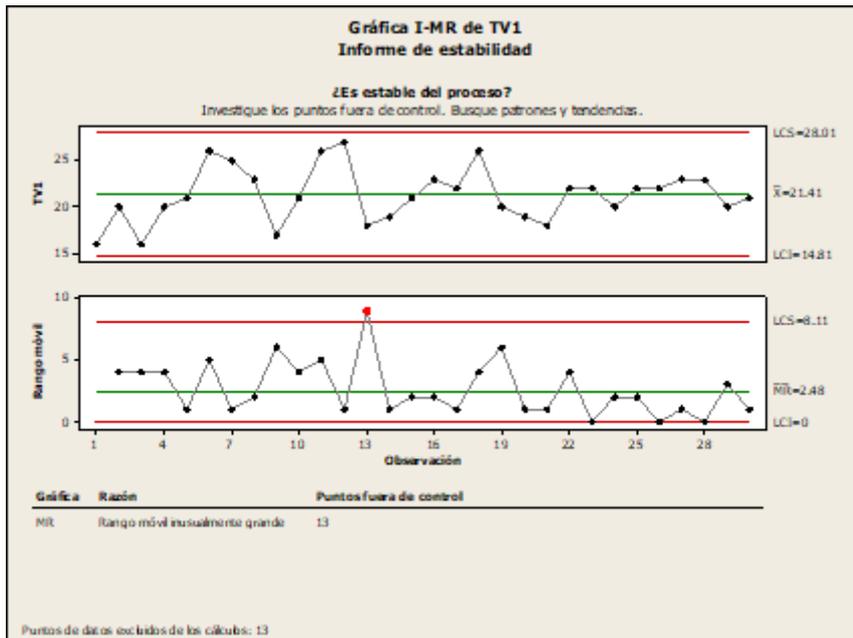
En la Tabla 15 Frecuencia Tiempo de Vaciado, se presenta una tabla de distribución de frecuencias, donde se define el Tiempo de Vaciado con sus respectivos intervalos, además se presenta el valor de la frecuencia absoluta simple. Donde se puede observar que el intervalo con mayor frecuencia es de 16 a 20 y 21 a 25 minutos con una frecuencia de 13, por otro lado existen tres intervalos con una frecuencia 0.

Tabla 16 Mediciones Tiempo de Vaciado y Límites Superior e Inferior de Control

Número de medición	Valor minuto - Tiempo de Vaciado	Meta	LSC	LIC
M.1	16	20	28,01	14,81
M.2	20	20	28,01	14,81
M.3	16	20	28,01	14,81
M.4	20	20	28,01	14,81
M.5	21	20	28,01	14,81
M.6	26	20	28,01	14,81
M.7	25	20	28,01	14,81
M.8	23	20	28,01	14,81
M.9	17	20	28,01	14,81
M.10	21	20	28,01	14,81
M.11	26	20	28,01	14,81
M.12	27	20	28,01	14,81
M.13	18	20	28,01	14,81
M.14	19	20	28,01	14,81
M.15	21	20	28,01	14,81
M.16	23	20	28,01	14,81
M.17	22	20	28,01	14,81
M.18	26	20	28,01	14,81
M.19	20	20	28,01	14,81
M.20	19	20	28,01	14,81
M.21	18	20	28,01	14,81
M.22	22	20	28,01	14,81
M.23	22	20	28,01	14,81
M.24	20	20	28,01	14,81
M.25	22	20	28,01	14,81
M.26	22	20	28,01	14,81
M.27	23	20	28,01	14,81
M.28	23	20	28,01	14,81
M.29	20	20	28,01	14,81
M.30	21	20	28,01	14,81

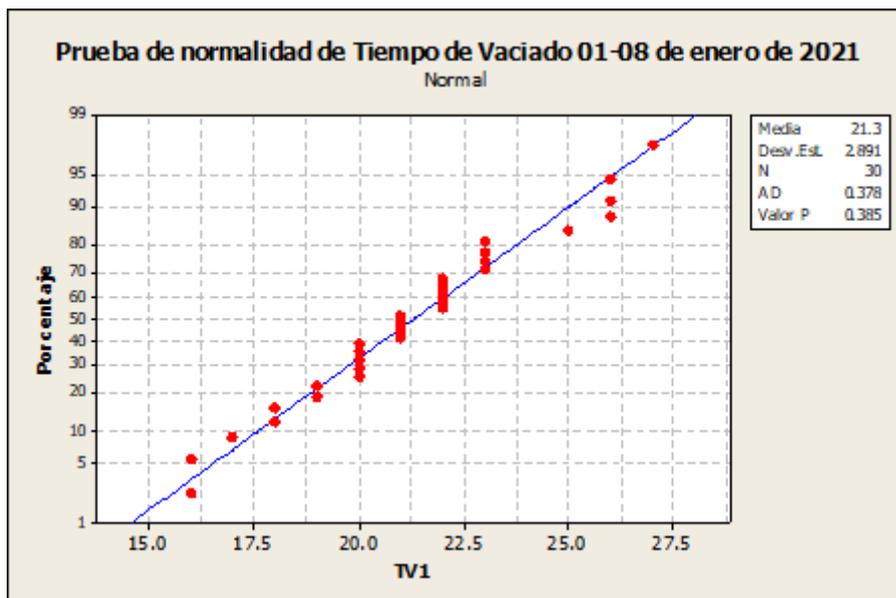
En la Tabla 16 Mediciones Tiempo de Vaciado y Límites Superior e Inferior de Control se presenta las 30 mediciones con su valor Tiempo de Vaciado en minutos. Además, se presenta para cada caso el Límite Superior e Inferior de Control. Así para la medición número 6 se presenta un tiempo de 26 minutos, un LSC de 28,01 que es el valor máximo que puede ser aceptado en el proceso y un LIC 14,81 que es valor mínimo que puede ser aceptado en el proceso.

Gráfico 4 Gráfico de control I-MR – Tiempo de Vaciado



En el Gráfico 3 Gráfico de control I-MR- Tiempo de Vaciado, se muestra un Gráfico de control que va permitir evaluar la estabilidad de un proceso. El LCS es 28,01 y el LCI es 14,81 además, el Límite Central de Control es 21,41. Se puede definir que el proceso es estable dado que no existen puntos fuera de los límites.

Gráfico 5 Prueba de normalidad de Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021



Valor P = 0,385 > 0,05 y < 0,432 se concluye que los datos corresponden a una distribución Weibull de 3 parámetros.

Tabla 17 Resumen de KPI

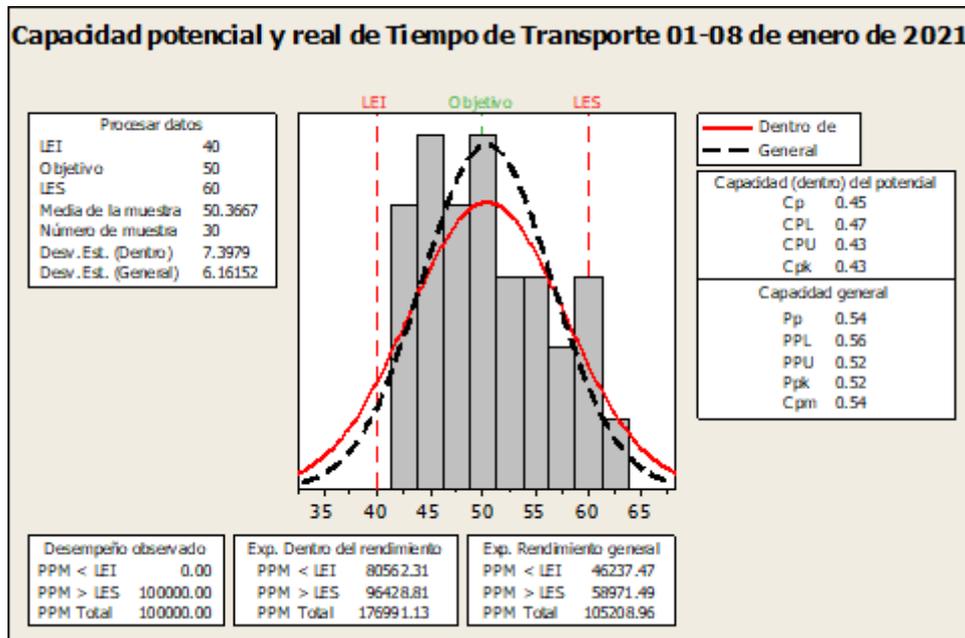
KPI	UNIDAD	META	ESPECIFICACIONES		PROMEDIO	MUESTRA		
			Li	Ls		BUENAS	MALAS	TOTAL
Tiempo de Transporte	Minutos	50	40	60	50,37	27	3	30
Tiempo de Vaciado	Minutos	20	15	25	21,41	26	4	30
						53	7	

En la Tabla 17 Resumen de KPI, se muestra un compacto de la información más relevante de la investigación, como las variables, unidades. Los valores centrales de control para cada una de las variables.

4.2.3 CAPACIDAD DEL PROCESO, KPI TIEMPO DE TRANSPORTE (MINUTOS)

Es la capacidad del proceso para Tiempo de Transporte de concreto premezclado con las especificaciones de Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Gráfico 6 Capacidad potencial y real de Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021



En la Gráfico 6 se considera C_{pm} , debido a que la media objetivo no es la media de las especificaciones, por lo que la capacidad del proceso respecto al objetivo es: objetivo = 50 minutos, la media es 50,36.

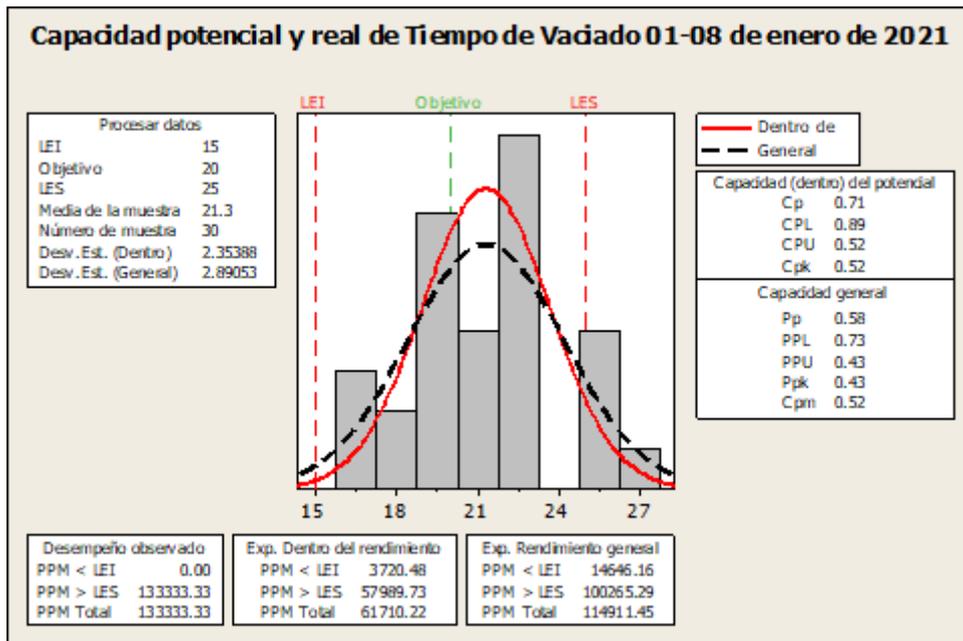
El índice $C_{pm} = 0,54 < 0,6$ entonces el proceso debe mejorar para cumplir con las especificaciones del cliente.

El índice $C_p = 0,45$ Capacidad Potencial, corresponde a la categoría de proceso 4, no adecuado para el trabajo.

El índice $C_{pk} = 0,43$ Capacidad Real del Proceso, no cumple de manera adecuada con las especificaciones.

4.2.4 CAPACIDAD DEL PROCESO, KPI TIEMPO DE VACIADO (MINUTOS)

Gráfico 7 Capacidad potencial y real de Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021



En el Gráfico 7 respecto de la variable Tiempo de Vaciado la media es 21,3 distinto la media aritmética de las especificaciones.

El índice $C_{pm} = 0,52 < 0,6$ entonces el proceso debe mejorar para cumplir con las especificaciones del cliente ($C_{pm} > 1$ aconsejable).

El índice $C_p = 0,71$ Capacidad Potencial, corresponde a la categoría de proceso 3, no adecuado para el trabajo, necesario un análisis del proceso ($0,067 < C_p < 1$).

El índice $C_{pk} = 0,52$ Capacidad Real del Proceso, no cumple de manera adecuada con las especificaciones ($C_{pk} > 1,25$ aconsejable)

Tabla 18 Resumen de C_p , C_{pk} , C_{pm} , sigma 01-08 de enero 2021

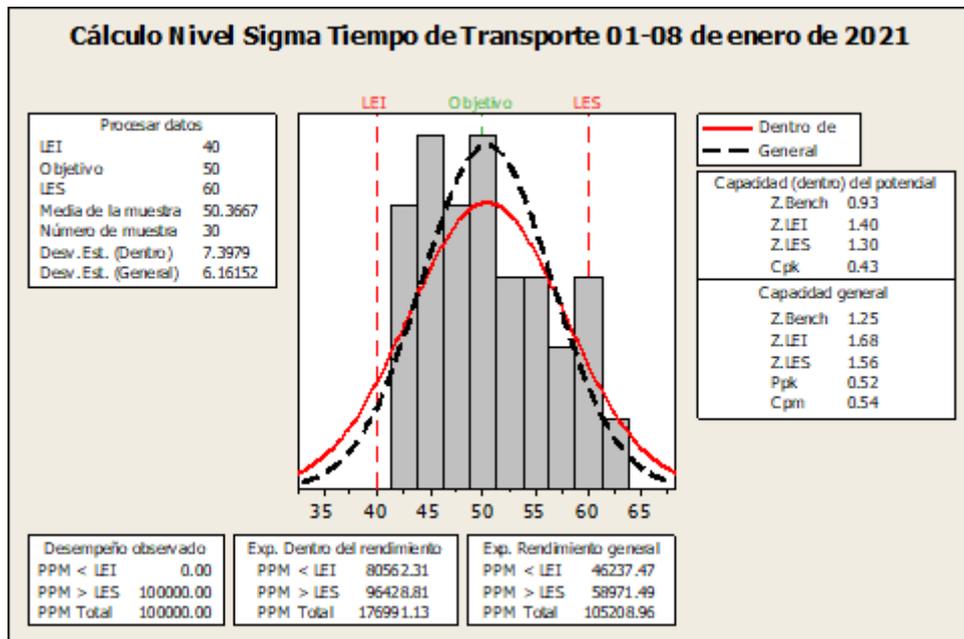
Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Unidad	Meta	Especificaciones		Media	C_p	C_{pk}	C_{pm}	Sigma
			Li	Ls					
Tiempo de Transporte	Minutos	50	40	60	50,37	0,45	0,43	0,54	0,93
Tiempo de Vaciado	Minutos	20	15	25	21,3	0,71	0,52	0,52	1,54

En la tabla 21 se puede observar que los procesos Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado deben mejorar para cumplir con las especificaciones técnicas de los clientes para afirmar esta premisa se utiliza el parámetro C_{pm} .

Cuando el índice C_{pm} es menor que uno significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 107)

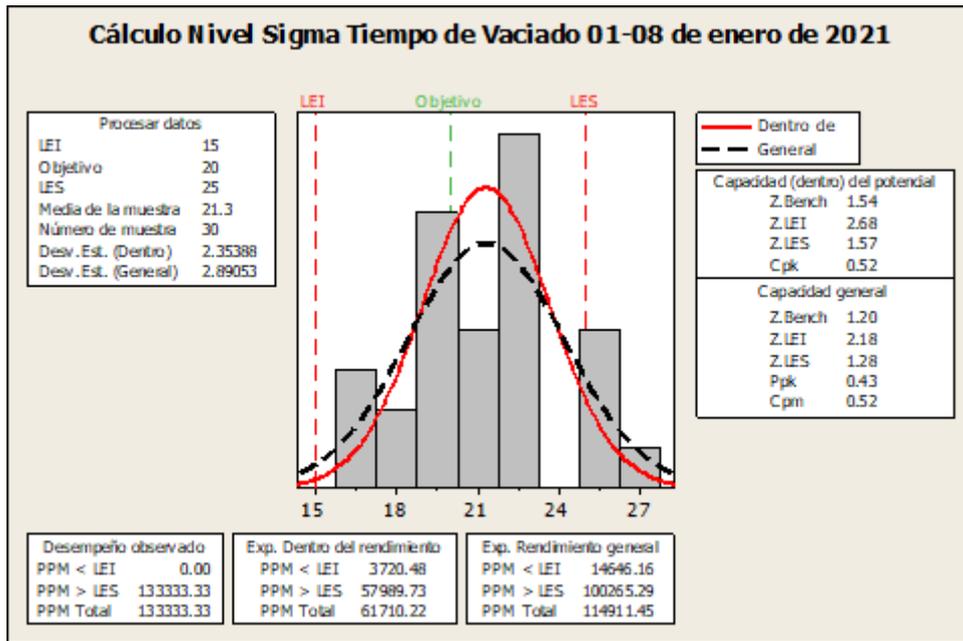
4.2.5 CÁLCULO DEL NIVEL SIGMA

Gráfico 8 Nivel Sigma Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021



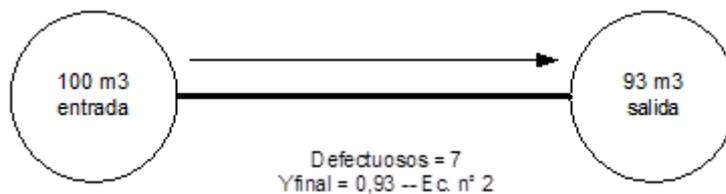
Interpretación: nivel sigma alcanzado por Tiempo de Transporte del 01 a 08 de enero es de 0,93 se considera la Capacidad dentro del potencial, en razón de que se ha trabajado con datos normales, a corto plazo y con 30 mediciones.

Gráfico 9 Nivel Sigma Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021



Interpretación: nivel sigma alcanzado por Tiempo de Vaciado del 01 a 08 de enero es de 1,54 se considera la Capacidad dentro del potencial, en razón de que se ha trabajado con datos normales, a corto plazo y con 30 mediciones.

4.2.6 RENDIMIENTO DEL PROCESO



Y_{FINAL} = Ec. n°4

Rendimiento de proceso: Y_{FINAL} = 0,93 ≈ 93 %

Ecuación 11 Rendimiento tradicional (Y)

$$Y = \frac{out}{in} = \frac{in - scrap}{in}$$

$$Y = 1 - \frac{scrap}{in}$$

4.3 FASE 3: ANALIZAR – SIX SIGMA

4.3.1 PRINCIPIO DE PARETO

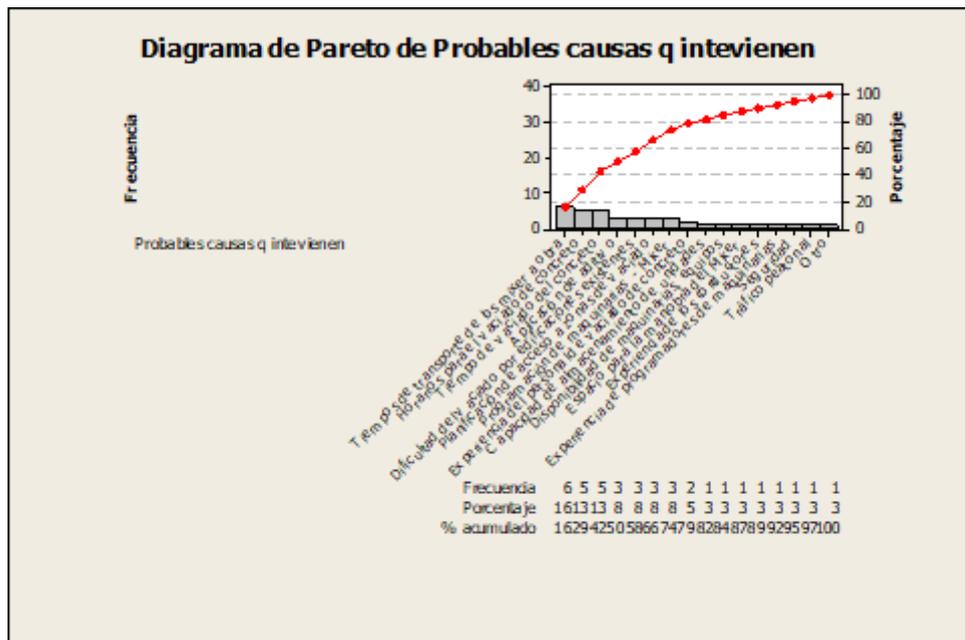
Fue explicado por el economista italiano Vilfredo Pareto, que especifica una relación desigual entre entradas y salidas, el principio indica que el 20% del esfuerzo genera el 80% de los resultados, es decir, que el 80 % de las consecuencias se derivan de 20 % de las causas.

Se presenta una tabla de frecuencia indicando la oportunidad de defectos de 09 especialistas entrevistadas en obra, para ello se ha preparado una lista de posibles causas que dificultan en el vaciado del concreto premezclado en obra.

Tabla 19 Voz del cliente (VoC) Encuesta al personal en obra - Identificación de causas que dificultan en el vaciado del concreto premezclado

Ítem	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	Dirección técnica			Supervisión		Propietario	Trabajadores			Total
		Residente	Asistente profesional	Jefe	Asistente – Profesional	Técnico	Administrador	Maestro	Operario	Laboratorista	
1	Tiempos de transporte de los Mixer a obra	1	1		1	1		1	1		6
2	Tiempo de Vaciado del concreto	1	1					1	1	1	5
3	Programación de maquinarias - Mixer	1		1				1			3
4	Planificación de acceso a zonas de vaciado	1		1					1		3
5	Horarios para el vaciado de concreto	1	1	1	1			1			5
6	Capacidad de almacenamiento de unidades							1			1
7	Disponibilidad de maquinarias, equipos							1			1
8	Aplicación de aditivo	1		1						1	3
9	Espacio para la maniobra del Mixer						1				1
10	Tráfico peatonal								1		1
11	Tráfico vehicular								1		1
12	Dificultad del vaciado por edificaciones existentes	1						1	1		3
13	Experiencia de programadores de maquinarias								1		1
14	Experiencia de los conductores								1		1
15	Experiencia del personal de vaciado de concreto	1						1			2
16	Seguridad						1				1

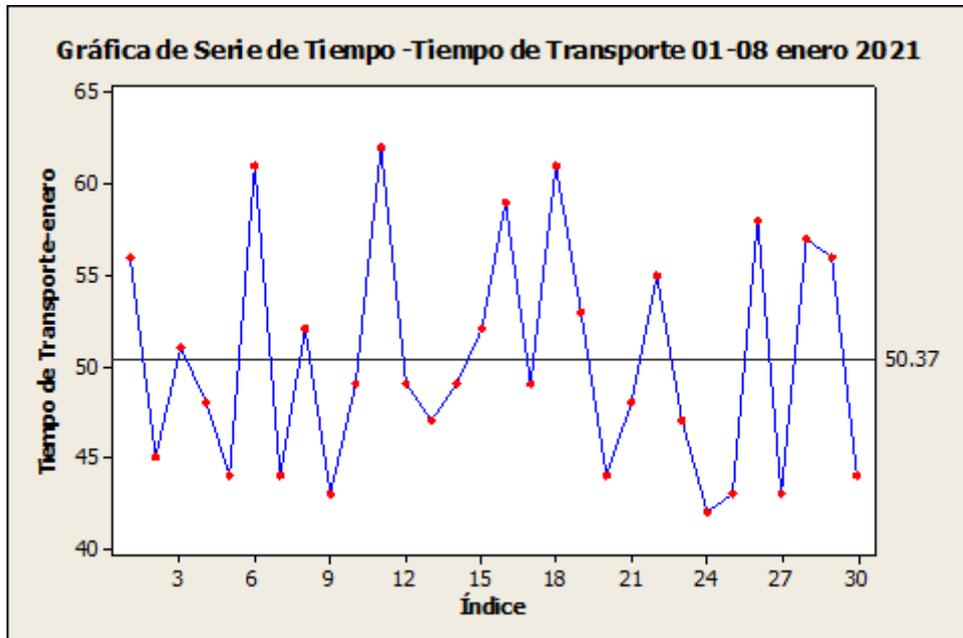
Gráfico 10 Pareto que visualiza las principales causas en el vaciado del concreto por especialistas en obra.



Interpretación: El Gráfico de Pareto indica que el 50% de las causas que intervienen en el vaciado del concreto premezclado puesto en obra son: Tiempo de Transporte del concreto, Horarios para el vaciado de concreto, Tiempo de Vaciado y Aplicación de aditivos, según especialistas en obra, a ésta información se considera como la voz del cliente.

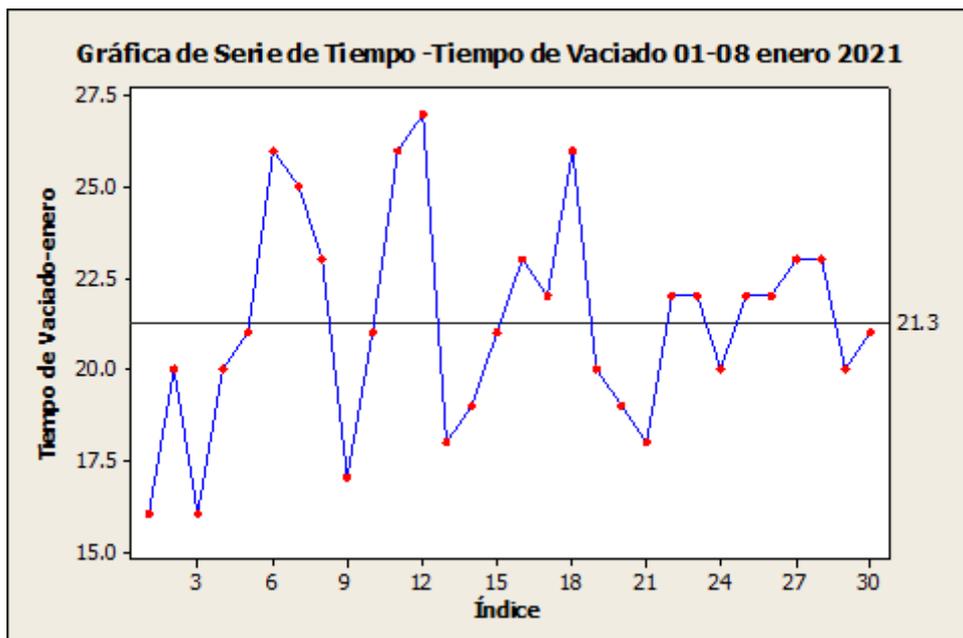
4.3.2 GRÁFICA DE TENDENCIA PARA ENCONTRAR PATRONES EN EL TIEMPO

Gráfico 11 Series de tiempo – Tiempo de Transporte 01-08 de enero de 2021



Interpretación: las fluctuaciones de Tiempo de Transporte de concreto premezclado en obra no marca una zona de control estable, por lo que las tendencias, no ayuda a identificar las causas.

Gráfico 12 Series de tiempo – Tiempo de Vaciado 01-08 de enero de 2021



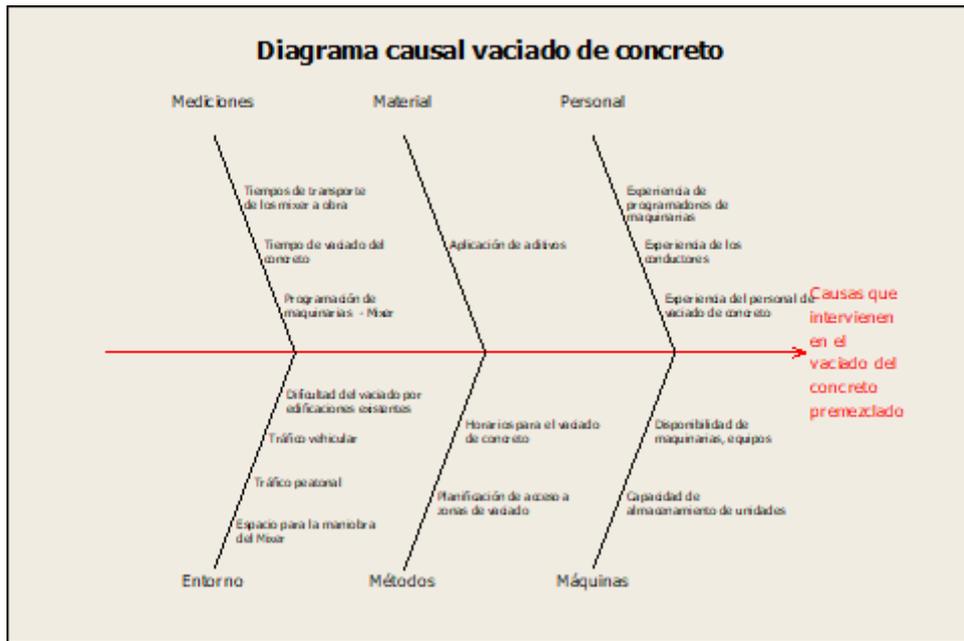
Interpretación: las fluctuaciones de vaciado de concreto premezclado en obra no marca una zona de control estable, por lo que las tendencias, no ayuda a identificar las causas.

4.3.3 GRÁFICO DE ESPINA DE PESCADO – CAUSAS RAÍZ POTENCIALES

Tabla 20 Espina de pescado

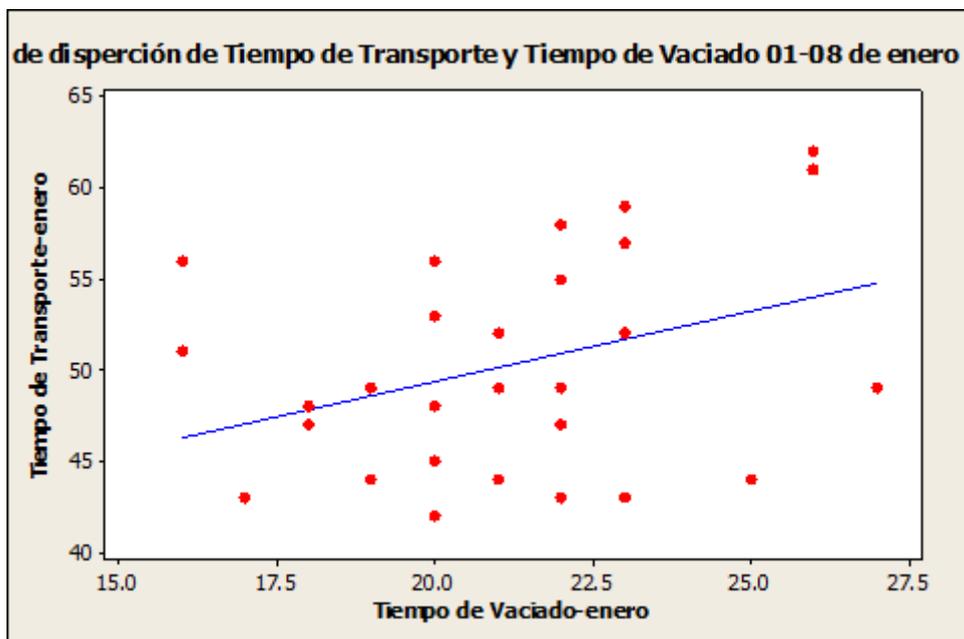
	(POSIBLES CAUSAS ASIGNABLES)	TIPO
X ₁	Tiempo de Transporte de los Mixer a obra	Medición
X ₂	Tiempo de Vaciado del concreto	Medición
X ₃	Programación de maquinarias - Mixer	Métodos
X ₄	Planificación de acceso a zonas de vaciado	Métodos
X ₅	Horarios para el vaciado de concreto	Métodos
X ₆	Capacidad de almacenamiento de unidades	Maquinarias
X ₇	Disponibilidad de maquinarias, equipos	Maquinarias
X ₈	Aplicación de aditivos	Materiales
X ₉	Espacio para la maniobra del Mixer	Acceso de trabajo
X ₁₀	Tráfico peatonal	Acceso de trabajo
X ₁₁	Tráfico vehicular	Acceso de trabajo
X ₁₂	Dificultad del vaciado por edificaciones existentes	Acceso de trabajo
X ₁₃	Experiencia de programadores de maquinarias	Recursos humanos
X ₁₄	Experiencia de los conductores	Recursos humanos
X ₁₅	Experiencia del personal de vaciado de concreto	Recursos humanos

Gráfico 13 Causas que intervienen en el vaciado del concreto premezclado.



4.3.4 GRÁFICOS DE DISPERSIÓN Y CORRELACIÓN.

Gráfico 14 Dispersión y correlación de Tiempo de Transporte y vaciado de concreto



En el Gráfico 14 se presenta el diagrama de dispersión, ubicando los puntos (pares ordenados) de las variables Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado. De manera visual se puede afirmar que existe una correlación positiva entre las variables involucradas.

Tabla 21 Correlación de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado (01-08 enero 2021)

Correlaciones: Tiempo de Transporte; Tiempo de Vaciado	
Correlación de Pearson de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado	0,365
Valor P	0,047

En la Tabla 24 se observa el valor de la correlación existente entre la variable Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado cuyo valor es 0,365 con un p-valor de 0,047 por lo tanto se afirma que existe una correlación positiva moderada.

4.4 FASE 4: MEJORAR – SIX SIGMA

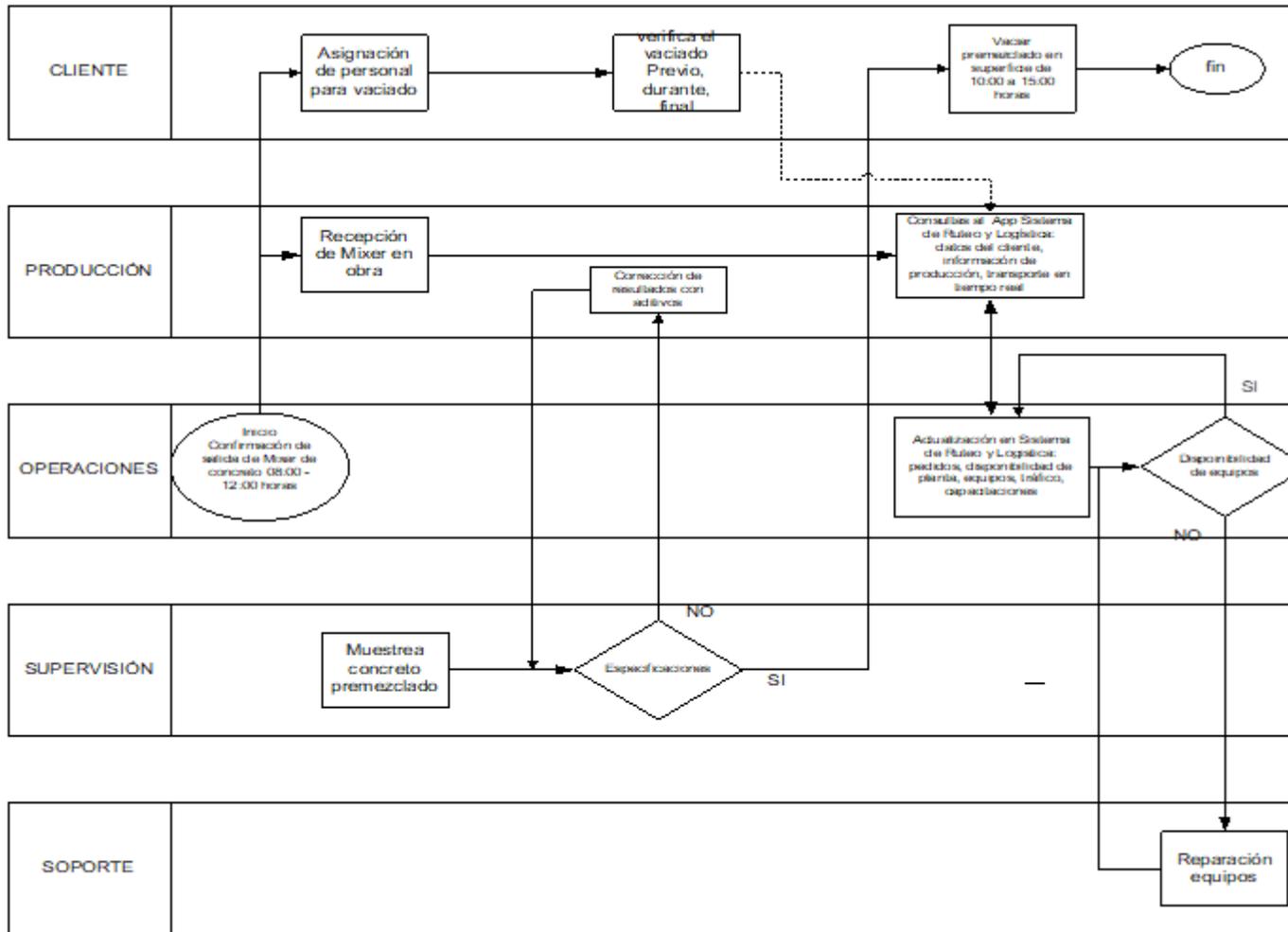
4.4.1 PROCESOS DE MEJORA CONTINUA

A partir del primero de febrero del año en curso, la empresa constructora empezó a implantar nuevos procesos de solicitudes para vaciado en obra, como respuesta estratégica al confinamiento ordenado por el Gobierno del Perú del 13 al 28 de febrero del presente año, según el Decreto Supremo N° 023-2021-PCM, publicado en el diario oficial El Peruano, en el nivel de alerta extremo se consideran las provincias: Utcubamba en la región Amazonas; Camaná, Islay, Caylloma y Arequipa en la región Arequipa; Cutervo en la región Cajamarca; Canchis y La Convención en la región Cusco y otros.

Para éste efecto la empresa inició la etapa de optimización a través del uso de plataformas informáticas que facilita la fluidez de la comunicación entre los operadores de equipos en obra, unidades de transporte, planificadores de ruteo, fortaleciendo el área de operaciones y talento humano con capacitaciones relacionados a la seguridad y la salud a cargo de un supervisor de seguridad, adicionalmente entrenamientos en el uso de herramientas, equipos de comunicación, como el uso de Sistemas de Ruteo y Logística con los App SimpliRoute que calcula las rutas óptimas para asignar a los conductores, horarios, restricciones territoriales, ubicación de cada uno de los vehículos de transporte de concreto premezclado en tiempo real, sus paradas y si van a tiempo con sus entregas, notificaciones al cliente.

La puesta en marcha del horario para vaciado a partir de las 10:00 a 15:00 horas, la utilización a modo de prueba del Sistema de ruteo y logística “App SimpliRoute” y capacitaciones al personal, se espera que tengan influencia en la reducción del Tiempo de Transporte y consecuentemente se mantenga la calidad del concreto premezclado (ver Propuesta de flujograma mejorado).

4.4.2 FLUJOGRAMA MEJORADO PARA VACIADO DE CONCRETO.



4.5 FASE 5: CONTROLAR – SIX SIGMA

4.5.1 DETERMINACIÓN DE KPI SEGUNDA MEDICIÓN

Tabla 22 Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado en obra (01 a 08 febrero de 2021)

Concreto F'c= 210 kg/cm²		Tiempo de Transporte KPI₁	Tiempo de vaciado KPI₂
Unidad		Minutos	Minutos
Meta		50	20
Especificaciones		40 a 60	15 a 25
	1	47	21
Muestra	2	48	19
	3	46	21
	4	49	19
	5	49	24
	6	44	23
	7	49	20
	8	48	24
	9	45	20
	10	55	17
	11	43	16
	12	46	18
	13	44	19
	14	45	18
	15	48	21
	16	44	21
	17	46	17
	18	46	18
	19	49	19
	20	49	26
	21	45	18
	22	45	22
	23	44	18
	24	51	19
	25	48	21
	26	47	24
	27	44	25
	28	46	23
	29	43	18
	30	43	20

En la Tabla 25 Tiempo de Transporte y vaciado en obra (01 a 08 febrero de 2021) se presenta las 30 mediciones realizadas para las variables Tiempo de Transporte (KPI₁) y Tiempo de Vaciado (KPI₂), ambas variables son de tipo cuantitativo continuo y sus valores están dados en minutos.

4.5.2 MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Y CONTEO DEL NÚMERO DE DEFECTOS

Indicadores claves de desempeño.

Tabla 23 Tiempo de Transporte KPI1 (minutos)

KPI₁	Tiempo de Transporte
Fecha de medición	01 a 08 febrero de 2021
Responsable	Rodolfo Arpasi
Lugar de medición	Obra
Tamaño de la muestra	30 unidades
Tipo de datos	Continuo
Meta	50 minutos
Especificaciones	40 – 60 minutos

En la Tabla 26 Tiempo de Transporte KPI₁ (minutos) se presenta un resumen preciso de cuando, quien, dónde se realizó la captura de los datos referente a la variable Tiempo de Transporte.

Tabla 24 Frecuencia Tiempo de Transporte 01-08 febrero de 2021

Tiempo de llegada	Frecuencia
Menor de 40	
41 – 45	12
46 – 50	16
51 – 55	2
56 – 60	0
Mayor a 60	0
Total	
Ítem	Frecuencia
Buenos	30
Malos	0

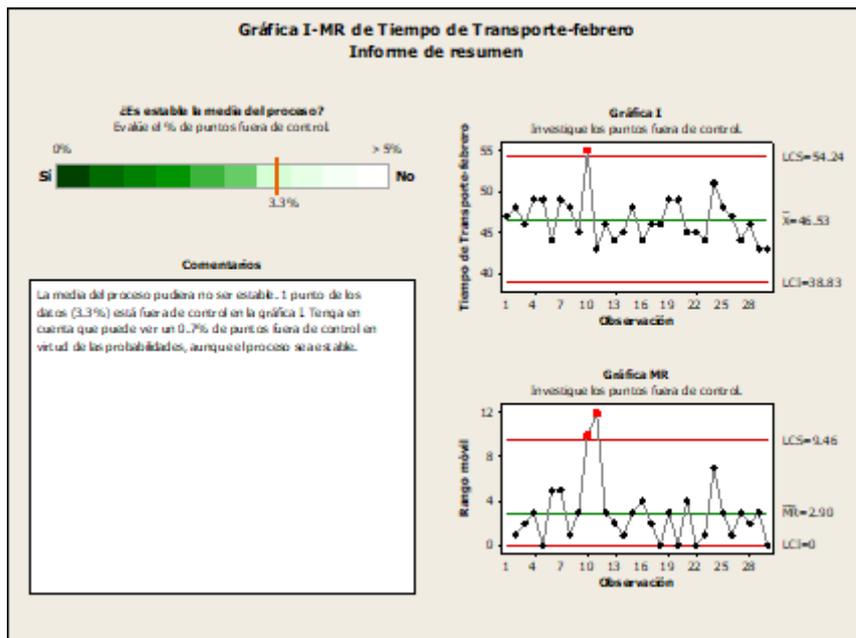
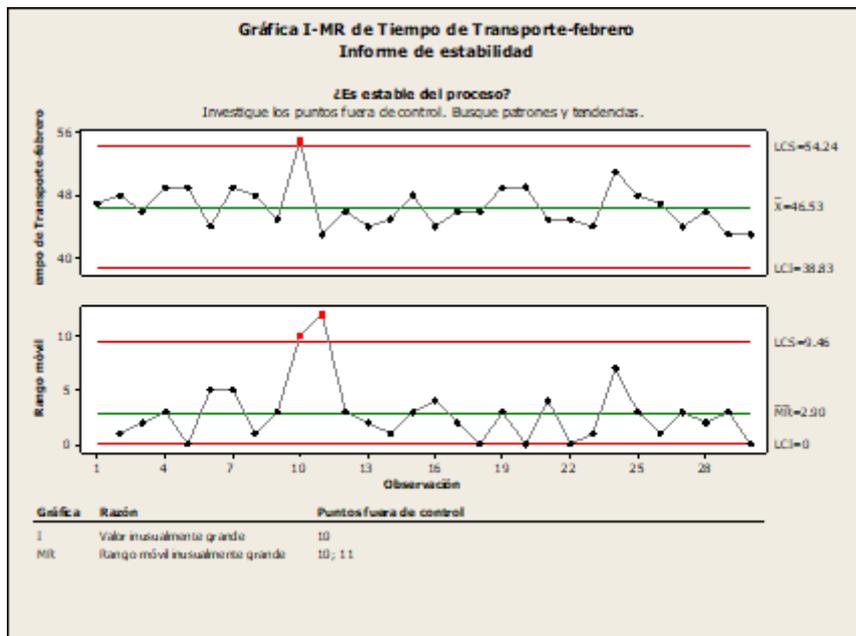
En la Tabla 27 Frecuencia Tiempo de Transporte, se presenta una tabla de distribución de frecuencias, donde se define el Tiempo de llegada con sus respectivos intervalos, además se presenta el valor de la frecuencia absoluta simple. Donde se puede observar que el intervalo con mayor frecuencia es de 46 a 50 minutos con una frecuencia de 16, por otro lado el intervalo con menor frecuencia es de 56 a 60 con un valor de 0.

Tabla 25 Mediciones Tiempo de Transporte y Límites Superior e Inferior de Control

N° de medición	Valor minuto - Tiempo de Transporte	Meta	LSC	LIC
M.1	47	50	54,24	38,83
M.2	48	50	54,24	38,83
M.3	46	50	54,24	38,83
M.4	49	50	54,24	38,83
M.5	49	50	54,24	38,83
M.6	44	50	54,24	38,83
M.7	49	50	54,24	38,83
M.8	48	50	54,24	38,83
M.9	45	50	54,24	38,83
M.10	55	50	54,24	38,83
M.11	43	50	54,24	38,83
M.12	46	50	54,24	38,83
M.13	44	50	54,24	38,83
M.14	45	50	54,24	38,83
M.15	48	50	54,24	38,83
M.16	44	50	54,24	38,83
M.17	46	50	54,24	38,83
M.18	46	50	54,24	38,83
M.19	49	50	54,24	38,83
M.20	49	50	54,24	38,83
M.21	45	50	54,24	38,83
M.22	45	50	54,24	38,83
M.23	44	50	54,24	38,83
M.24	51	50	54,24	38,83
M.25	48	50	54,24	38,83
M.26	47	50	54,24	38,83
M.27	44	50	54,24	38,83
M.28	46	50	54,24	38,83
M.29	43	50	54,24	38,83
M.30	43	50	54,24	38,83

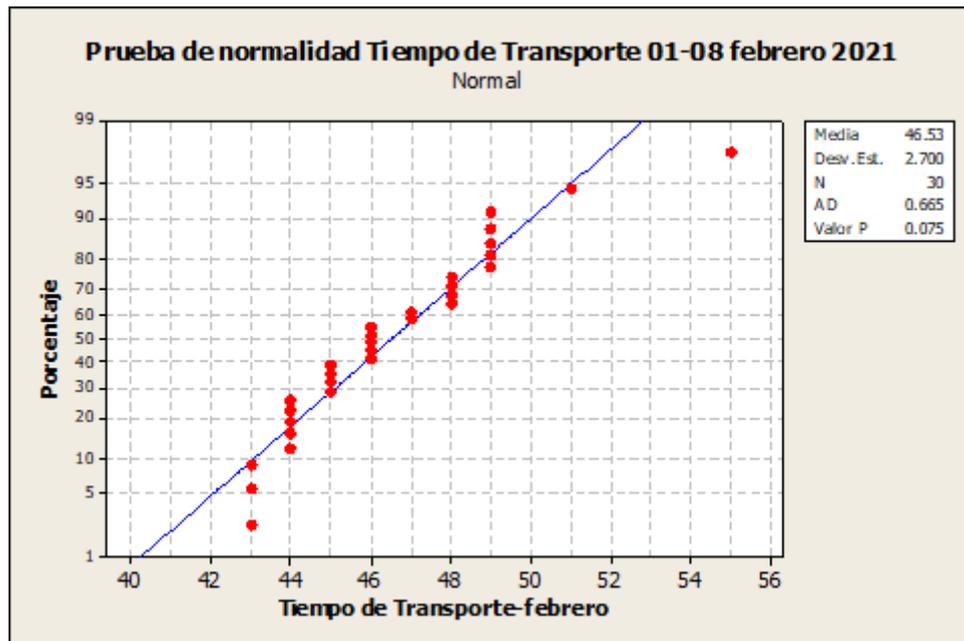
En la Tabla 28 Mediciones Tiempo de Transporte y Límites Superior e Inferior de Control se presenta las 30 mediciones con su valor Tiempo de Transporte en minutos. Además, se presenta para cada caso el Límite Superior e Inferior de Control. Un LSC de 54,24 que es el valor máximo que puede ser aceptado en el proceso y un LIC 38,83 que es valor mínimo que puede ser aceptado en el proceso.

Gráfico 15 Control I-MR Tiempo de Transporte en minutos.



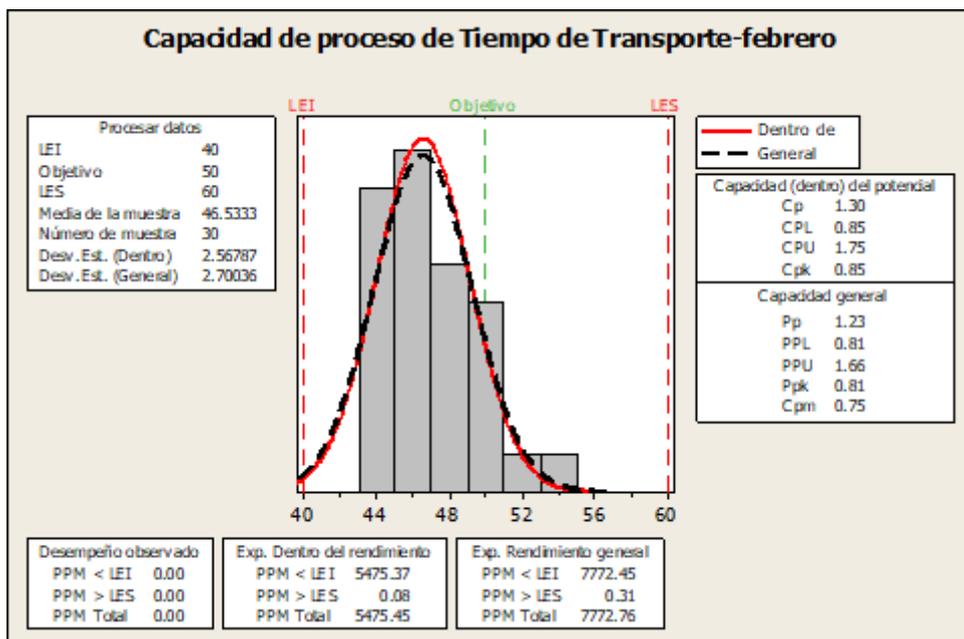
En la Gráfico 15 Gráfico de control I-MR- Tiempo de Transporte, se muestra un Gráfico de control que va permitir evaluar la estabilidad de un proceso. Se muestra que el LCS es 54,24 y el LCI es 38,83 además el Límite Central de Control es 46,53. Se puede definir que el proceso pudiera no ser estable dado que existe un punto fuera de los límites.

Gráfico 16 Prueba de normalidad Tiempo de Transporte 01-08 febrero 2021



Valor $P = 0,075 > 0,05$, los datos corresponden a una distribución normal.

Gráfico 17 Capacidad de proceso Tiempo de Transporte 01-08 febrero de 2021



Interpretación: El Índice de Capacidad de Tiempo de Transporte $C_p = 1,3$ se cataloga como clase 2, el proceso es parcialmente adecuado requiere de un control estricto (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 102); respecto del índice $C_{pk} = 0,85$ menor que 1,25 el proceso no cumple al menos con una de las especificaciones, la media del proceso esta más a la izquierda del target, el problema está descentrado.

El índice $C_{pm} = 0,75 < 1$ el proceso no cumple con las especificaciones por problemas de centrado.

Tabla 26 Tiempo de Vaciado KPI2 (minutos)

KPI₂	Tiempo de Vaciado
Fecha de medición	01 a 08 febrero de 2021
Responsable	Rodolfo Arpasi
Lugar de medición	Obra
Tamaño de la muestra	30 unidades
Tipo de datos	Continuo
Meta	20 minutos
Especificaciones	15 – 25 minutos

En la Tabla 29 Tiempo de Vaciado KPI₂ (minutos) se presenta un resumen preciso de cuando, quien, dónde se realizó la captura de los datos referente a la variable Tiempo de Vaciado.

Tabla 27 Frecuencia Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021

Tiempo de Vaciado	Frecuencia
Menor a 5,00	
6,00 – 10, 00	
11,00 – 15,00	
16,00 – 20,00	17
21,00 – 25,00	12
Mayor a 26,00	1
Total	
Ítem	Frecuencia
Buenos	29
Malos	1

En la Tabla 30 Frecuencia Tiempo de Vaciado, se presenta una tabla de distribución de frecuencias, donde se define el Tiempo de Vaciado con sus respectivos intervalos, además se presenta el valor de la frecuencia absoluta simple, donde se puede observar que el intervalo con mayor

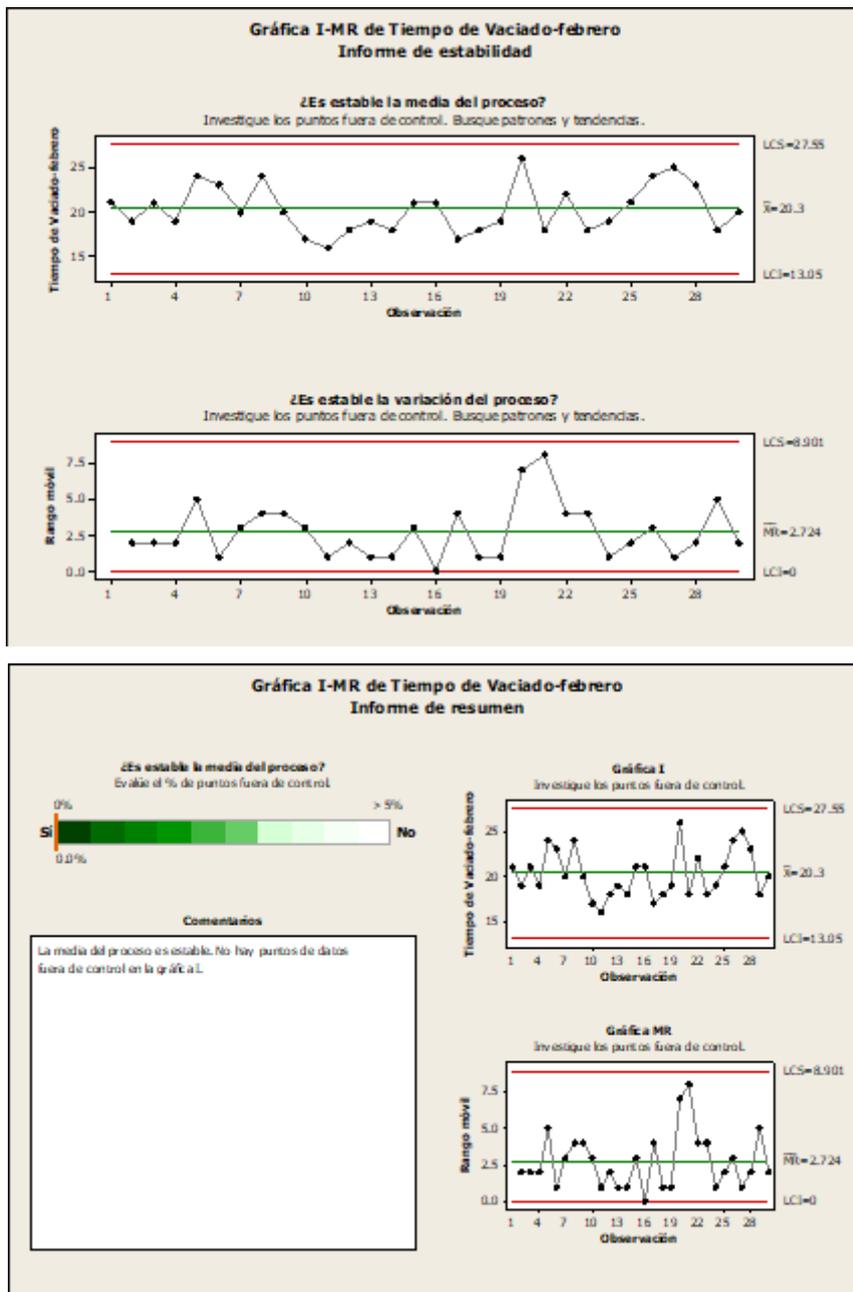
frecuencia es de 16 a 20 minutos con una frecuencia de 17, por otro lado existen cuatro intervalos con una frecuencia 0.

Tabla 28 Mediciones Tiempo de Vaciado y Límites Superior e Inferior de Control

N° de medición	Valor minuto - Tiempo de Vaciado	Meta	LSC	LIC
M.1	21	20	27,55	13,05
M.2	19	20	27,55	13,05
M.3	21	20	27,55	13,05
M.4	19	20	27,55	13,05
M.5	24	20	27,55	13,05
M.6	23	20	27,55	13,05
M.7	20	20	27,55	13,05
M.8	24	20	27,55	13,05
M.9	20	20	27,55	13,05
M.10	17	20	27,55	13,05
M.11	16	20	27,55	13,05
M.12	18	20	27,55	13,05
M.13	19	20	27,55	13,05
M.14	18	20	27,55	13,05
M.15	21	20	27,55	13,05
M.16	21	20	27,55	13,05
M.17	17	20	27,55	13,05
M.18	18	20	27,55	13,05
M.19	19	20	27,55	13,05
M.20	26	20	27,55	13,05
M.21	18	20	27,55	13,05
M.22	22	20	27,55	13,05
M.23	18	20	27,55	13,05
M.24	19	20	27,55	13,05
M.25	21	20	27,55	13,05
M.26	24	20	27,55	13,05
M.27	25	20	27,55	13,05
M.28	23	20	27,55	13,05
M.29	18	20	27,55	13,05
M.30	20	20	27,55	13,05

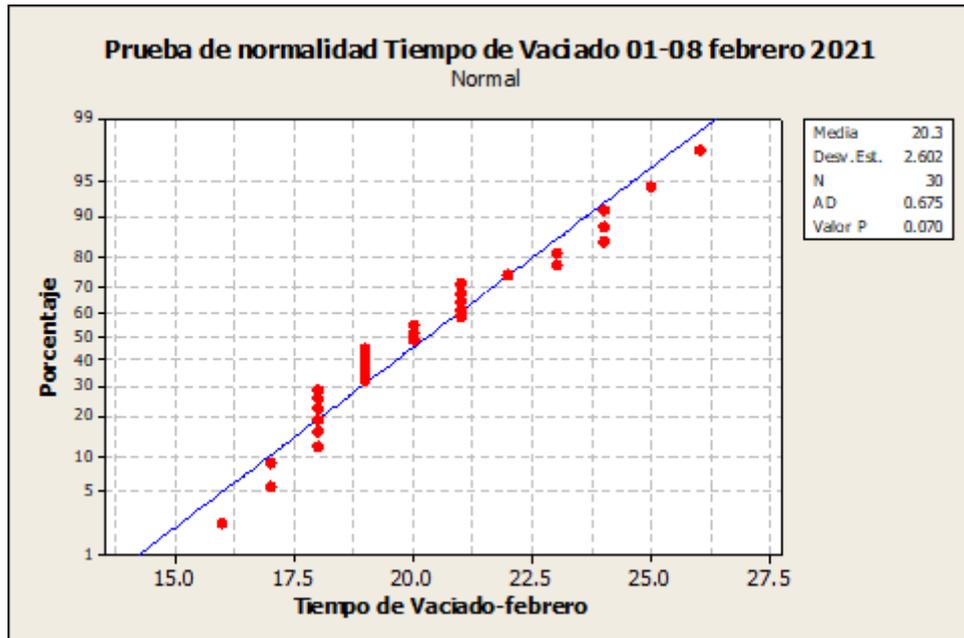
En la Tabla 31 Mediciones Tiempo de Vaciado y Límites Superior e Inferior de Control se presenta las 30 mediciones con su valor Tiempo de Vaciado en minutos. Además, se presenta para cada caso el límite superior e Inferior de control. Así para la medición número 27 se presenta un tiempo de 25 minutos, un LSC de 27,55 que es el valor máximo que puede ser aceptado en el proceso y un LIC 13,05 que es valor mínimo que puede ser aceptado en el proceso.

Gráfico 18 Control I-MR Tiempo de Vaciado en minutos.



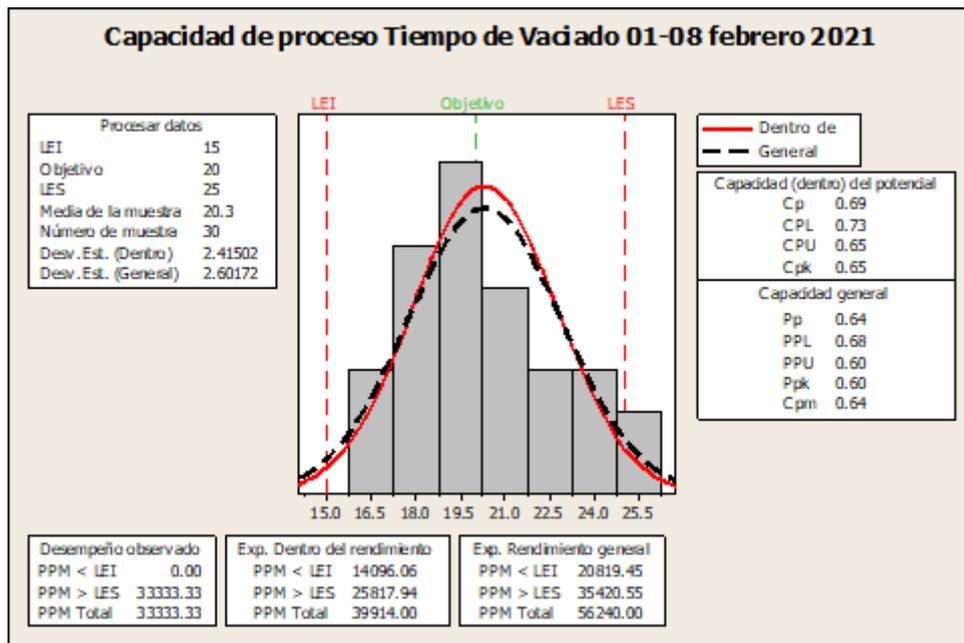
En el Gráfico 18 Gráfico de control I-MR- Tiempo de Vaciado, se muestra un Gráfico de control que va permitir evaluar la estabilidad de un proceso. Se muestra que el LCS es 27,55 y el LCI es 13,05 además el Límite Central de Control es 20,3 se puede definir que el proceso es estable dado que no existen puntos fuera de los límites.

Gráfico 19 Prueba de normalidad Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021



Valor P= 0,070 > 0,05 los datos corresponden a una distribución normal.

Gráfico 20 Capacidad de proceso Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021



Interpretación: El índice de capacidad de Tiempo de Vaciado $C_p = 0,69$ se cataloga como clase 3 ($0,67 < C_p < 1$) no adecuado para el trabajo, es necesario un análisis del proceso (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, p. 102)

Respecto del índice $C_{pk} = 0,65$ al ser menor que 1,25 se considera que el proceso no cumple de manera adecuada con la especificación.

El índice $C_{pm} = 0,64$ es menor que 1, el proceso no cumple con especificaciones ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad.

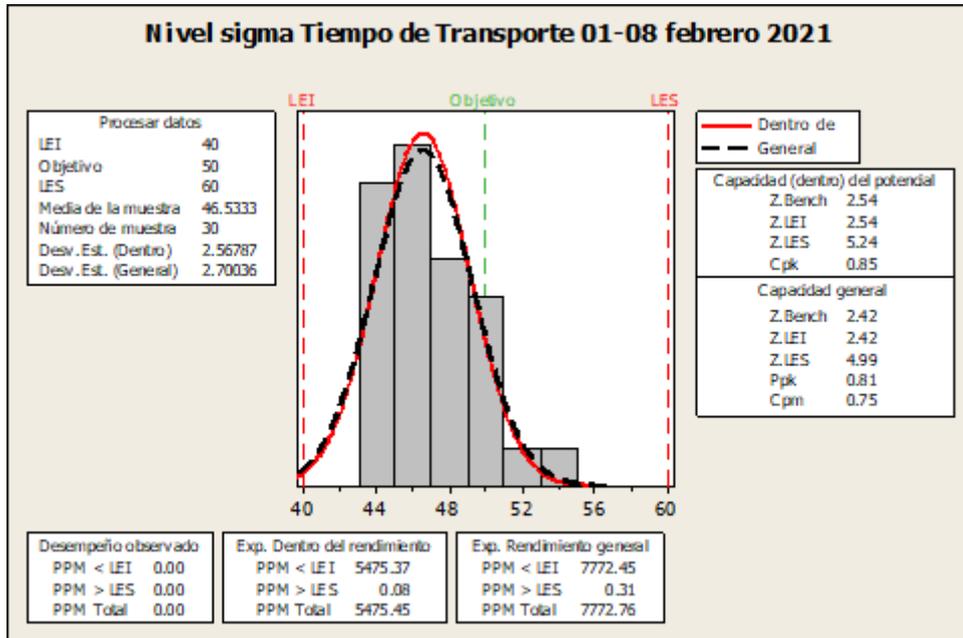
Tabla 29 Resumen de KPI 01-08 febrero 2021

KPI	UNIDAD	META	ESPECIFICACIONES		PROMEDIO	MUESTRA		
			Li	Ls		BUENAS	MALAS	TOTAL
Tiempo de Transporte	Minutos	50	40	60	46,53	30	0	30
Tiempo de Vaciado	Minutos	20	15	25	20,3	29	1	30
						59	1	

En la Tabla 32 Resumen de KPI, se muestra un compacto de la información más relevante de la investigación, como las variables, unidades, los valores centrales de control para cada una de las variables.

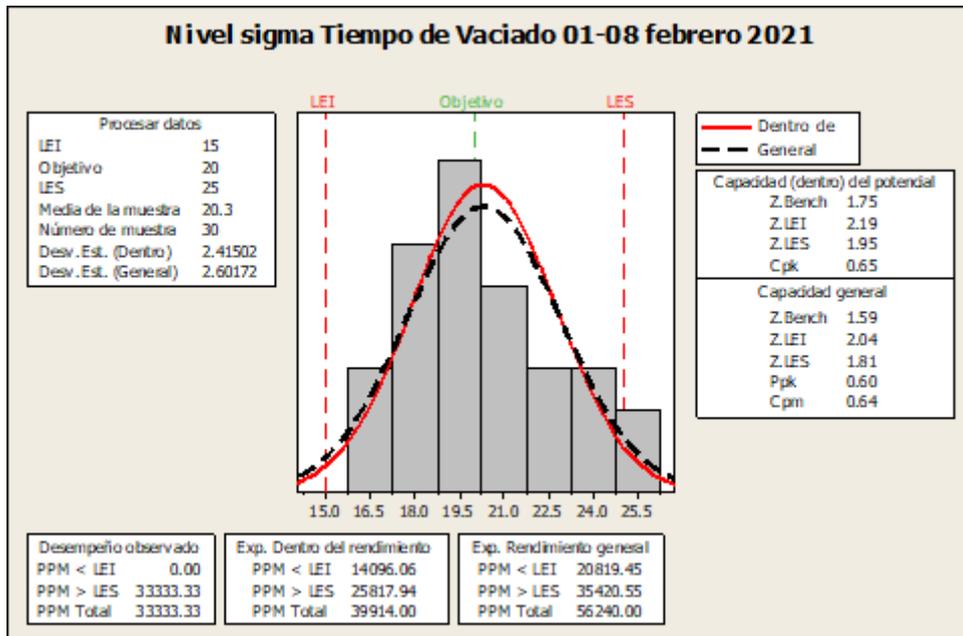
4.5.3 NIVEL SIGMA

Gráfico 21 Nivel Sigma Tiempo de Transporte 01-08 febrero 2021



Interpretación: nivel sigma alcanzado por Tiempo de Transporte del 01 a 08 de febrero es de 2,54 se considera la Capacidad dentro del potencial, en razón de que se ha trabajado con datos normales, a corto plazo y con 30 mediciones.

Gráfico 22 Nivel Sigma Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021



Interpretación: nivel sigma alcanzado por Tiempo de Vaciado del 01 a 08 de febrero es de 1,75 se considera la Capacidad dentro del potencial, en razón de que se ha trabajado con datos normales, a corto plazo y con 30 mediciones.

4.5.4 RENDIMIENTO DEL PROCESO

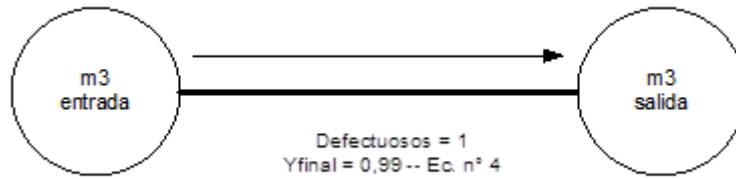


Tabla 30 Resumen de C_p , C_{pk} , C_{pm} 01-08 febrero de 2021

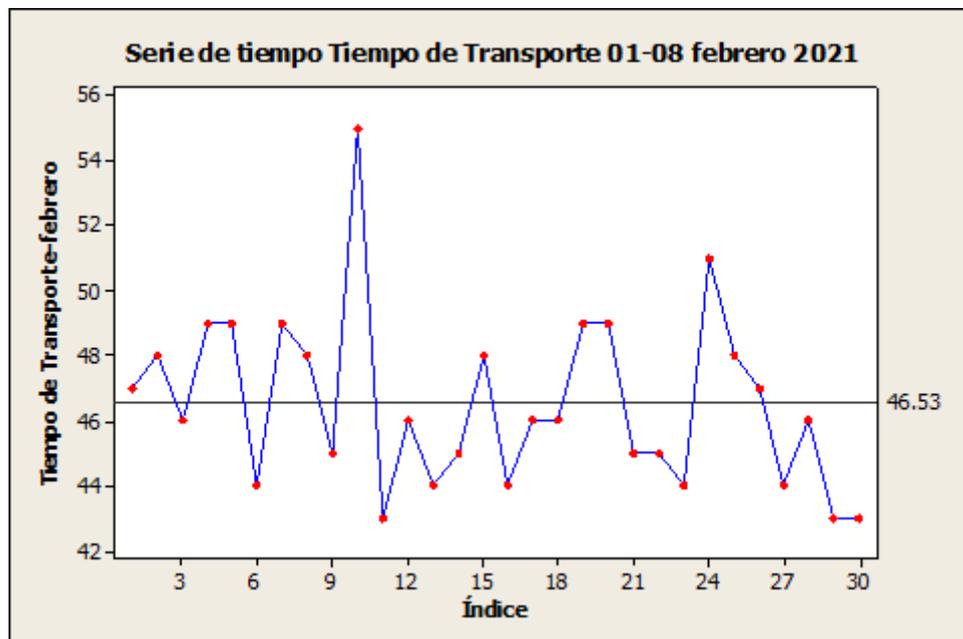
Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Unidad	Meta	Especificaciones		Media	C_p	C_{pk}	C_{pm}	Sigma
			Li	Ls					
Tiempo de Transporte	Minutos	50	40	60	46,53	1,30	0,85	0,75	2,54
Tiempo de Vaciado	Minutos	20	15	25	20,3	0,69	0,65	0,64	1,75

Tabla 31 Resumen de C_p , C_{pk} , C_{pm} , Sigma (mediciones correspondientes a enero y febrero de 2021)

Concreto F'c= 210 kg/cm ²	Unidad	Meta	Especificaciones		Media		C_p			C_{pk}			C_{pm}			Nivel sigma		
			Li	Ls	enero	febrero	enero	febrero	%	enero	febrero	%	enero	febrero	%	enero	febrero	%
Tiempo de Transporte	Minutos	50	40	60	50,37	46,53	0,45	1,30	+188	0,43	0,85	+98	0,54	0,75	+39	0,93	2,54	+173
Tiempo de Vaciado	Minutos	20	15	25	21,3	20,3	0,71	0,69	-13	0,52	0,65	+25	0,52	0,64	+23	1,54	1,75	+14

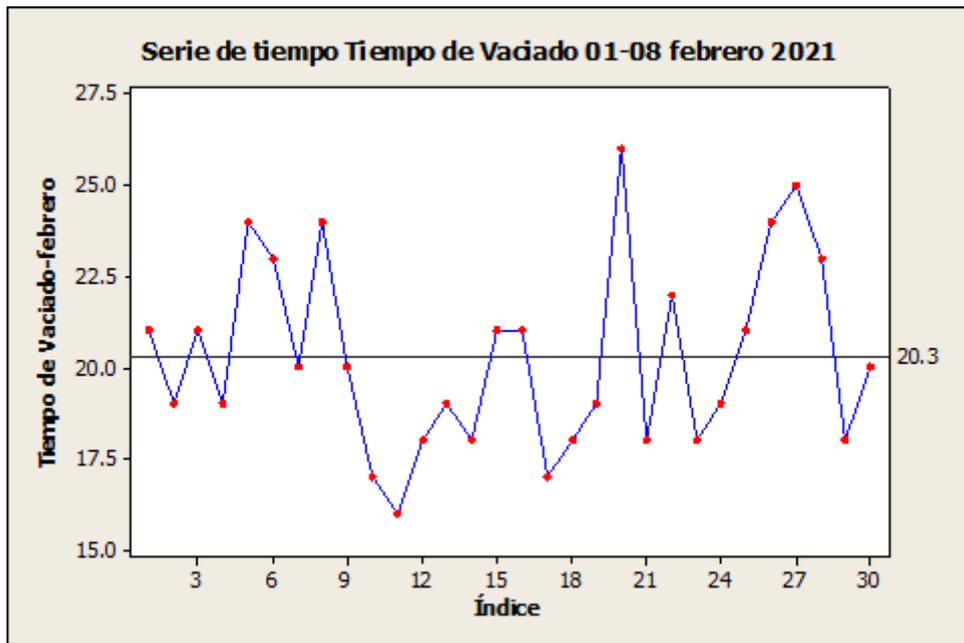
4.5.5 GRÁFICA DE TENDENCIA PARA ENCONTRAR PATRONES EN EL TIEMPO

Gráfico 23 Series de tiempo – Tiempo de Transporte 01-08 febrero 2021



No se puede apreciar seis o nueve puntos consecutivos aumentando o disminuyendo, a un mismo lado de la media, no existe una tendencia definitiva, por lo tanto, no ayuda a identificar las causas.

Gráfico 24 Series de tiempo – Tiempo de Vaciado



En el Gráfico se puede apreciar seis puntos consecutivos por debajo de la media, por lo que se puede deducir que el personal en obra ha cumplido con la ejecución del trabajo probablemente como resultado de las capacitaciones programadas al personal.

Gráfico 25 Dispersión de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado 01-08 febrero 2021

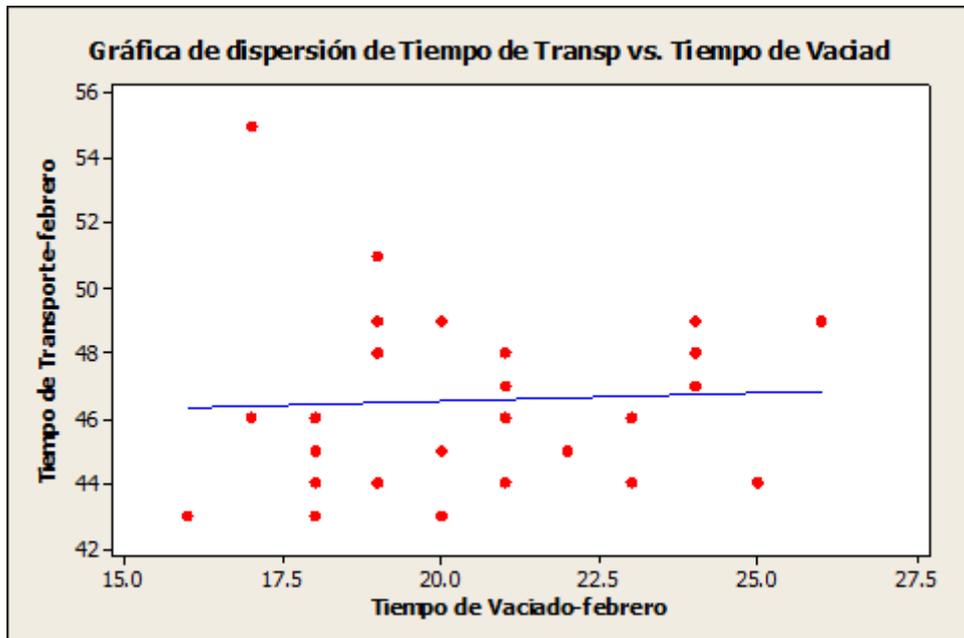


Tabla 32 Correlación de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado (01-08 febrero 2021)

Correlaciones: Tiempo de Transporte; Tiempo de Vaciado	
Correlación de Pearson de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado	0,05
Valor P	0,793

Interpretación: de los resultados se puede apreciar que la correlación existente entre la variable Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado tiene una intensidad positiva, con una correlación positiva muy baja.

El p-valor es $< 0,05$ significa que la hipótesis nula es falsa y cuando el p-valor es $> 0,05$ que la hipótesis nula es verdadera. (Molina Arias, 2017, p. 379).

Por tanto, siendo $p > 0,05$ se acepta la hipótesis nula.

V: DISCUSIÓN

En (Yopán Comeca & Gálvez Castillo, 2014, p. 88), en el trabajo de investigación relacionado al proceso de confección de prendas en la empresa textil presentaba un nivel sigma de 0,89 lo cual significaba 72,92 % de defectos de confección, significa que el proceso era totalmente incapaz de cumplir las especificaciones requeridas por el cliente; en un segundo proceso de calidad presenta un nivel sigma de 3,89 lo cual significa, una mejora significativa en la capacidad del proceso y con la creación de estándares de trabajo y una adecuada curva de aprendizaje de los operarios polivalentes se espera una mayor mejora en el mediano y largo plazo.

En el caso del Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado se obtuvo un 0,93 y 1,54 de nivel sigma en la medición de enero, luego de ingresar a una de mejora estratégica para afrontar la situación de cuarentena de salud pública nacional la empresa inició la ejecución de virtualización tanto en las solicitudes como en la interacción en tiempo real de sus áreas de trabajo, personal de transporte y en obra, logrando al mes de febrero un nivel sigma de 2,54 y 1,75 respectivamente, logros significan un estímulo a la mejora continua.

Analizando los resultados de Tiempo de Transporte (medición de enero y febrero), el índice de capacidad potencial " C_p " se ha incrementado en un 188 %, el índice de capacidad real del proceso " C_{pk} " ha incrementado en un 98 %, el índice de Taguchi " C_{pm} " se ha incrementado en un 39 %, se puede inferir que el proceso ha mejorado respecto del cumplimiento de las especificaciones del cliente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

Hipótesis alterna (H_a)

El Tiempo de Transporte del proceso se optimiza significativamente respecto del proceso inicial.

Evaluando los resultados de Tiempo de Vaciado (medición de enero y febrero) el índice de capacidad potencial " C_p " se ha reducido en un 13 %, el índice de capacidad real del proceso " C_{pk} " se ha incrementado en un 54 %, el índice de Taguchi " C_{pm} " se ha incrementado en un 25 %, se puede inferir que el proceso ha mejorado respecto del cumplimiento de las especificaciones del cliente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

Hipótesis alterna (H_a)

El Tiempo de Vaciado del proceso se optimiza considerablemente respecto del proceso inicial.

En el análisis de correlación de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado correspondiente a (01-08 de febrero 2021), la correlación Pearson es de 0,05 (correlación positiva muy baja) casi 0, es decir, que las variables se relacionan directamente, el valor " p " es $0,793 > 0,05$; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

Hipótesis nula (H_0)

El Tiempo de Transporte de concreto premezclado no se correlaciona con el Tiempo de Vaciado en obra.

Sin embargo, en la primera medición se rechaza la hipótesis nula.

VI: CONCLUSIONES

Primera.- Los resultados del índice de capacidad real de proceso " C_{pk} " para las variables Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado se incrementan en 98 % y 25 % respectivamente, lo cual es alentador para la mejora continua de los procesos, sin embargo, aún no se cumple con las especificaciones por situaciones de centrado y variabilidad del proceso; también, los resultados del Índice de Taguchi " C_{pm} " de las variables Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado se incrementan en un 39 % y 23 % respectivamente, los resultados son alentadores, en razón de que se reduce la variabilidad alrededor del valor nominal o meta de las variables de investigación; finalmente, el nivel sigma de las variables Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado se incrementaron en un 173 % y 14 % respectivamente, se concluye que la mejora significativa se dará a mediano plazo.

Segunda.- Los resultados reflejan la existencia de una relación estadística positiva muy baja entre las variables Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado en el rango de 0,01 a 0,19 casi cero, se concluye que no hay relación estadística entre las variables.

VII: RECOMENDACIONES

Primera.- Apertura de investigación en relación a las variables, asentamiento (slump), temperatura del concreto, horarios de vaciado de concreto, uso de aditivos, para explorar el número de defectos e integrar el proceso de vaciado de concreto premezclado.

Segunda.- Investigación de riesgos en los procesos a través de simulación de escenarios, que permita analizar la secuencia de sucesos no deterministas sujetos a variabilidad, de modo que permita una apropiada toma de decisiones para los proveedores de concreto premezclado.

REFERENCIAS

- Alca Huamaní, E., Maldonado Candela, R. J., & Reátegui García, D. (2015). *Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera*. [Tesis de Magíster, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/617624>
- Avilés Velasquez, E. J. (2006). *Optimización de los recursos operacionales en el proceso de mantenimiento de los camiones—Mixers de la Compañía Hormigones Rocafuerte S.A.* [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7052>
- Brito Ávila, S. A. (2003). *Recomendaciones para el control del agrietamiento por retracción en muros y losas de hormigón armado* [Tesis de Grado]. Universidad de Chile.
- Correa, N. (2003). *Seis sigma nuevo paradigma para medir la calidad*. Mundo Mitutoyo.
- Delgado López, E. (2016). *Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos* [Tesis de Magíster, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6810>
- Dirección de normalización - INACAL. (2016). *Norma técnica peruana NTP 339.114:2016* (4a ed.).

- Down, M., Kerkstra, T., Cvetkovski, P., & Benham, D. (2005). *Control estadístico de los procesos (SPC)* (2da. Ed.). A.I.A.G.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y Control de la Calidad* (7a. Ed.). Cengage Learning.
- Gabalec, M. A. (2008). *Tiempos de Fraguado del Hormigón* [Tesis de Grado]. Universidad Tecnológica Nacional.
- Guevara, R. D., & Vargas, J. A. (2006). Intervalos de confianza para los índices de capacidad Cpm y Cpmk en procesos estacionarios gaussianos. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(2), 10.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rce/v29n2/v29n2a02.pdf>
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (2da ed.). Mc Graw - Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Batista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ta ed.). McGraw-Hill.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203.
[https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
- Mejía Jijónevelyn, V., & Pachacama Cazaevelyn, L. (2014). *Implementación de un sistema de calidad basado en la norma ISO 9001-2008 para una planta de producción de hormigón*. [Tesis de Grado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8495/1/T-ESPE-048022.pdf>
- Minitab. (2020). ¿Qué son los límites de control? *Soporte de Minitab* 19.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/what-are-control-limits/>

- Minitab 18. (2021, febrero 19). *El estadístico de Anderson-Darling* [Página Web].
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/the-anderson-darling-statistic/>
- Molina Arias, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19, 377-381. <http://scielo.isciii.es/pdf/pap/v19n76/1139-7632-pap-21-76-00377.pdf>
- Monjes Walker, C. A. (2018). *Incidencia de las desviaciones entre planificación y descarga de hormigón premezclado en la etapa de obra gruesa*. [Tesis de Grado, Universidad Andrés Bello].
<http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/7429>
- Munizaga Román, G. A. (2009). *Fisuración por retracción en hormigones: Influencia de tipo de cemento* [Tesis de Grado, Universidad de Chile].
http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2009/munizaga_g/sources/munizaga_g.pdf
- Neville, A. M., & Concreto, I. M. del C. y del. (1977). *Tecnología del concreto*. Noriega.
<https://books.google.com.pe/books?id=J6yuAAAACAAJ>
- Ninanya Calderón, S., & Melgar Vásquez, E. (2016). *Empleo de nuevas tecnologías para el desarrollo de altas resistencias iniciales en concretos prefabricados* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/7391>
- Pacco Mescco, F. J. (2016). *Efecto de la adición de cal en la resistencia a la compresión de un concreto* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3677>
- Pascual Calderón, E. (2009). *Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la empleando Six Sigma* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/317>

- Pérez Urrego, M. L., Peláez Zúñiga, J. S., & Carrión García, A. (2014). *La capacidad de procesos como métrica de calidad para características cualitativas*. 18. https://www.rlcu.org.ar/recursos/ponencias_IX_encuentro/Perez_Urrego_Pelaez_Zuniga_Carrion_Garcia.pdf
- Pesquel Carvajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Franco, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. *Política y Cultura*, 151-169. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n32/n32a9.pdf>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma Handbook* (3ra. Ed.). McGraw-Hill.
- Rivva López, E. (2000). *Materiales para el concreto*. ACI - Perú.
- Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia*. Universidad de Chile. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120284/Rustom_Antonio_Estadistica_descriptiva.pdf?sequence=1
- Sotomayor Bahamonde, N. G. (2014). *Análisis de un modelo matemático para determinar el tiempo de fraguado del hormigón* [Tesis de Grado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcis7181a/doc/bmfcis7181a.pdf>
- Yopán Comeca, H. A., & Gálvez Castillo, R. M. (2014). *Reducción del porcentaje de prendas de segunda por defectos de confección utilizando la Metodología Seis Sigma, caso: Empresa Textil- Confecciones* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2309/E20-Y6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Optimización de tiempos transporte y vaciado de concreto premezclado con aplicación de la metodología Six sigma desde la óptica de estudiantes de Ingeniería Civil y especialistas en obra, Arequipa 2021.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
¿De que manera la metodología Six sigma facilita la optimización del Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado de concreto premezclado en obra, desde la óptica de estudiantes de Ingeniería Civil y especialistas?	Determinar los índices de medición de capacidad potencial, real del proceso, nivel sigma de Tiempo de Transporte y Tiempo de Vaciado de concreto premezclado para evaluar su optimización.	El Tiempo de Transporte del proceso se optimiza significativamente respecto del proceso inicial. El Tiempo de Vaciado del proceso se optimiza considerablemente respecto del proceso inicial.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de Transporte de concreto premezclado proceso inicial. • Tiempo de Transporte de concreto premezclado proceso final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de capacidad de proceso • Medición de capacidad real • Medición sigma 	<ul style="list-style-type: none"> • $C_p > 1$ • $C_{pk} > 1,25$ • $C_{pm} > 1$
¿Existe relación estadística entre Tiempo de Transporte de concreto premezclado y el Tiempo de Vaciado en obra?	Determinar la relación estadística que existe entre Tiempo de Transporte de concreto premezclado y el Tiempo de Vaciado en obra.	El Tiempo de Transporte de concreto premezclado se correlaciona con el Tiempo de Vaciado en obra.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de Vaciado de concreto premezclado proceso inicial. • Tiempo de Vaciado de concreto premezclado proceso final. • Metodología Six Sigma 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de correlación 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel P

ANEXO 2 TABLA DE MEDICIONES KPI EN OBRA

Concreto F'c= 210 kg/cm²	Tiempo de Transporte KPI₁	Tiempo de vaciado KPI₂
Unidad Meta Especificaciones	Minutos 50 40 a 60	Minutos 20 15 a 25
Muestra	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
	16	
	17	
	18	
	19	
	20	
	21	
	22	
	23	
	24	
	25	
	26	
	27	
	28	
	29	
	30	

KPI Key Performance Indicator, Indicador clave de desempeño.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 ANEXO 3 ENCUESTA A ESTUDIANTES (VoC voz del cliente)
 ESTIMADOS SEÑORES Y SEÑORITAS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL
 BUENOS DÍAS, TENGAN LA AMABILIDAD DE RESPONDER AL SIGUIENTE
 CUESTIONARIO, LA INFORMACIÓN QUE BRINDAN SERÁ DE UTILIDAD PARA
 UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.
 MARCAR SÓLO UNA ALTERNATIVA POR FAVOR.

		¿Cuál de las posibles causas descritas en el formulario tendrían mayor influencia en la calidad del concreto premezclado puesto en obra?					
		(POSIBLES CAUSAS ASIGNABLE S)	NADA IMPORTAN TE (1)	POCO IMPORTAN TE (2)	REGULARME NTE IMPORTANTE (3)	IMPORTAN TE (4)	MUY IMPORTAN TE (5)
Medición	X ₁	Tiempos de transporte de los Mixer a obra					
	X ₂	Tiempo de Vaciado del concreto					
Métodos	X ₃	Programación de maquinarias - Mixer					
	X ₄	Planificación de acceso a zonas de vaciado					
	X ₅	Horarios para el vaciado de concreto					
Maquinarias/materiales	X ₆	Capacidad de almacenamiento de unidades					
	X ₇	Disponibilidad de maquinarias, equipos					
	X ₈	Aplicación de aditivos					
Acceso de trabajo	X ₉	Espacio para la maniobra del Mixer					
	X ₁₀	Tráfico peatonal					
	X ₁₁	Tráfico vehicular					
	X ₁₂	Dificultad del vaciado por edificaciones existentes					
Recursos humanos	X ₁₃	Experiencia de programadores de maquinarias					
	X ₁₄	Experiencia de los conductores					
	X ₁₅	Experiencia del personal de vaciado de concreto					

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ANEXO 5 TABLA 6 SIGMA

Abridged "6-sigma" Conversion Table Note: Yield refers to percent of output that is good

Yield	Sigma	Defects per 1,000,000	Defects per 100,000	Defects per 10,000	Defects per 1,000	Defects per 100
99.99966%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1.0	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9770%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9320%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.520%	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.80%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ANEXO 6 Tabla 33 VoC Encuesta a estudiantes - Resultados

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
E1	4	4	4	3	4	4	5	3	4	4	4	4	5	4	4
E2	5	4	3	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4
E3	5	5	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4
E4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3
E5	5	3	3	4	4	2	3	4	4	3	3	4	5	5	5
E6	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4
E7	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
E8	5	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	5
E9	5	4	4	4	4	3	3	5	4	4	4	3	4	4	4
E10	4	4	4	5	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4
E11	5	4	4	3	3	2	4	2	4	3	3	3	3	3	3
E12	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	5
E13	4	4	4	3	5	3	4	3	3	4	4	3	4	4	4
E14	5	5	5	4	5	5	3	5	5	4	4	3	4	4	4
E15	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5
E16	4	4	3	5	5	3	3	5	2	2	2	4	2	2	4
E17	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2
E18	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	5
E19	4	3	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E20	4	4	4	5	5	3	5	5	4	2	2	3	4	4	5
E21	3	4	3	3	4	4	4	4	4	2	2	5	3	3	5
E22	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4
E23	5	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	4	5
E24	4	4	4	4	4	3	4	5	3	2	2	4	4	4	5
E25	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5
E26	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
E27	5	4	4	4	3	2	2	5	5	2	4	5	3	3	3
E28	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3
E29	4	4	4	4	4	4	5	3	4	3	3	4	4	5	4
E30	4	5	4	3	4	3	2	5	2	1	2	3	3	1	3
E31	3	5	5	5	5	3	5	5	4	3	3	4	4	4	5
E32	5	5	4	5	4	4	4	3	4	5	5	5	4	5	5
E33	5	4	5	4	5	4	4	4	4	3	4	3	4	4	5
E34	4	5	4	5	3	4	2	4	3	2	3	2	2	2	3
E35	3	3	4	3	2	4	4	4	2	2	2	4	3	3	4
E36	4	4	3	4	4	3	3	5	3	2	2	4	4	4	4
E37	4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5
E38	4	4	4	4	4	3	4	4	3	2	2	4	4	3	4
E39	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5
E40	4	4	4	4	1	1	4	3	4	3	3	4	5	5	5
E41	5	5	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5
E42	3	3	3	5	5	3	4	2	3	2	3	4	4	4	4

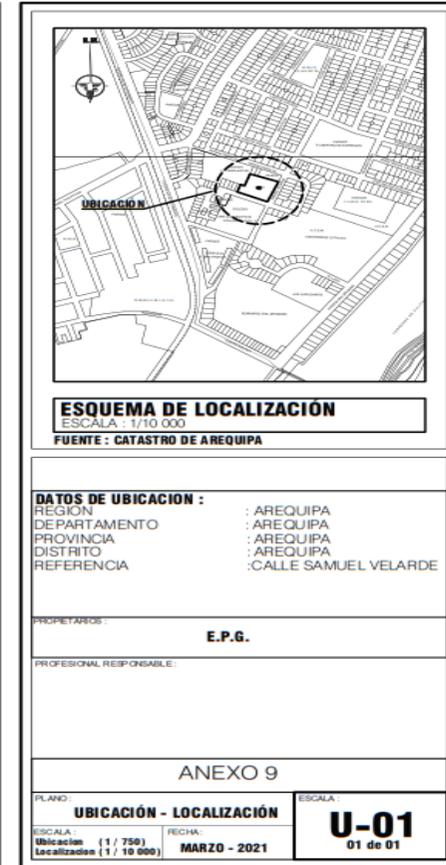
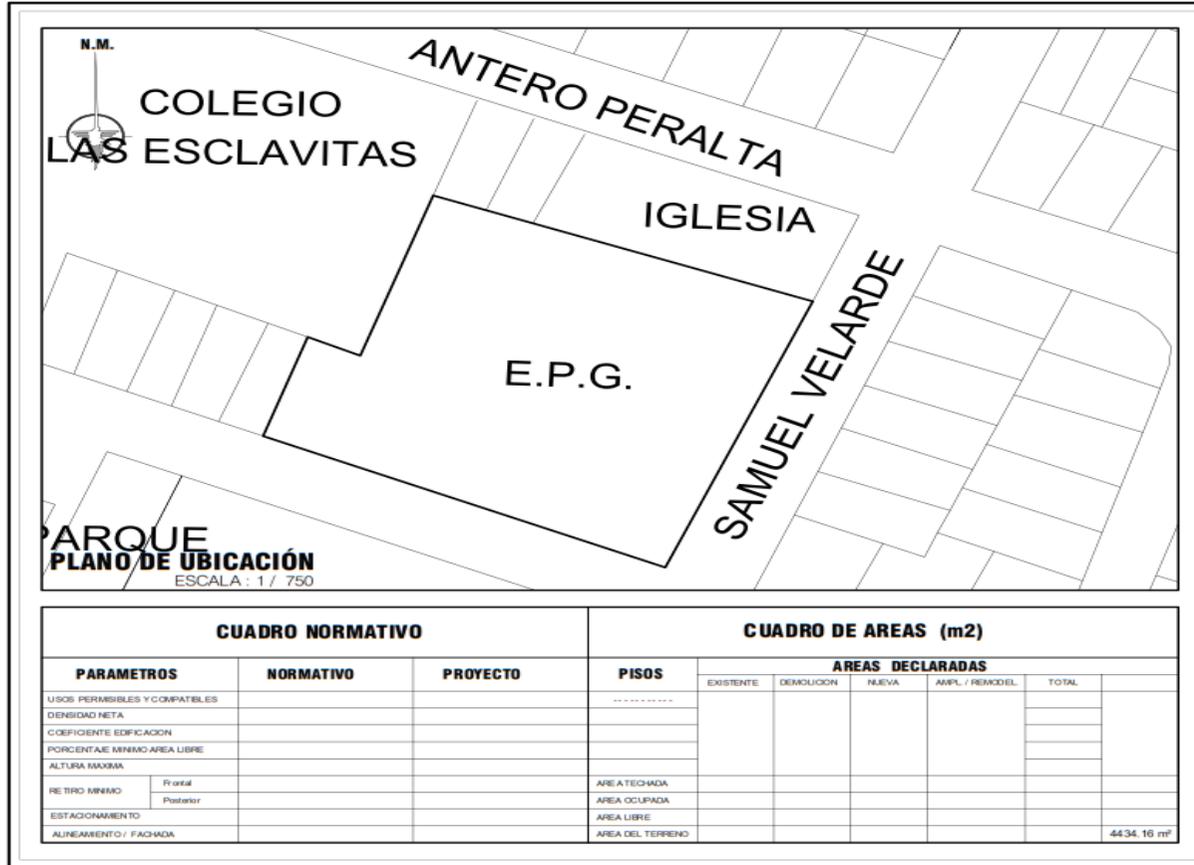
E43	4	2	3	4	4	1	1	2	2	3	3	3	3	2	4
E44	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
E45	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E46	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1
E47	4	3	4	4	3	2	4	5	4	2	3	2	4	4	4
E48	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E49	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5
E50	5	5	4	3	5	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4
E51	5	3	3	3	5	3	3	3	4	3	4	4	5	3	5
E52	5	5	3	4	2	2	2	3	2	2	5	1	3	5	3
E53	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	1	4	4	4	4
E54	2	5	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1
E55	3	3	5	5	3	3	4	5	2	3	3	2	2	1	2
E56	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	4
E57	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2
E58	4	4	2	4	4	5	3	3	3	2	3	2	2	4	5
E59	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4
E60	4	5	4	5	4	3	4	4	5	5	5	4	5	5	4
E61	5	4	3	4	5	3	4	3	5	3	4	4	5	4	5
E62	3	5	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
E63	5	4	3	2	3	2	2	4	2	2	2	2	1	2	2
E64	5	4	5	5	5	3	3	4	5	4	4	4	4	4	5
E65	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	3	5	4
SUMA	269	260	239	257	244	212	237	248	235	202	220	232	243	237	259

Leyenda

(POSIBLES CAUSAS ASIGNABLES)

- X₁ Tiempos de transporte de los Mixer a obra
- X₂ Tiempo de Vaciado del concreto
- X₃ Programación de maquinarias - Mixer
- X₄ Planificación de acceso a zonas de vaciado
- X₅ Horarios para el vaciado de concreto
- X₆ Capacidad de almacenamiento de unidades
- X₇ Disponibilidad de maquinarias, equipos
- X₈ Aplicación de aditivos
- X₉ Espacio para la maniobra del Mixer
- X₁₀ Tráfico peatonal
- X₁₁ Tráfico vehicular
- X₁₂ Dificultad del vaciado por edificaciones existentes
- X₁₃ Experiencia de programadores de maquinarias
- X₁₄ Experiencia de los conductores
- X₁₅ Experiencia del personal de vaciado de concreto

ANEXO 9 PLANO DE UBICACIÓN – EDIFICACIÓN DE OBRA



CUADRO NORMATIVO			CUADRO DE AREAS (m2)					
PARAMETROS	NORMATIVO	PROYECTO	PISOS	AREAS DECLARADAS				TOTAL
				EXISTENTE	DEMOLICION	NUOVA	AMPL / REMODEL	
USOS PERMISIBLES Y COMPATIBLES			-----					
DENSIDAD NETA								
COEFICIENTE EDIFICACION								
PORCENTAJE MINIMO AREA LIBRE								
ALTURA MAXIMA								
RE TIRO MINIMO	Frontal Posterior		AREA TECHADA AREA OCUPADA					
ESTACIONAMIENTO			AREA LIBRE					
ALINEAMIENTO / FACHADA			AREA DEL TERRENO					4434.16 m ²

ANEXO 10
PROTOCOLO DE HORMIGÓN PREMEZCLADO

PROTOCOLO DE HORMIGÓN PREMEZCLADO		CÓDIGO		
		FECHA		
OBRA:				
CONTRATO:		Procedimientos Relacionados:		
FECHA:		Plano Relacionado:		
ELEMENTO A INSPECCIONAR:				
UBLICACIÓN:				
ITEM	DESCRIPCIÓN	INSPECCIÓN		
		Cumple	No cumple	No aplica
1	Temperatura ambiental igual o mayor a 5°			
2	Correcta temperatura Hormigón			
3	Corresponde tipo, grado y Tamaño maximo agregado (T.M.A.)			
4	Impermeabilidad del elemento			
5	Limpieza superficie o elemento a hormigonar			
6	Sello sin alterar o ruptura en mixer			
7	Asentamiento Cono Abraams según guía			
8	Altura de vaciado			
9	Correcta distribución del Hormigón			
10	Correcto vibrado (tiempos, ϕ / sonda)			
11	Buena terminación de superficie			
12	Corresponde horizontalidad o cotas			
13	Chequeo final ubicación insertos			
14	Protección Hormigón, procurado buen curado			
Obervaciones:				
ADJUNTA FOTOGRAFÍAS A PROTOCOLO SI NO N/A		ADJUNTA INFORME SI NO N/A		
Datos	Supervisor / Jefe	Departamento de calidad	Revisión	Revisión
Nombre				
Cargo				
Fecha				
Firma				

ANEXO 11

IMAGEN DE ACOPIO DE INFORMACIÓN

