



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE POSTGRADOS

PROPUESTA DE MEJORA PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS DE ENTREGA DE
BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA
METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA.

POR: VALERIA ESTEFANY GUERRA MOLINA
TUTOR: JUAN SEBASTIÁN MONTALVO LARCO

2022

Dedicatoria

Quiero dedicar la realización de este proyecto que representa la culminación de mis estudios de posgrado, a la mujer más importante en mi vida. Un ser valioso que se ha esforzado por alcanzar cada triunfo a pesar de las adversidades y dificultades que se han presentado, pruebas que fueron necesarias en el proceso de crecimiento personal y profesional. Para ti mujer que no hay límites, para ti que no has dejado de esforzarte por alcanzar cada anhelo y sueño, para ti que escogiste crecer profesionalmente en una industria retadora y desafiante. Para ti mujer que no dejarás de brillar y llegarás muy lejos, para ti Valeria.

Resumen

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo principal realizar una propuesta de mejora para disminuir los tiempos de entrega de bombas electrosumergibles mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, basada en la aplicación de los cinco conceptos de DMAIC, y utilizando los diagramas de Ishikawa y Pareto.

El proceso actual de transporte de los equipos electrosumergibles presenta retrasos en los tiempos de entrega debido a diferentes factores y escenarios que se presentan durante el trayecto. Estos retrasos generan costos económicos elevados que se suman a los presupuestos planificados de las instalaciones y del alquiler de las plataformas que transportan los equipos.

El proceso de logística de transporte de las bombas empieza en la ciudad de Quito donde son despachadas vía terrestre en una plataforma hasta la provincia de Orellana donde son instaladas en pozos de petróleo para su extracción. Durante este trayecto de aproximadamente 14 horas se presentan inconvenientes relacionados a factores ambientales, cruce de gabarra y problemas con las comunidades

La logística planteada como propuesta de mejora disminuye las horas de viaje continuo previo a la instalación de 14 horas a 7.5 horas, es decir a la mitad del tiempo actual y lo cual a la vez disminuye considerablemente la probabilidad de tener incidentes o acontecimientos que generen los retrasos.

También se plantea contar con un mayor tiempo de soporte para las entregas, es decir que, si las entregas estaban planificadas para llegar 24 horas antes a la locación respectiva, ahora los equipos serán trasladados el fin de semana previo a la instalación hasta la Base de la empresa Prestadora de Servicio en la ciudad del Coca, y 32 horas antes de la instalación serán despachadas desde este punto hacia el puerto para el primer cruce, de manera que el riesgo de registrar demoras es muy bajo.

Abstract

The development of this project has as its main objective to make an improvement proposal to reduce the delivery times of electro-submersible pumps through the application of the Lean Six Sigma methodology, based on the application of the five DMAIC concepts, and using the Ishikawa and Pareto diagrams.

The current process of transporting electro-submersible equipment presents delays in delivery times due to different factors and scenarios that occur during the journey. These delays generate high economic costs that are added to the planned budgets of the facilities and the rental of the platforms that transport the equipment.

The pump transport logistics process begins in the city of Quito where they are shipped by land on a platform to the province of Orellana where they are installed in oil wells for extraction. During this journey of approximately 14 hours there are problems related to environmental factors, barge crossing and problems with the communities

The logistics proposed as an improvement proposal decreases the hours of continuous travel prior to the installation from 14 hours to 7.5 hours, that is, half the current time and which in turn considerably reduces the probability of having incidents or events that generate the delays.

It is also proposed to have a longer support time for deliveries, that is, if the deliveries were planned to arrive 24 hours before at the respective location, now the equipment will be transferred the weekend prior to the installation to the Base of the Service Provider company in the city of Coca, and 32 hours before the installation they will be dispatched from this point to the port for the first crossing, so that the risk of delays is very low.

Índice de Contenido

1. Introducción	1
2. Revisión de la Literatura Relacionada con el Problema	2
3. Identificación del Objeto de Estudio.....	11
4. Planteamiento del Problema.....	11
5. Objetivo General.....	13
6. Objetivos Específicos.....	13
7. Justificación y Aplicación de la Metodología.....	13
7.1 Justificación de la Metodología a Utilizar.....	15
7.2 Aplicación de la Metodología.....	16
8. Resultados.....	22
9. Discusión de los Resultados y Propuesta de Solución	27
10. Conclusiones y Recomendaciones.....	46
10.1. Conclusiones.....	46
10.2. Recomendaciones.....	48
11. Referencias bibliográficas	49
Anexos	51

1. Introducción

El proyecto presentado tiene como objetivo principal realizar una propuesta de mejora para disminuir los tiempos de entrega de bombas electrosumergibles para realizar su instalación en los campos petroleros de la empresa Operadora, mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma que a la vez involucra otras herramientas como el diagrama de Ishikawa y Pareto.

Cuando la energía natural de los reservorios de petróleo no cuenta con la suficiente energía para llevar el fluido hasta superficie, es necesario la utilización de un sistema de levantamiento artificial que nos permita extraer el crudo hasta las facilidades de superficie. El método seleccionado por la empresa Operadora es el Sistema Electrosumergible que está integrado por un conjunto de componentes conocidos como bomba electrosumergible.

El ensamblaje de la bomba electrosumergible es solicitado a una empresa privada que será denominada Prestadora de Servicio. Una vez que la bomba está lista en los talleres de la ciudad de Quito es enviada hacia el Oriente Ecuatoriano hasta la locación informada por la empresa Operadora para su instalación.

El proceso actual de entrega de los equipos electrosumergibles presenta retrasos en los tiempos de entrega debido a diferentes factores que se presentan durante el trayecto. Estos retrasos generan costos económicos elevados que se suman al presupuesto planificado de las instalaciones, pues cada hora de retraso representa una hora de standby o tiempo no productivo de la torre de reacondicionamiento que se utiliza para la instalación.

El tiempo aproximado de viaje de las bombas electrosumergibles es de 14 horas siempre y cuando no existan inconvenientes que generen retrasos. Es importante mencionar que durante el viaje es necesario que la plataforma que traslada los equipos haga uso de una gabarra para el cruce del río Napo.

2. Revisión de la Literatura Relacionada con el Problema

La Operadora de los Bloques Petroleros A y B, ha identificado irregularidades en los tiempos de entrega de las bombas electrosumergibles que son instaladas en los pozos petroleros para extracción de crudo. Debido a este punto que se menciona se ha planteado buscar una propuesta de mejora mediante la metodología Lean Six Sigma, de manera que es importante tener conocimiento de los términos que se mencionan a continuación y que se utilizarán durante el desarrollo de este proyecto.

Sistema de Levantamiento Artificial

Es un método que mediante el uso de tecnología permite la extracción de fluidos desde el fondo de un pozo, generalmente petróleo, gas o agua, cuando el yacimiento no cuenta con la suficiente energía para llevarlos hasta superficie de manera natural. Existen diferentes tipos de levantamiento artificial como: bombeo mecánico, bombeo hidráulico, cavidades progresivas y bombeo electrosumergible. La selección del sistema más adecuado dependerá de las características del yacimiento, fluido y pozo (Camacho & Grosso, 2003).

Bombeo Electrosumergible

Permite la extracción de fluido mediante la acción rotacional de una bomba centrífuga de múltiples etapas que se encuentra sumergida a grandes profundidades en el interior del pozo y es energizada a través de un cable eléctrico desde superficie (Maroto & Vinlasaca, 2012).

Este tipo de levantamiento tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Capacidad de manejar altos volúmenes de fluido.

- ✓ Trabaja eficientemente con altos cortes de agua %BSW.
- ✓ Pozos con profundidades altas.
- ✓ Pozos desviados.
- ✓ Facilidad de operar en superficie.

El equipo de fondo a instalar está conformado por:

- ✓ Centralizador
- ✓ Sensor
- ✓ Motor
- ✓ Sello
- ✓ Bomba
- ✓ Cable de potencia

(Maroto & Vinlasaca, 2012)

En la figura 1. podemos visualizar el conjunto de elementos a instalar en fondo correspondientes a la bomba electrosumergible del sistema de levantamiento artificial en el interior de un pozo para la extracción de crudo.

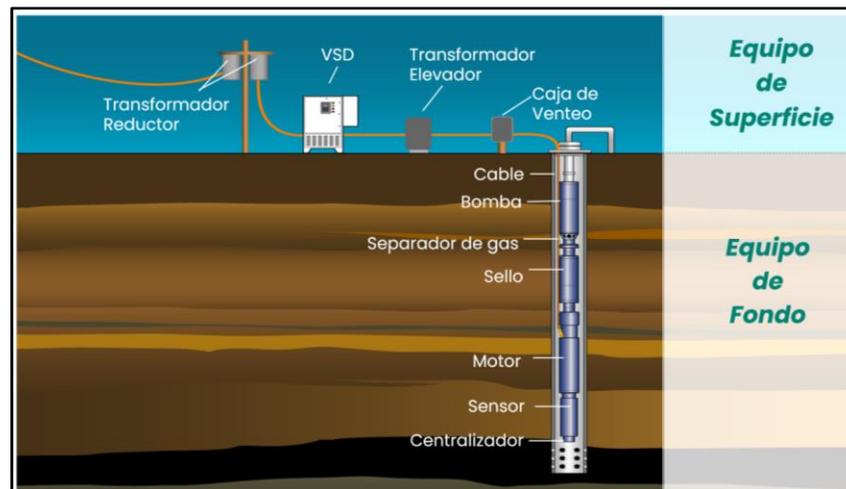


Figura 1. Sistema de bombeo electrosumergible

Elaborado por: Valeria Guerra

Lean Six Sigma

Descripción

Lean Six Sigma es una herramienta utilizada en la actualidad por importantes compañías de manufactura y servicios, su aplicación está basada en herramientas estadísticas que requieren del análisis de datos para desarrollar estrategias que mejoren los procesos de los sistemas de producción o servicios. Esta metodología está orientada hacia una mejora continua, competitividad y satisfacción del cliente, disminuyendo la variabilidad de los procesos mediante cinco criterios a seguir DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Olmedo & Castelblanco, 2012).

DMAIC está orientado a mejorar y facilitar la resolución de problemas al establecer una estructura a la tarea. El enfoque es impulsado por los datos de manera que se facilita identificar los objetivos adecuados y causas fundamentales, asegurándose de que se apliquen los cambios diseñados y que se obtengan mejores resultados que con el método anterior (Olmedo & Castelblanco, 2012).

- **Definir:** Etapa fundamental en la que se define cuál es el problema a resolver. Sin esto no se puede seguir al paso siguiente en donde se establecen las métricas a seguir para comprobar la evolución del problema. La definición del problema es la base para establecer KPI's correctos que reflejen la situación actual.
- **Medir:** Se recolectan las métricas que nos ayudan a conocer la situación en la que se encuentra el problema que queremos resolver.
- **Analizar:** Los datos recogidos deben ser analizados para identificar las causas por las que el proceso está fallando y así poder tomar acciones correctivas a los problemas, y finalmente mejorar los KPI's que se han marcado.
- **Mejorar:** Posterior al análisis de los datos, se toman acciones para mejorar la situación actual.

- **Controlar:** Una vez implementadas las acciones de mejora, se debe continuar con un control sobre las mismas, de manera que se asegure que se implementen correctamente y que los objetivos efectivamente se logren alcanzar.

(Olmedo & Castelblanco, 2012).

Historia

En los años ochenta debido a la caída de ventas de la compañía Motorola, y gracias a Mikel Harry, se establece el Six Sigma mediante una evaluación y análisis de la variación de los procesos, una metodología basada en herramientas estadísticas y principios de liderazgo. Una vez aplicada en Motorola como estrategia de mercado y mejoramiento de calidad, los resultados obtenidos fueron exitosos y compañías como General Electric, Caterpillar, Kodak, SFR, y entre otras la adoptaron, capitalizando millones de dólares. Esto fue un impulso para que la competencia y otras industrias importantes empezaran a desarrollar técnicas para optimizar procesos, ser más competitivos y mejorar la productividad, enfocándose hacia la mejora continua (50Minutos, 2016; Olmedo & Castelblanco, 2012).

Metodología

Mediante la utilización de Lean Six Sigma se pueden solventar soluciones a corto plazo de problemas que se presentan continuamente, estableciendo un estándar y así determinando que productos cumplen con los requerimientos de calidad para salir al mercado. Todo está orientado para incrementar la capacidad de los procesos y generar los mínimos defectos por millón de unidades producidas DPMO, de tal manera que sean imperceptibles para los clientes. Tiene una fiabilidad del 99.99% con un promedio de 3,4 defectos por cada millón de oportunidades de defecto (50Minutos, 2016).

Su desarrollo analítico como ya lo mencionamos está basado en estudios estadísticos orientados hacia el mejoramiento del desempeño de una empresa, que va desde la administración, fabricación y hasta la entrega del producto o servicio, a un bajo costo y con el menor desperdicio posible. Esta última consideración sobre el desperdicio caracteriza al Lean Six Sigma y lo diferencia del Six Sigma (Jiménez & Amaya, 2014).

Al mencionar que la herramienta está basada en un método estadístico hacemos referencia a la desviación estándar que está representada por la letra griega σ , y representa el intervalo de calidad en la que un proceso podrá proporcionar un producto. No podrá alejarse de 3σ del promedio general que tanto la empresa como el cliente esperan, esto limita la variabilidad y defectos en el proceso (50Minutos, 2016; Taghizadegan & aghizadegan,2006).

En la figura 2 podemos visualizar una representación gráfica de la desviación estándar.

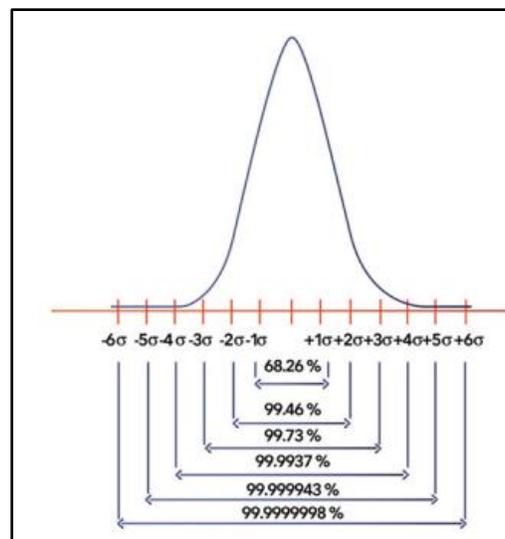


Figura 2. Desviación Estándar

Elaborado por: Valeria Guerra

En la siguiente tabla 1. podemos visualizar el nivel sigma y DPMO, donde a mayor nivel de sigma menor número de DPMO.

Tabla1. Nivel sigma y DPMO

Nivel en Sigma	DPMO	Rendimiento
6	3,4	99,9997
5	233	99,98%
4	6.210	99,30%
3	66.807	93,30%
2	308.537	69,15%
1	690.000	30,85%
0	933.200	6,68%

Elaborado por: Valeria Guerra

El Lean Six Sigma tiene sus orígenes en el Six Sigma, pero con consideraciones adicionales, se centra en el proceso de producción mientras que el Six Sigma lo hace en el producto final. Su objetivo principal es la ejecución de proyectos de mejora utilizando datos y herramientas estadísticas, involucra personal capacitado en la metodología (cinturones negros, verdes o amarillos), los resultados deben ser medibles desde el ámbito operacional y financiero, y busca la excelencia operacional (Olmedo & Castelblanco, 2012; Yadav & Desai, 2016).

Dentro de las estrategias que considera están:

- ✓ Procesos estables sin interrupciones
- ✓ Incrementar la calidad de los productos
- ✓ Mejora continua
- ✓ Disminuir los tiempos de retrasos y costos
- ✓ Eliminar actividades sin valor añadido

Las características que lo diferencian de otros modelos son: define las etapas que aportan valor, elimina residuos y costos innecesarios y controla variaciones mediante el seguimiento de las etapas del proceso (Jiménez & Amaya, 2014).

Las empresas actualmente se enfrentan a un mercado que cambia constantemente debido a los avances tecnológicos, y por ende tienen que diferenciar a sus productos y servicios obteniendo la satisfacción del cliente por su calidad, precio y tiempo de entrega, convirtiendo a Lean Six Sigma como una de las mejores estrategias (Albert, Soler, & Molina, 2017).

Diagrama de Ishikawa

Conocido también como diagrama de causa y efecto o de espina de pescado, el diagrama de Ishikawa es una herramienta que permite identificar las posibles causas que existen detrás de un problema. El creador de esta herramienta fue el empresario y autor japonés Kaoru Ishikawa, en la década de los 60's con la finalidad de ofrecer un método para analizar la causa que origina que un producto o servicio no funcione de la manera correcta, identificando todos los factores que pueden influenciar. El diagrama de causa y efecto muestra una imagen compuesta de líneas y palabras diseñada para mostrar la relación entre el efecto y sus causas (50Minutos,2016). En la figura 3. a continuación podemos visualizar un ejemplo del diagrama de Ishikawa construido

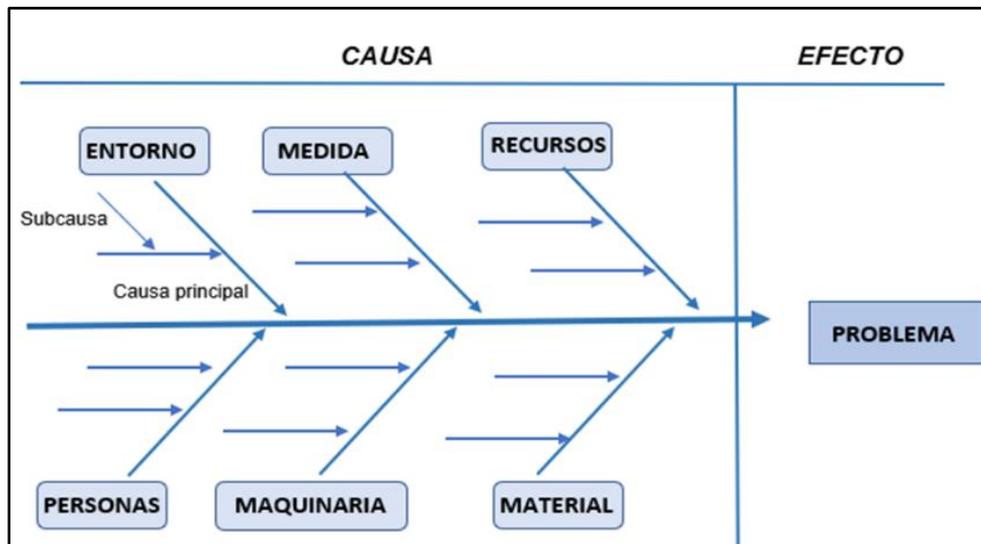


Figura 3. Diagrama de Ishikawa
Elaborado por: Valeria Guerra

Una vez identificada la causa del problema se puede corregir y mitigar los problemas e inconvenientes que se presentan durante el proceso. El diagrama de causa y efecto ayuda a alcanzar una comprensión común del problema y expone los posibles impulsores del problema (50Minutos,2016).

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica en la cual los datos analizados se muestran en un diagrama de barras de manera descendente en función de la prioridad que se asigne. El objetivo es identificar los problemas más importantes en los que se debe enfocar y dar solución. La técnica está basada en la regla del 80/20, mediante la cual se establece que el 80% de las consecuencias son originadas por el 20 % de las causas (50Minutos,2016).

Para la construcción del diagrama de Pareto se debe ordenar los datos o problemas de mayor a menor en una tabla, calcular sus porcentajes y acumulados.

Posteriormente se realiza un gráfico de barras y se identifica que problemas están dentro del 80%, los cuales son los que requieren prioritariamente mayor atención.

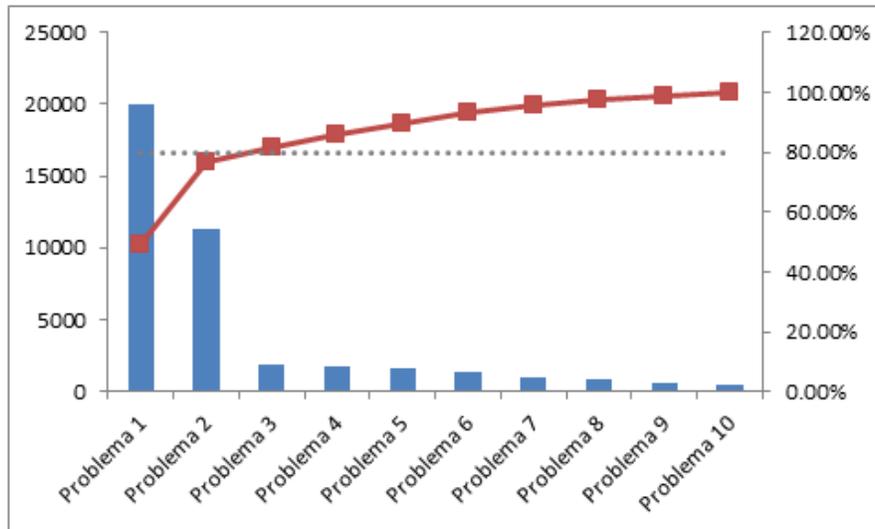


Figura 4. Diagrama de Pareto

Elaborado por: Valeria Guerra

Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos tiene como objetivo evitar o disminuir los daños frente a una situación o evento no deseado que pudiera darse. El proceso identifica posibles problemas y evalúa su potencial de ocasionar daños. Posteriormente una vez obtenida esta información se planifican y ejecutan acciones para disminuir la probabilidad de ocurrencia o afecciones si llegaran a ocurrir (Hernández & Cuza, 2013).

La gestión de riesgo puede clasificarse en cuatro etapas:

- ✓ Identificar el riesgo
- ✓ Analizar el riesgo
- ✓ Control del riesgo
- ✓ Monitoreo del riesgo

3. Identificación del Objeto de Estudio

La Operadora actual de los Bloques A y B, maneja la extracción de crudo desde el año 2001. Los bloques petroleros están ubicados en el nororiente ecuatoriano en la provincia de Orellana con una extensión de 131.803 ha. para el Bloque A y con 7.000 ha. para el Bloque B. Cuenta con una producción promedio de 15.500 bls de petróleo por día de 14, 1º API, %BSW de 0,25%, y con un total de 110 pozos activos produciendo.

4. Planteamiento del Problema

Para la extracción de petróleo, una vez realizados los estudios de subsuelo y la perforación de pozos, se requiere de la instalación de un sistema de levantamiento artificial que nos permita llevar el fluido desde el fondo del pozo hasta superficie, para posteriormente ser enviado a través de las líneas de producción hacia las plantas de procesos de petróleo.

El sistema de levantamiento artificial empleado en los Bloques en mención es el Bombeo Electrosumergible BES, el cual está constituido por un conjunto de componentes que integrados son conocidos como Bomba Electrosumergible (centralizador, sensor, motor, sello y bomba) que van instalados dentro del pozo a profundidades desde los 7.000 a 9.000 pies de profundidad.

Cada pozo tiene un diseño específico de Bomba Electrosumergible, el cual es ejecutado y aprobado por el Departamento de Ingeniería de Producción, para que posteriormente sea ensamblado por la empresa que brinda el servicio. Una vez listo el equipo en taller-Quito, es transportado vía terrestre hasta la locación de recepción en la Región Amazónica para que nuevamente pase por un control de calidad previo a la instalación.

El problema identificado para este estudio son los tiempos de demora que existen en el proceso de entrega debido a inconvenientes asociados a las condiciones mecánicas de los medios de transporte como plataformas y gabarra (Río-Napo), y a condiciones climatológicas del medio.

Los equipos para instalar deben llegar con al menos 24 horas antes previo a la instalación debido a que existen procedimientos de calidad a seguir. Los tiempos de retraso representan tiempos en stand by o tiempos no productivos de la torre de reacondicionamiento que se utiliza para la instalación y de los técnicos que intervienen, resumiéndose todo a costos económicos.

El transporte es un proceso crucial en la planificación y administración de un diseño integrado de gestión logística, el cual debe estar orientado para cumplir con entregas a tiempo, de forma segura y al menor costo posible, tanto a nivel local, como regional, nacional o internacional (González, 2016).

También es importante mencionar que existen riesgos tanto para el personal como para la integridad de los equipos durante el proceso de entrega, de manera que se debe contar con procedimientos y análisis de riesgos que afiancen la seguridad de las operaciones durante este proceso. Un riesgo derivado del trabajo es la probabilidad de daño al personal involucrado en la actividad o a los equipos como consecuencia de las circunstancias o condiciones del trabajo (Díaz, 2018).

5. Objetivo General

- Realizar una propuesta de mejora para disminuir los tiempos de entrega de bombas electrosumergibles mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma.

6. Objetivos Específicos

- Identificar las causas raíz de las demoras en los tiempos de entrega de las Bombas Electrosumergibles mediante la herramienta de Ishikawa.
- Plantear una propuesta de mejora para reducir los tiempos de entrega de las bombas electrosumergibles, aplicando la metodología Lean Six Sigma.
- Proponer un método de control para asegurar que la mejora sea perdurable en el tiempo.

7. Justificación y Aplicación de la Metodología

La Operadora de los Bloques petroleros A y B, ha identificado dentro del proceso de reacondicionamiento de pozos como un problema potencial las demoras en los tiempos de entrega de las Bombas Electrosumergibles. Estos retrasos tienen repercusiones económicas que afectan tanto a la empresa proveedora del servicio como también a la Operadora de los Bloques A y B (cliente), por esta razón se tiene la necesidad de buscar una alternativa de solución que asegure los tiempos de entrega y permita que los procesos que dependen de la entrega de estos equipos se desarrollen de manera eficaz.

La aplicación de la metodología Lean Six Sigma se propone como una alternativa de solución para plantear una propuesta de mejora para que las entregas se puedan realizar a tiempo y el proceso se desarrolle en condiciones seguras. El Lean Six

Sigma es una metodología que se enfoca directamente en el cliente como punto clave, mejorando su experiencia con un producto o servicio, y a la vez está direccionada hacia la resolución de problemas consiguiendo que un proceso sea eficaz con un 99,99996% de ausencia de defectos. La metodología permitirá alcanzar el objetivo propuesto mediante la aplicación de la herramienta DMAIC, y estableciendo una propuesta de mejora (Socconini & Escobedo, 2021).

Una vez que se ha identificado las demoras en los tiempos de entrega como el problema en estudio, el punto de partida que permitirá determinar cuáles son las principales causas para las demoras es la herramienta o diagrama de Ishikawa, también conocido como análisis de causa raíz. Identificadas las causas principales se puede realizar un estudio más a fondo que permita obtener como resultado final una propuesta de mejora.

Otra alternativa de solución es la aplicación de la metodología de Gestión de Procesos, que busca constantemente la eficiencia en todos los procesos productivos, evaluando e implantando medidas que favorecen a su objetivo. Una de las herramientas más utilizadas dentro de la Gestión de Procesos que permite analizar y tomar medidas sobre un proceso es FODA. Mediante esta herramienta se identifica fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las fortalezas son utilizadas para contrarrestar las amenazas y las oportunidades se utilizan para mitigar debilidades, lo que resulta en una mejora de proceso (Gutiérrez, Sotelo, Palomino & Arias, 2022).

La aplicación de las metodologías propuestas permitirá contar con una propuesta de alternativa de solución que permita solventar las repercusiones económicas que incrementan los costos de las operaciones y aumentan el riesgo de accidentes laborales debido a la presura de cumplir con tiempos establecidos. Sin embargo, mediante la matriz de priorización se ha identificado como la mejor alternativa de solución la aplicación de la metodología de Lean Six Sigma y herramienta de Ishikawa, obteniendo la ponderación más alta (ver Anexo 1.) y cumpliendo con los

requerimientos que se busca atacar y finalmente reducir desperdicios o imperfecciones que provocan retrasos en los tiempos de entrega.

7.1 Justificación de la Metodología a Utilizar

Las demoras en los tiempos de entrega de las Bombas Electrosumergibles hasta la locación destinada, ocasionan inconvenientes de retrasos en las operaciones posteriores como en la revisión y control del equipo previo a su instalación, y en la instalación del equipo. Estas operaciones son coordinadas de acuerdo con un cronograma de actividades que involucran personal técnico, plataformas, grúas, torre de reacondicionamiento y otros recursos adicionales menores. Los retrasos en las actividades representan costos económicos elevados principalmente para la Operadora, por ello este proyecto tiene como objetivo plantear una propuesta de solución a los retrasos mediante una metodología de mejora de procesos, con la cual se identifiquen las causas potenciales que son el origen de los problemas y se den correcciones.

La aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir los tiempos de retraso planteados en este proyecto, es una propuesta acertada debido a que la metodología mencionada está orientada a la mejora de procesos, incrementando la rentabilidad y productividad de estos. Además, busca reducir la variabilidad de los procesos identificando y eliminando todos los aspectos y factores que perjudican para que un proceso no sea eficaz. El objetivo principal es lograr la perfección en cada etapa de desarrollo de un proceso de manera que se obtiene la satisfacción del cliente al mejorar su experiencia con un producto o servicio.

Mediante el diagrama de Ishikawa se puede identificar cuáles son las principales causas que originan las demoras en los tiempos de entrega de las bombas electrosumergibles, siendo este el punto de partida para el análisis y desarrollo del proyecto.

7.2 Aplicación de la Metodología

La metodología central de trabajo de Lean Six Sigma se basa en la aplicación de cinco criterios a seguir DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Definir

La definición corresponde a la etapa fundamental de un proyecto Lean Six Sigma, donde se establece de manera clara cuál es la situación actual y cuáles son los objetivos para alcanzar (Olmedo & Castelblanco, 2012).

¿Qué ocurre?

Se ha definido que la situación actual dentro del proceso de logística de transporte de las bombas electrosumergibles registra retrasos en las entregas que provocan tiempos no productivos de espera durante las instalaciones teniendo repercusiones económicas.

Los equipos electrosumergibles deben llegar 24 horas antes previo a su instalación para pasar por un proceso de calidad, sin embargo, debido a diferentes causas que se presentan en la logística se generan los retrasos.

¿Qué tan frecuente?

Mensualmente se instalan de 2 a 4 equipos electrosumergibles, es decir que es un proceso que se da de manera continua durante el año y por ello se busca una propuesta de mejora que permita que el proceso de entrega sea eficiente.

¿En qué consiste?

Los equipos son trasladados en una plataforma de 25 toneladas y 40 ft de longitud, desde el taller donde son ensamblados en Quito hasta el puerto de Pompeya provincia de Orellana donde se hace uso del cruce de gabarra y así poder ingresar al Parque Nacional Yasuní para continuar con el traslado de los equipos hasta el

destino final de la Operadora donde los equipos son instalados. Este trayecto de transporte dura aproximadamente 13 horas sin interrupciones o inconvenientes.

Es importante mencionar que la empresa Prestadora de Servicio de ensamblaje de las bombas electrosumergible es responsable de la entrega de las bombas en la locación solicitada por la Operadora, la misma que únicamente brinda el servicio de gabarra para el Río Napo en una parte del trayecto al acceso de los Bloques A y B.

En la figura 5. Tenemos un esquema didáctico de la logística de transporte de los equipos electrosumergibles, resaltando los 5 puntos principales durante su trayecto.

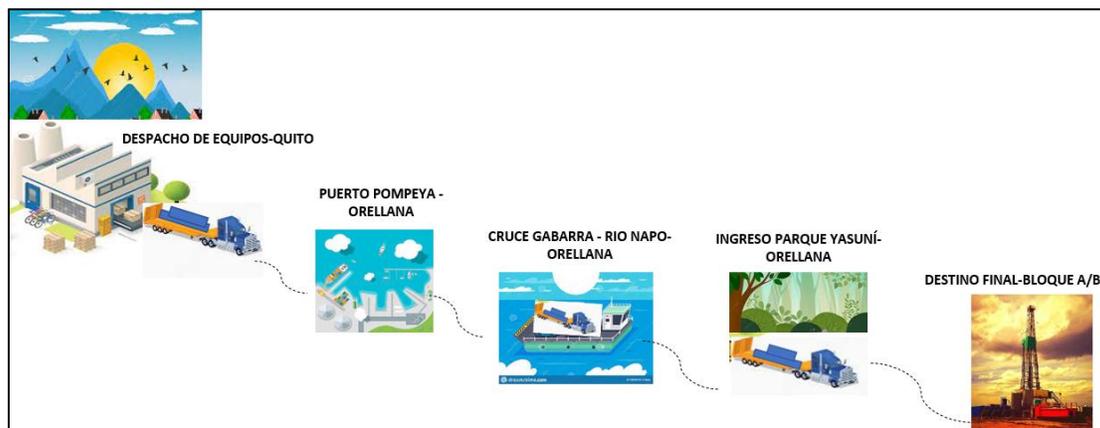


Figura 5. Diagrama de Logística de Transporte

Elaborado por: Valeria Guerra

¿Por qué es importante?

Los retrasos que se registran generan repercusiones económicas altas por los tiempos en standby de las plataformas que trasladan los equipos y a la vez de la torre de reacondicionamiento que se utiliza para la instalación de los equipos.

¿Qué se quiere lograr?

Se ha planteado como objetivos analizar las posibles causas que originan los retrasos y a la vez plantear una alternativa de solución de manera que el proceso de logística de transporte de las bombas electrosumergibles se dé dentro de los tiempos planificados de las operaciones.

A continuación, en la tabla 3. se define en el acta de constitución del proyecto, el proyecto a realizar con sus respectivos objetivos general y específicos, beneficios esperados, involucrados y el entregable final.

Tabla 2. Acta de Constitución del Proyecto

Acta de Constitución del Proyecto			
Proyecto	<i>PROPUESTA DE MEJORA PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS DE ENTREGA DE BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA.</i>		
Fecha	1/8/2022	Versión	V.1
Datos Generales			
Objetivo General			
Realizar una propuesta de mejora para disminuir los tiempos de entrega de bombas electrosumergibles mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma.			
Objetivos Especificos			
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las causas raíz de las demoras en los tiempos de entrega de las Bombas Electrosumergibles mediante la herramienta de Ishikawa. • Plantear una propuesta de mejora para reducir los tiempos de entrega de las bombas electrosumergibles, aplicando la metodología Lean Six Sigma. • Proponer un método de control para asegurar que la mejora sea perdurable en el tiempo. 			
Beneficios Esperados			
Eliminar los costos economicos provocados por los retrasos en las entregas de las Bombas Electrosumergibles.			
Involucrados			
Representante Operadora - Gerente de Operaciones Representante Operadora - Técnico de Logística Representante Proveedor - Gerente de Logística			
Entregable			
Propuesta de una alternativa que elimine los tiempos de retraso en las entregas de las Bombas Electrosumergibles.			

Elaborado por: Valeria Guerra

Medir

Dentro de la fase de medición podemos cuantificar las demoras que se presentaron durante las entregas de las bombas electrosumergibles.

Mediante la medición se ha podido tener conocimiento del rendimiento del proceso de entrega, registrándose desde enero del año 2021 hasta el mes de mayo del presente año 2022 los retrasos que se muestran a continuación en la tabla 3. correspondiente al registro de las bombas instaladas.

Tabla 3. Registro de Bombas Instaladas

Nombre Pozo Well	Pump					Fecha Instalación	Retraso	Tiempo de Retraso / H
	Stg	Model	Serie	Type	Met			
Iro A-18	118	X47	538	SSD	F	23-Jan-21	X	18
Iro A-19	402	X17,5	400	SSD	F	30-Jan-21		
Iro 16	52	HC12500	675	AR 1:3	S	5-Feb-21		
Amo A-4 BT	206	E1000	400	SSD	F	17-Feb-21	X	24
Amo A-104	26	HC12500	675	ARS	F	6-Mar-21		
Amo B-20	252	X7	400	SSD	F	15-Mar-21		
Daimi 1	156	P35	400	SSD	F	18-Mar-21		
Ginta B-27	282	E1000	400	SSD	F	7-Apr-21	X	12
Dabo S1	234	P35	400	SSD	F	21-Apr-21		
Amo B-4S	132	X80	538	SSD	F	11-Jul-21		
Amo B-4I	238	X10	400	SSD	F	11-Jul-21	X	24
Iro A-15	42	HC12500	675	ARM 1:3	S	4-Aug-21		
Iro A-56 re-run	118	X80	538	SSD	F	10-Aug-21		
Iro A-9	238	X10	400	SSD	F	19-Aug-21	X	6
Daimi A-10	270	X7	400	SSD	F	24-Sep-21	X	4
Daimi A-22	118	X47	538	SSD	F	29-Sep-21		
Amo A-7 Ui	244	E1000	400	SSD	F	11-Oct-21		
Cap A-1	42	HC12500	675	AR 1:3	S	28-Oct-21	X	12
Amo C-6	26	HC20000	675	SSD	S	12-Nov-21		
Amo A-12	282	E1000	400	SSD	F	18-Nov-21		
Tiv 04	216	P60	400	SSD	F	21-Nov-21		
Tiv 01	118	X47	538	SSD	F	26-Nov-21		
Tiv A-3	104	P23	538	SSD	F	4-Dec-21	X	24
Iro B-16	42	HC12500	675	ARM 1:3	F	21-Jan-22		
Iro 15	32	HC12500	675	AR 1:3	S	2-Feb-22		
Dabo 1	103	E1000	400	SSD	F	11-Feb-22		
Amo C23	26	HC12500	675	AR 1:3	F	18-Feb-22	X	19
Ginta B-16RE1	79	X47	538	SSD	F	20-Feb-22		
Daimi B-12	26	HC12500	675	AR 1:3	F	25-Feb-22		
Amo A-112	42	HC12500	675	SSD	F	3-Mar-22		
Amo B-21	138	X47	538	SSD	F	9-Mar-22		
Ginta A-50	366	X17,5	400	SSD	F	19-Mar-22		
Ginta A-14	138	X47	538	SSD	F	27-Mar-22	X	7
Wati 5	42	HC12500	675	SSD	F	15-Apr-22	X	8
Amo B-19	270	X7	400	SXD	F	17-May-22		
Amo B-11	270	X7	400	SSD	F	26-May-22	X	13

Elaborado por: Valeria Guerra

En la tabla 3. se registra si la instalación de la bomba electrosumergible presentó o no retraso y a su vez también las horas correspondientes, sin considerar la causa o razón de la demora en la entrega.

A continuación, se muestra la tabla 4. en la cual podemos visualizar el número de retrasos por horas reportadas. Se evidencia que existe un total de 12 retrasos en una muestra de 36 entregas de bombas electosumergibles para ser instaladas. De estos 12 retrasos 5 de ellos tienen un tiempo considerable entre 10 y 20 horas reportadas, es decir que el mayor número de demoras presentan un número considerable de horas registradas.

Tabla 4. Número de Retrasos por Horas Reportadas

HORAS DE RETRASO (H)	NÚMERO DE RETRASOS
menor a 5	1
entre 5 y 10	3
entre 10 y 20	5
mayor a 20	3
Total:	12

Elaborado por: Valeria Guerra

Los retrasos registrados representan costos económicos adicionales para el presupuesto de logística de transporte y a la vez para el presupuesto de instalación de los equipos electrosumergibles.

El costo de la plataforma de transporte para los equipos desde la ciudad de Quito hasta la locación donde son instalados provincia de Orellana tiene un costo de \$1.500 dólares americanos siempre y cuando no exista tiempos en standby. De existir estos tiempos de parada por diferentes razones se cobra a partir de la 3 hora de paro \$308 dólares americanos por el día hasta las 12 horas, pasado este número de horas se cobrará nuevamente ese valor por día.

Durante el periodo de la muestra se registraron los siguientes cobros adicionales que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Registro Cobro Adicional a Transporte de Plataforma

	# VIAJES	# RETRASOS	COBRO ADICIONAL PLATAFORMA	VALOR DÓLARES
ene-21	2	1	X	616
feb-21	2	1	X	616
mar-21	3	0		308
abr-21	2	1	X	308
may-21	0	0		308
jun-21	0	0		308
jul-21	2	1	X	616
ago-21	3	1	X	308
sep-21	2	1	X	308
oct-21	2	1	X	308
nov-21	4	0	X	308
dic-21	1	1	X	616
ene-22	1	0		308
feb-22	5	1	X	616
mar-22	4	1	X	308
abr-22	1	1	X	308
may-22	2	1	X	616
TOTAL:	36.00	12.00		\$7,084.00

Elaborado por: Valeria Guerra

De los 12 retrasos registrados en la muestra todos registraron cobro adicional del servicio de plataforma alcanzando un valor de \$7.084 dólares.

Para el caso de valores adicionales debido a tiempos de standby de la torre de reacondicionamiento se considera el costo por hora en \$386 dólares. En la tabla 6. a continuación se puede evidenciar el total de horas de retraso que representan las horas en standby de la torre y adicional se evidencia que durante la muestra se tuvo un total de \$66.006 dólares que se distribuyen respectivamente para ser sumados al costo de cada una de las instalaciones.

Tabla 6. Registro Cobro Adicional a Instalación

VES	# INSTALACIONES	# RETRASOS	TIEMPO RETRASO HORAS	COBRO ADICIONAL TORRE	VALOR DÓLARES
ene-21	2	1	18	X	6948
feb-21	2	1	24	X	9264
mar-21	3	0	0		0
abr-21	2	1	12	X	4632
may-21	0	0	0	X	0
jun-21	0	0	0		0
jul-21	2	1	24	X	9264
ago-21	3	1	6	X	2316
sep-21	2	1	4	X	1544
oct-21	2	1	12	X	4632
nov-21	4	0	0		0
dic-21	1	1	24	X	9264
ene-22	1	0	0	X	0
feb-22	5	1	19	X	7334
mar-22	4	1	7	X	2702
abr-22	1	1	8	X	3088
may-22	2	1	13	X	5018
TOTAL:	36.00	12.00	171.00		\$66,006.00

Elaborado por: Valeria Guerra

8. Resultados

Dentro de los resultados se ha colocado la etapa de análisis de la herramienta DMAIC.

La fase de análisis permite investigar de manera más cercana la relación entre el rendimiento del proceso de entrega y los factores que intervienen debido a los datos obtenidos en la fase de medición (Olmedo & Castelblanco, 2012).

Como podemos visualizar en la figura 6. de la muestra tomada de 36 entregas se registran 12 retrasos que representan el 33% de todas las entregas, valor que es significativo y que refleja que existen problemas en el desarrollo del proceso de entrega por lo cual se ha planteado el desarrollo de este proyecto para dar una alternativa de solución.

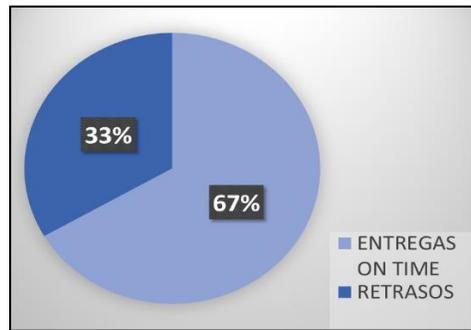


Figura 6. Registro de Entregas
Elaborado por: Valeria Guerra

De manera más detallada mediante la figura 7. se registra el número de entregas por mes dentro del periodo seleccionado como muestra desde enero 2021 a mayo del 2022, y también de evidencia el número de retrasos que se dieron en todas las entregas mensualmente. Si analizamos la figura 7. se puede resaltar que se registra al menos un retraso por mes descartando los meses donde todas las entregas se dieron a tiempo (marzo 2021, noviembre 2021 y enero 2022) y los meses donde no hubo entregas (mayo 2021 y junio 2021).



Figura 7. Registro de Entregas Mensuales de Bombas Electrosumergibles y de Retrasos
Elaborado por: Valeria Guerra

Además, dentro del análisis se debe establecer las posibles hipótesis de las fallas del proceso para lo cual se ha utilizado el diagrama de Ishikawa donde se han tomado en consideración 6 campos importantes para poder clasificar y orientar de mejor manera las posibles causas: materiales, método, mano de obra, medición, medio ambiente y maquinaria. A continuación, podemos visualizar el diagrama elaborado en la figura 8. en donde se han registrado las diferentes causas relacionadas con las demoras en los tiempos de entrega.

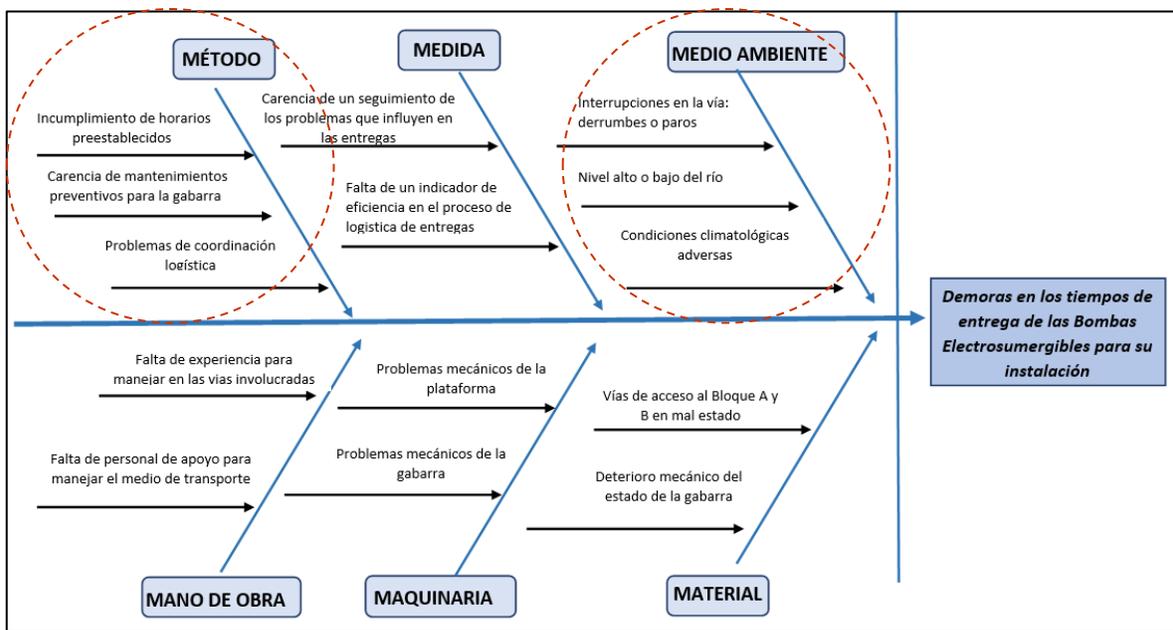


Figura 8. Diagrama de Ishikawa

Elaborado por: Valeria Guerra

Mediante el diagrama de Ishikawa elaborado se puede evidenciar que existen falencias en el proceso de logística y que representan oportunidades de mejora. Podemos concluir que las causas de mayor relevancia que influyen para las demoras en los tiempos de entrega de las Bombas Electrosumergibles están

relacionadas con factores ambientales y con el método empleado para la coordinación en la logística de entregas.

Además del análisis realizado mediante el diagrama de Ishikawa, de manera más detallada se ha buscado asignar una causa o motivo específico a cada retraso registrado mediante la tabla 7., de manera que puedan ser clasificados y cuantificados dentro de una categoría.

Tabla 7. Registro de Bombas Instaladas y Causa de Retraso

Nombre Pozo Well	Pump					Fecha Instalación	Retraso	Tiempo de Retraso / H	Motivo	Descripción
	Stg	Model	Serie	Type	Met					
Iro A-18	118	X47	538	SSD	F	23-Jan-21	X	18	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable.
Iro A-19	402	X17,5	400	SSD	F	30-Jan-21				
Iro 16	52	HC12500	675	AR 1:3	S	5-Feb-21				
Amo A-4 BT	206	E1000	400	SSD	F	17-Feb-21	X	24	Derrumbes	Derrumbes en la vía Quito-Coca.
Amo A-104	26	HC12500	675	ARS	F	6-Mar-21				
Amo B-20	252	X7	400	SSD	F	15-Mar-21				
Daimi 1	156	P35	400	SSD	F	18-Mar-21				
Ginta B-27	282	E1000	400	SSD	F	7-Apr-21	X	12	Paros de la comunidad	Obstaculación de paso por comunidad Wwarani.
Dabo S1	234	P35	400	SSD	F	21-Apr-21				
Amo B-4S	132	X80	538	SSD	F	11-Jul-21				
Amo B-4I	238	X10	400	SSD	F	11-Jul-21	X	24	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable.
Iro A-15	42	HC12500	675	ARM 1:3	S	4-Aug-21				
Iro A-56 re-run	118	X80	538	SSD	F	10-Aug-21				
Iro A-9	238	X10	400	SSD	F	19-Aug-21	X	6	Derrumbes	Derrumbes en la vía Quito-Coca.
Daimi A-10	270	X7	400	SSD	F	24-Sep-21	X	4	Cruce de Gabarra	Mala coordinación en reserva de cruce.
Daimi A-22	118	X47	538	SSD	F	29-Sep-21				
Amo A-7 Ui	244	E1000	400	SSD	F	11-Oct-21				
Cap A-1	42	HC12500	675	AR 1:3	S	28-Oct-21	X	12	Derrumbes	Derrumbes en la vía Quito-Coca.
Amo C-6	26	HC20000	675	SSD	S	12-Nov-21				
Amo A-12	282	E1000	400	SSD	F	18-Nov-21				
Tiv 04	216	P60	400	SSD	F	21-Nov-21				
Tiv 01	118	X47	538	SSD	F	26-Nov-21				
Tiv A-3	104	P23	538	SSD	F	4-Dec-21	X	24	Daño de Gabarra	Problemas mecánicos de gabarra.
Iro B-16	42	HC12500	675	ARM 1:3	F	21-Jan-22				
Iro 15	32	HC12500	675	AR 1:3	S	2-Feb-22				
Dabo 1	103	E1000	400	SSD	F	11-Feb-22				
Amo C23	26	HC12500	675	AR 1:3	F	18-Feb-22	X	19	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable.
Ginta B-16RE1	79	X47	538	SSD	F	20-Feb-22				
Daimi B-12	26	HC12500	675	AR 1:3	F	25-Feb-22				
Amo A-112	42	HC12500	675	SSD	F	3-Mar-22				
Amo B-21	138	X47	538	SSD	F	9-Mar-22				
Ginta A-50	366	X17,5	400	SSD	F	19-Mar-22				
Ginta A-14	138	X47	538	SSD	F	27-Mar-22	X	7	Cruce de Gabarra	Alta demanda de cruces, mala coordinación.
Wati 5	42	HC12500	675	SSD	F	15-Apr-22	X	8	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable.
Amo B-19	270	X7	400	SXD	F	17-May-22				
Amo B-11	270	X7	400	SSD	F	26-May-22	X	13	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable.

Elaborado por: Valeria Guerra

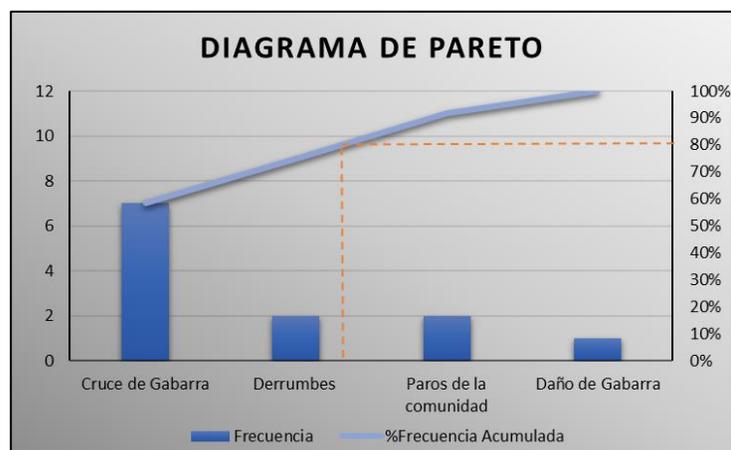
En la tabla 8. se registra la frecuencia de cada causa junto con la frecuencia acumulada para poder aplicar el método del diagrama de Pareto y así poder asignar un orden de prioridades para poder tomar decisiones y determinar cuáles son los problemas de mayor relevancia.

Tabla 8. Retrasos Registrados y Frecuencia

Causa de Retraso Asignada	Frecuencia	%Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia Acumulada
Cruce de Gabarra	7	58%	7	58%
Derrumbes	2	17%	9	75%
Paros de la comunidad	2	17%	11	92%
Daño de Gabarra	1	8%	12	100%
Total	12	100%		

Elaborado por: Valeria Guerra

El diagrama de Pareto está basado en la regla del 80/20, es decir que el 80% de las consecuencias se deben al 20% de las acciones o causas. Como podemos visualizar en la figura 9. este es un gráfico que organiza los valores, los cuales están separados por barras de mayor a menor, de izquierda a derecha, y a la vez grafica la frecuencia acumulada para poder determinar que problemas abarca el 80%.

**Figura 9.** Diagrama de Pareto

Elaborado por: Valeria Guerra

Como se puede identificar en la figura 9. dentro del 80% está registrado problemas de cruce de gabarra y de derrumbes, es decir que estos son los problemas a los

que se debe poner mayor atención. Sin embargo, podemos visualizar que los derrumbes y paros de la comunidad tienen el mismo número de frecuencia por ello se debe tomar en cuenta también este problema y considerarlo dentro del 80% para poder buscar posibles soluciones.

Las etapas de mejorar y controlar que están dentro del criterio DIMAIC, serán desarrolladas en el capítulo 9. propuesta de solución del problema identificado.

9. Discusión de los Resultados y Propuesta de Solución

Es importante conocer que la logística de transporte cuenta un gerenciamiento de viaje por parte de la empresa Ensambladora de los Equipos Electrosumergibles en donde se establece que el transporte de los equipos se puede desarrollar bajo los siguientes lineamientos de seguridad industrial para salvaguardar la integridad de los transportistas y de los equipos, evitando accidentes con fatalidad.

- ✓ Horario: 05h30 hasta las 20h00, un solo conductor.
- ✓ Horario: 20h00 en adelante, dos choferes bajo autorización de gerencia.
- ✓ Tiempo de viaje: 10 horas seguidas con pausas de 15 minutos cada 3 horas.

Propuesta de Solución o Mejora

Para el planteamiento de la propuesta de solución o mejora a los tiempos de retraso en las entregas de las bombas electrosumergibles, y además de conocer las causas principales que generan las demoras es importante conocer el proceso de logística de transporte actual para partir cómo línea base, este proceso se describe a continuación:

Proceso de logística actual

- **Punto de partida:** Ciudad de Quito Desde Taller de Bombas

Posterior al ensamblaje de las bombas electrosumergibles en el taller de Quito, éstas son despachadas hacia la Región Amazónica a la locación de la Operadora de los Bloques A y B en una plataforma vía terrestre. Aproximadamente son 6 horas de viaje desde la ciudad de Quito hasta la ciudad del Coca y adicional 2 horas más hasta el puerto. El despacho de las bombas se realiza con planificación para que lleguen 24 horas antes de la instalación, sin embargo, existen contratiempos que afectan dicha planificación.

La hora de salida desde la ciudad de Quito es a las 6h00, es importante mencionar que el vehículo es manejado por 1 solo chofer durante todo el trayecto sin paradas extensas hasta el puerto de Pompeya por un tiempo se 8 horas.

- **Punto de llegada intermedio:** Puerto cruce de gabarra- Río Napo

El servicio de cruce de gabarra es proporcionado por la operadora de los Bloques A y B sin ningún costo para ninguna de las empresas que brindan servicios a la misma. Para poder acceder al servicio de cruce, las empresas deben cumplir con los horarios establecidos y requisitos de seguridad. La plataforma arriba aproximadamente a las 14h00, con un tiempo de 1 hora para proceder con el cruce a las 15h00.

El tiempo de viaje en gabarra dura aproximadamente una hora y cuenta con tres cruces disponibles en diferentes horarios, dos en la mañana y uno en la tarde como se muestra en la Tabla 9. a continuación.

Tabla 9. Horarios de Gabarra

HORARIOS DE CRUCES	
Mañana	Tarde
8:00 a. m.	15:00 pm
11:00 a. m.	

Elaborado por: Valeria Guerra

Cuando existen retrasos y se pierde el cruce de este horario se deberá esperar hasta el día siguiente para cruzar en el horario de las 08h00. A su vez la gabarra también puede presentar retrasos de 1 o 2 horas por condiciones del río.

Los vehículos a utilizar el servicio deben estar al menos 30 minutos antes previo al embarque y deben pasar por una inspección de rutina de manera que se verifique el cumplimiento de los siguientes requisitos de seguridad:

- ✓ Documentación de tránsito en orden del vehículo y chofer.
- ✓ Luces, vidrios y llantas en perfectas condiciones.
- ✓ Instalación de arrastallamas
- ✓ Contar con kit de extintor y conos.
- ✓ Instalación de tacógrafo y entrega de radio.
- ✓ Aprobación del curso de manejo defensivo

Una vez que los vehículos hayan pasado la inspección podrán embarcar de acuerdo con el orden de llegada y capacidad de la gabarra de 200 toneladas como se muestra en la fotografía 1. a continuación.



Fotografía 1. Embarque de Vehículos

Elaborado por: Valeria Guerra

El cruce de gabarra permite el acceso de cualquier vehículo al interior del territorio de los Bloques A y B, dicho territorio es considerado sensible y de alta vulnerabilidad debido a que se encuentra dentro del Parque Nacional Yasuní, habitad de pueblos ancestrales y de una diversidad de flora y fauna endémicas en el mundo. Por esta razón el ingreso se realiza previa autorización, sin embargo, no existe una reservación de cupo o planificación para el cruce de ningún vehículo. En la fotografía 2. se puede evidenciar la gabarra en el puerto previo a cerrar el embarque.



Fotografía 2. Gabarra en Puerto

Elaborado por: Valeria Guerra

- **Punto de llegada final:** Locación Operadora de los Bloques A y B

A partir del cruce de una hora de la gabarra el trayecto de transporte continua aproximadamente desde las 16h00 por 4 horas más hasta el destino final donde las bombas son entregadas para su control de calidad previo a su instalación, es decir que se tiene planificado para que los equipos lleguen siempre alrededor de las 20h00. Pasado el horario de 20h00 el gerenciamiento de viaje establece que la plataforma debe ser tripulado por dos choferes para su operación, condición que no se cumple pues el camión es tripulado por un solo chofer desde Quito ya que se considera que el arribo se dará dentro del horario establecido sin considerar los diferentes acontecimientos que pueden darse.

El control de calidad y el tiempo necesario para alistar el equipo previo a su instalación toma alrededor de 12 horas siempre y cuando no existan inconvenientes, por ello se requiere que el equipo llegue al menos con 24 horas antes de la instalación, operación que es coordinada con el taladro de reacondicionamiento.

A continuación, podemos visualizar el diagrama del proceso de logística de transporte actual.

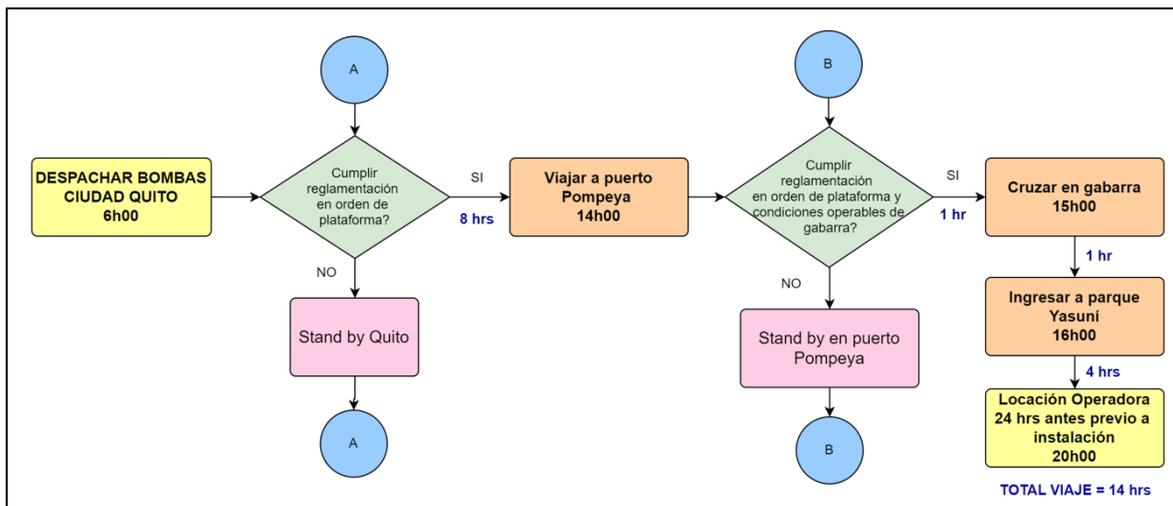


Figura 10. Diagrama de Flujo de Logística de Transporte Actual

Elaborado por: Valeria Guerra

Proceso de logística propuesto

Como ya se determinó en la etapa de análisis, el mayor porcentaje de las demoras están relacionadas en primer lugar con el cruce de gabarra, derrumbes y paros de la comunidad, es decir que son estos tres frentes a los que se debe buscar una solución o propuesta de mejora.

Si consideramos los inconvenientes suscitados con el cruce de gabarra podemos describir de manera más detallada a los siguientes:

- ✓ No existe una planificación semanal para cruces de vehículos.
- ✓ Alta demanda de vehículos para cruces.
- ✓ Condiciones de río, nivel alto o bajo que impide la operación de la gabarra.
- ✓ Incumplimiento de los horarios de cruces.

Para poder solventar estos inconvenientes se plantea como propuesta de mejora realizar los siguientes cambios:

- **Realizar Planificación Semanal:** Documento donde se asigne el horario de cruce a cada uno de los vehículos que requieren ingresar a los Bloques A y B. De manera que los embarques se realicen de manera más organizada dando prioridad a los vehículos que llevan equipos o recursos que las operaciones requieren con mayor urgencia (*ver Anexo 2*).
- **Nuevo horario para el cruce de los equipos electrosumergibles:** Para el caso de las plataformas que transportan las bombas electrosumergibles se plantea que los cruces se realicen en el primer horario de la mañana 8h00. De ser el caso que las condiciones climáticas y del nivel del río no lo permitan, se cuenta con 2 cruces posteriores para su ingreso de manera que se asegura el ingreso de las bombas electrosumergibles el mismo día. Únicamente se postergará los ingresos por daños mecánicos de la gabarra que requieran intervenciones de mantenimiento por horas prolongadas que salen del alcance de la logística de entrega.

- **Incrementar el tiempo de llegada de 24 a 32 horas previo a la instalación:**

Los derrumbes y paros de la comunidad son situaciones que tienen poca probabilidad de predecirse, de manera que se consideran problemas externos al proceso diseñado de transporte.

Se propone como propuesta de mejora incrementar el tiempo establecido previo a la instalación de 24 a 32 horas, de manera que si se llegaran a dar este tipo de problemas contamos con un margen de tiempo de seguridad de 8 horas más, considerando el trayecto dentro de la Región Amazónica.

Si consideramos el trayecto Quito- Coca, podemos asumir que pueden presentarse también acontecimientos en la vía que generen retrasos en el tiempo para llegar al cruce de gabarra. Por esto a la vez se plantea que los equipos electrosumergibles sean despachados el fin de semana previo a la instalación y sean almacenados en la base de la ciudad del Coca de la compañía Prestadora de Servicio, y 40 horas antes de su instalación sean despachados hacia el puerto para cruzar en el primer horario. De esta manera tenemos una menor probabilidad de tener demoras en las instalaciones de las bombas que como ya se mencionó tienen repercusiones económicas elevadas por horas en standby.

A continuación, se describe la nueva propuesta del proceso de logística de transporte:

- **Punto de partida:** Ciudad de Quito desde Taller de Bombas

Las bombas electrosumergibles a instalarse deberán ser despachadas el fin de semana previo a su instalación hacia la ciudad del Coca donde se encuentra la Base de la compañía Prestadora del Servicio de ensamblaje de los equipos. Es decir que las bombas serán almacenadas durante algunos días antes del cruce de la gabarra. El conductor manejará únicamente por 6 horas y procederá a descargar los equipos, disminuyendo el riesgo de accidentes por cansancio o agotamiento, y cuidando así la integridad de las personas y los recursos materiales.



Fotografía 4. Despacho de Bombas Ciudad de Quito

Elaborado por: Valeria Guerra

- **Punto de llegada 1:** Base ciudad del Coca

Este punto de llegada se considera estratégico dentro del proceso de logística de transporte, debido a que representa el punto medio en el recorrido terrestre de los equipos, es decir el 50% del trayecto. Al tener los equipos en esta locación con tres o más días de anterioridad a su instalación estamos disminuyendo en un alto porcentaje la probabilidad de tener demoras en los tiempos de entrega de las bombas, fotografía 5 y 6.

Desde este punto se realizará el traslado de los equipos en una nueva plataforma 48 horas antes previo a la instalación, es decir se manejará un nuevo margen de seguridad de tiempo. El despacho de los equipos desde la Base en el Coca se realizará a las 5h30 y se deberá coordinar para que crucen en el primer horario de la gabarra a las 8 am.



Fotografía 5. Descarga de Bombas Ciudad del Coca
Elaborado por: Valeria Guerra



Fotografía 6. Descarga de Bombas Ciudad del Coca
Elaborado por: Valeria Guerra

- **Punto de llegada 2:** Puerto para cruce de gabarra.

Se seguirá contando con los tres horarios establecidos para el cruce de vehículos pesados. Adicional se deberá cumplir con la planificación semanal que será adoptada por la empresa Operadora y para ello se deberá notificar el ingreso de todos los vehículos con anterioridad de manera que se reserve el puesto en la gabarra, fotografía 7. De no ser posible el cruce en el primer horario, se dará prioridad a la plataforma que transporta las bombas electrosumergibles para los siguientes horarios una vez que las condiciones lo permitan. El trayecto de recorrido hasta el destino final corresponde a 4 horas de viaje sin interrupciones.



Fotografía 7. Embarque en Gabarra

Elaborado por: Valeria Guerra

- **Punto de llegada final:** Locación Operadora de los Bloques A y B

Los equipos para instalar deberán llegar dentro del intervalo entre 24 y 32 horas previo a la instalación, figura 8. De manera que se pueda cumplir con las inspecciones y preparación del equipo cumpliendo con todas las medidas de seguridad y estándares de seguridad.

El éxito de una instalación involucra el cumplimiento de todos los procesos previos de manera satisfactoria.



Fotografía 8. Llegada de Equipos en Locación

Elaborado por: Valeria Guerra

A continuación, podemos visualizar el diagrama del proceso de logística de transporte propuesto:

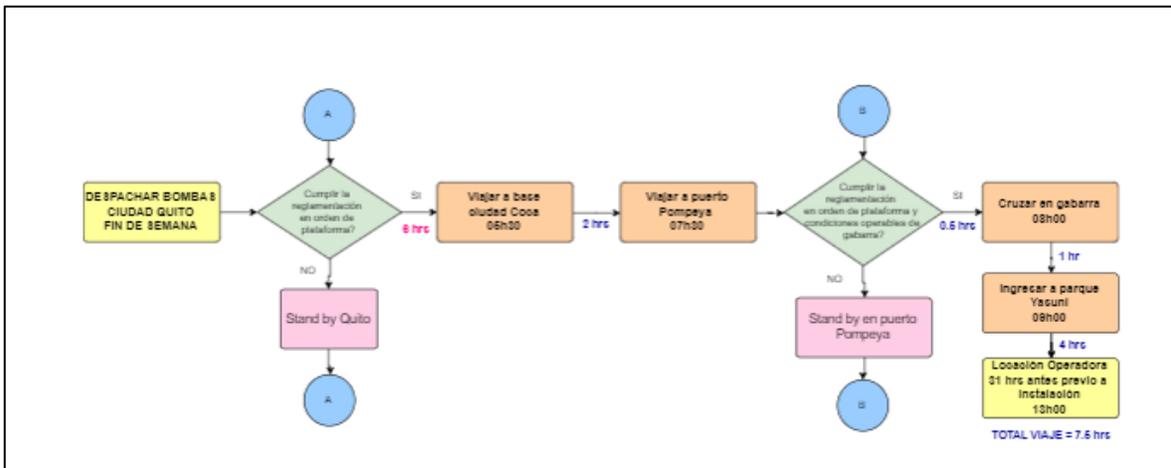


Figura 11. Diagrama de Flujo de Logística de Transporte Propuesto

Elaborado por: Valeria Guerra

Con la aplicación de la propuesta de mejora para la logística de transporte se busca disminuir considerablemente las horas de retraso y hasta de ser el caso eliminarlos.

La nueva logística planteada disminuye las horas de viaje continuo previo a la instalación de 14 horas a 7.5 horas, es decir a la mitad del tiempo actual y lo cual a la vez disminuye considerablemente la probabilidad de tener un mayor número de incidentes o acontecimientos que generen los retrasos.

Si se eliminan o disminuyen los retrasos no se generan tiempos en standby de la plataforma y/o del taladro de reacondicionamiento representativos, y por ende no hay costos adicionales que es lo que se busca.

Al disminuir el tiempo de manejo continuo de un conductor también se aplican medidas de seguridad para el chofer que disminuyen la probabilidad de accidentes por fatiga o cansancio.

Método de Control

Para un seguimiento adecuado de la propuesta de solución o mejora para disminuir los tiempos de retraso en las entregas de las bombas electrosumergibles una vez que sea aplicada, es importante determinar dos indicadores que muestren la eficiencia del proceso de entrega.

- **Seguimiento de Entregas Base Coca**

El primer indicador de eficiencia corresponde al seguimiento de entregas de las bombas a tiempo en la Base de la ciudad del Coca, el objetivo del indicador es mostrar la eficiencia del proceso de entrega mensualmente para lo cual se contabiliza las entregas a tiempo y a la vez los retrasos. Cabe reiterar que la llegada de los equipos electrosumergibles debe realizarse el fin de semana previo a la semana donde la bomba será instalada, lo que se considerará a tiempo, si la entrega no es realizada el fin de semana se considerará como retraso.

El coordinador de logística de transporte de la empresa Prestadora de Servicios del ensamblaje de las bombas, es el encargo de registrar la llegada de los equipos y contabilizar las entregas a tiempo y los retrasos utilizando la tabla 10. a continuación:

Tabla 10. Registro de Entregas

MES	A TIEMPO	RETRASOS	TOTAL ENTREGAS	% EFICIENCIA
Enero	3	1	4	75%
Febrero	5	0	5	100%
Marzo	4	0	4	100%
Abril	3	1	4	75%
Mayo	4	0	4	100%
Junio	3	0	3	100%
Julio	4	0	4	100%
Agosto	5	1	6	83%
Septiembre	3	0	3	100%
Octubre	3	1	4	75%
Noviembre	4	1	5	80%
Diciembre	2	0	2	100%

Elaborado por: Valeria Guerra

Como podemos visualizar la columna uno representa el mes, la columna 2 el total de bombas entregadas en la Base a tiempo, columna 3 total de bombas entregadas con demoras, columna 4 total de bombas entregadas en el mes y finalmente la columna 5 que representa la eficiencia del proceso de entrega.

Un ejemplo gráfico de cómo se visualizará el indicador se muestra en la figura 11. a continuación, donde se evidencia claramente el número de entregas a tiempo y retrasos por mes, acompañados por la eficiencia del proceso de entrega en la parte superior. El gráfico del seguimiento del proceso de las entregas de los equipos electrosumergibles es construido en base a la tabla 10.

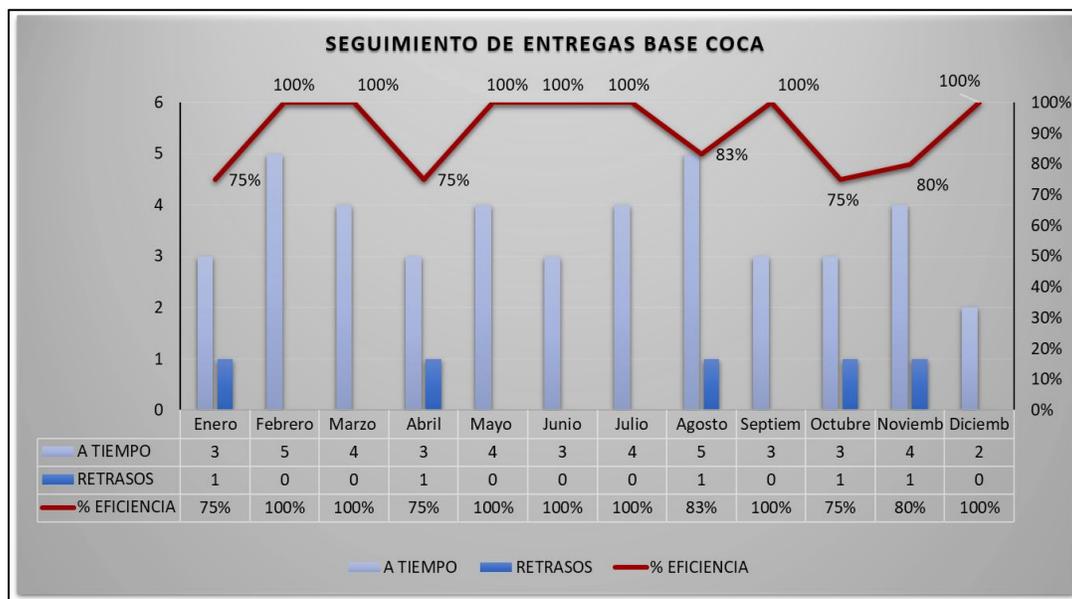


Figura 11. Seguimiento de Entregas Base Coca

Elaborado por: Valeria Guerra

Los meses donde el proceso de entrega no alcanzó el 100%, deberá ser justificado por la empresa Prestadora de Servicio, es decir motivo por el cual el equipo no fue enviado en el fin de semana previo a la instalación.

- **Seguimiento de Entregas en Locación**

El segundo indicador de eficiencia corresponde al seguimiento de entrega de las bombas a tiempo en la locación de la empresa Operadora, el objetivo del indicador es mostrar la eficiencia del proceso de entrega mensualmente para lo cual se contabiliza las entregas a tiempo y a la vez los retrasos. Cabe reiterar que la llegada de los equipos electrosumergibles debe realizarse al menos con 24 horas antes de la instalación, lo que se considerará a tiempo y caso contrario será retraso.

El ingeniero de producción de la empresa Operadora, es el encargo de registrar la llegada de los equipos, contabilizar las entregas a tiempo y retrasos utilizando la tabla 11.

Tabla 11. Registro de Entregas

MES	A TIEMPO	RETRASOS	TOTAL ENTREGAS	% EFICIENCIA	HORAS DE RETRASO	COSTO ECONÓMICO
Enero	3	1	4	75%	14	\$5.404
Febrero	4	1	5	80%	0	
Marzo	4	0	4	100%	0	
Abril	4	0	4	100%	17	\$6.562
Mayo	4	0	4	100%	0	
Junio	3	0	3	100%	0	
Julio	4	0	4	100%	0	
Agosto	5	1	6	83%	18	\$6.948
Septiem	3	0	3	100%	0	
Octubre	4	0	4	100%	6	\$2.316
Noviemb	4	1	5	80%	5	\$1.930
Diciemb	2	0	2	100%	0	

Elaborado por: Valeria Guerra

Como podemos visualizar la columna uno representa el mes, la columna 2 el total de bombas entregadas en la Base a tiempo, columna 3 total de bombas entregadas con demoras, columna 4 total de bombas entregadas en el mes, columna 5 representa la eficiencia del proceso de entrega, columna 6 registra el número de horas de retraso que representan horas de standby del taladro de reacondicionamiento y finalmente la columna 7 que representa el costo económico

de las horas mencionadas, para este cálculo se estimó la hora en standby en \$386 dólares.

Un ejemplo gráfico de cómo se visualizará el indicador se muestra en la figura 12. a continuación, donde se evidencia claramente el número de entregas a tiempo y retrasos por mes, acompañados por la eficiencia del proceso de entrega en la parte superior. El gráfico del seguimiento del proceso de las entregas de los equipos electrosumergibles es construido en base a la tabla 11.

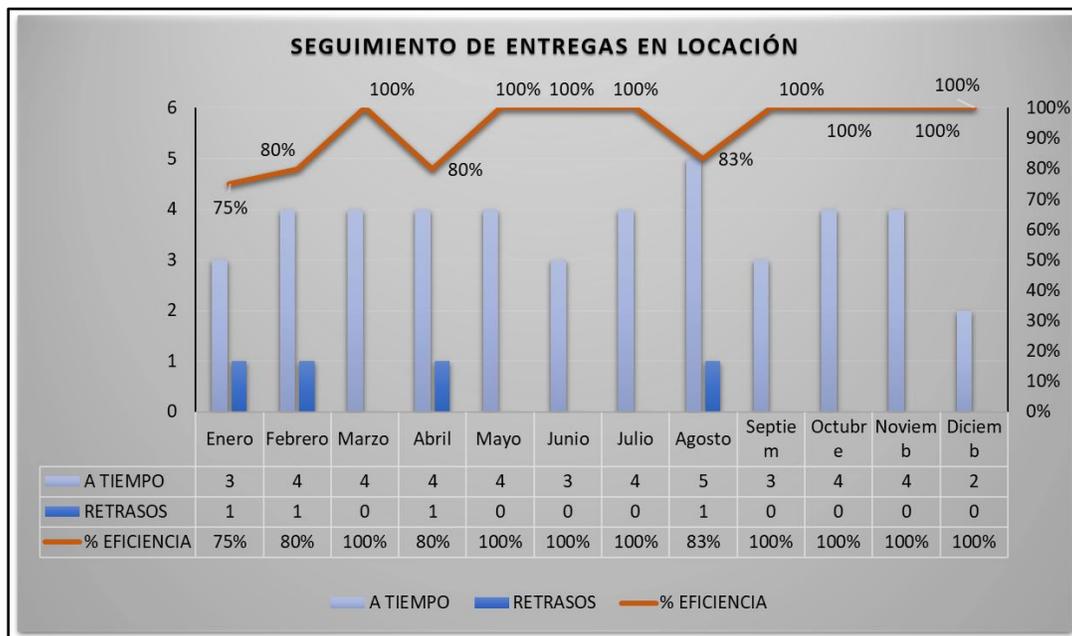


Figura 12. Seguimiento de Entregas en Locación

Elaborado por: Valeria Guerra

Los meses donde el proceso de entrega no alcanzó el 100%, deberá ser analizado y buscar las causas que originaron que las entregas no se realicen a tiempo. Para esto se utilizará una hoja de registro más detallada en donde se deberá asignar una causa que justifique el retraso por cada equipo.

Pues si bien puede existir retraso en la entrega de un equipo en el primer indicador Seguimiento de Entregas Base Coca, no significa que se tendrá retraso también en el segundo indicador Seguimiento de Entregas en Locación, o de manera viceversa.

Al tener estos dos indicadores nos permite tener un mejor seguimiento de donde falló el proceso de entrega.

Adicionalmente también se elaborará la figura 13. a continuación que permite visualizar los costos económicos del total de horas en standby que corresponden a los retrasos por cada mes. De esta manera también se puede medir económicamente los retrasos en las entregas de los equipos electrosumergibles.



Figura 13. Costo Económico -Horas de Retraso

Elaborado por: Valeria Guerra

Las horas que generan costos económicos adicionales a la instalación de los equipos electrosumergibles son las horas de demora que se registra en el segundo indicador y como ya se mencionó para poder llevar un mayor seguimiento a la causa de estos retrasos y tomar acciones se utilizará una hoja de registro tabla 12. que se

presenta a continuación. Se establecieron 5 causas posibles a asignar y deberán ser respetadas:

- ✓ Cruce de gabarra
- ✓ Paros de la comunidad indígena
- ✓ Derrumbes u obstaculizaciones en la vía
- ✓ Mal clima durante el trayecto en la vía
- ✓ Problemas mecánicos de gabarra o plataforma

Nótese que estas causas corresponden al trayecto desde el puerto previo al cruce de la gabarra.

Tabla 12. Seguimiento de Entregas de Equipos en Locación

Nombre Pozo Well	Pump			Retraso	Tiempo de Retraso / H	Causa	Descripción
	Stg	Model	Serie				
Iro A-18	118	X47	538	X	18	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable
Iro A-19	402	X17,5	400				
Iro 16	52	HC12500	675				
Amo A-4 BT	206	E1000	400	X	24	Derrumbes	Derrumbes en la vía
Amo A-104	26	HC12500	675				
Amo B-20	252	X7	400				
Daimi 1	156	P35	400				
Ginta B-27	282	E1000	400	X	12	Paros de la comunidad	Obstaculización de paso por comunidad Woorani
Dabo S1	234	P35	400				
Amo B-4S	132	X80	538				
Amo B-4l	238	X10	400	X	24	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable
Iro A-15	42	HC12500	675				
Iro A-56 re-run	118	X80	538				
Iro A-9	238	X10	400	X	6	Derrumbes	Derrumbes en la vía.
Daimi A-10	270	X7	400	X	4	Cruce de Gabarra	Mala coordinación en reserva de cruce.
Daimi A-22	118	X47	538				
Amo A-7 Ui	244	E1000	400				
Cap A-1	42	HC12500	675	X	12	Derrumbes	Derrumbes en la vía.
Amo C-6	26	HC20000	675				
Amo A-12	282	E1000	400				
Tiv 04	216	P60	400				
Tiv 01	118	X47	538				
Tiv A-3	104	P23	538	X	24	Daño de Gabarra	Problemas mecánicos de gabarra
Iro B-16	42	HC12500	675				
Iro 15	32	HC12500	675				
Dabo 1	103	E1000	400				
Amo C23	26	HC12500	675	X	19	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable
Ginta B-16RE1	79	X47	538				
Daimi B-12	26	HC12500	675				
Amo A-112	42	HC12500	675				
Amo B-21	138	X47	538				
Ginta A-50	366	X17,5	400				
Ginta A-14	138	X47	538	X	7	Cruce de Gabarra	Alta demanda de cruces, mala coordinación.
Wati 5	42	HC12500	675	X	8	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable
Amo B-19	270	X7	400				
Amo B-11	270	X7	400	X	13	Cruce de Gabarra	Condiciones del río, gabarra no operable

Elaborado por: Valeria Guerra

Para que el método de control propuesto se cumpla una vez que se establezca la propuesta de mejora, se procederá previamente a establecer un nuevo adendum en el contrato de las bombas electrosumergibles que se tiene con la empresa Prestadora de Servicio. Dicho adendum corresponderá al tiempo de entrega de los equipos en la locación, estableciendo el cumplimiento de la propuesta planteada en este proyecto.

10. Conclusiones y Recomendaciones

10.1. Conclusiones

- La propuesta de mejora sugerida para disminuir los tiempos de entrega de bombas electrosumergibles realizada mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, permitirá disminuir los costos económicos generados por las demoras.
- La metodología Lean Six Sigma reduce la variabilidad del proceso de entrega debido a que identifica y elimina todos los aspectos y factores que perjudican para que el proceso no sea eficaz.
- Mediante la herramienta de Ishikawa y Pareto se pudo identificar que las causas raíz de las demoras en los tiempos de entrega de las bombas electrosumergibles corresponden a factores ambientales y con el método empleado para la coordinación en la logística de entregas.
- Los factores ambientales y la mala coordinación perjudican principalmente para cumplir con los horarios del cruce de la gabarra, pues generan tiempos de espera no productivos.
- En el caso de los factores ambientales, al ser impredecibles, lo que se plantea es contar un mayor tiempo de soporte para el cruce, es decir que, si las

entregas estaban planificadas para llegar 24 horas antes a la locación respectiva, ahora los equipos serán trasladados el fin de semana previo a la instalación hasta la Base de la empresa Prestadora de Servicio en la ciudad del Coca, y 32 horas antes de la instalación serán despachadas desde este punto hacia el puerto para el primer cruce, de manera que el riesgo de registrar demoras es muy bajo.

- La logística planteada como propuesta de mejora disminuye las horas de viaje continuo previo a la instalación de 14 horas a 7.5 horas, es decir a la mitad del tiempo actual y lo cual a la vez disminuye considerablemente la probabilidad de tener un mayor número de incidentes o acontecimientos que generen los retrasos.
- Al eliminar o disminuir los retrasos no se generan tiempos en standby de la plataforma y/o del taladro de reacondicionamiento representativos, y por ende no hay costos adicionales.
- Al disminuir el tiempo de manejo continuo de un conductor también se aplican medidas de seguridad para el chofer que disminuyen la probabilidad de accidentes por fatiga o cansancio.
- El proceso actual de logística para el cruce de la gabarra tiene una mala coordinación pues carece de una planificación, por ello la propuesta de mejora del proyecto incluye una planificación semanal que registre los vehículos a trasladar y a la vez asigne horarios dando prioridad a las plataformas que transportan los equipos electrosumergibles.
- Dentro de la herramienta DIMAIC como último punto se debe establecer un método de control o seguimiento, de manera que se asegure que la mejora sea perdurable en el tiempo al tener un mejor control de las entregas. De manera que se ha propuesto dos indicadores de seguimiento: Seguimiento de Entregas Base Coca y Seguimiento de Entregas en Locación.

- Los dos indicadores propuestos permiten tener un mejor control del proceso pues cada uno de ellos está asignado al seguimiento y control de una parte trayecto respectivamente.
- El establecimiento de un nuevo adendum en el contrato asegura que la propuesta de mejora para la entrega de las bombas electrosumergibles se cumpla por parte de la empresa Prestadora de Servicio, de manera que se tendrá una probabilidad muy baja de tener demoras y por ende costos económicos adicionales.

10.2.Recomendaciones

- Se debe cumplir con la realización de la planificación semanal para la operación de la gabarra, de manera que se asegure el cruce de la plataforma que transporta los equipos electrosumergibles en el primer cruce.
- El seguimiento de los indicadores debe ser realizado mensualmente por parte del personal asignado de manera que se muestre los resultados reales al final de mes, y de ser el caso de presentarse demoras analizar nuevamente el proceso.
- La empresa Prestadora de Servicio debe comprometerse a que los equipos sean enviados el fin de semana previo a la instalación para que la propuesta de mejora sugerida sea aplicada y se obtengan los resultados esperados.
- Previo el ingreso de las plataformas al puerto, la empresa Prestadora de Servicio debe asegurarse que el conductor y el vehículo cuenten con toda la reglamentación en regla que solicita la Operadora para el cruce, de manera que se evitan contratiempos y por ende demoras.

- Se sugiere que el personal transportista de la plataforma cuente con la experiencia necesaria para manejar en el tipo de terreno dentro del Parque Nacional Yasuní, y tenga conocimiento de la reglamentación que se aplica.

11. Referencias bibliográficas

Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma.

Camacho, R. P., & Grosso, J. L. (2003). Criterios para la selección del sistema de levantamiento artificial para crudos pesados y extrapesados. *Fuentes: El reventón energético*, 3(1), 2.

50Minutos (2016). El método seis sigma: Mejore los resultados de su negocio. Lemaitre Publishing.

50Minutos (2016). El diagrama de ishikawa : Solucionar los problemas desde su raíz. Lemaitre Publishing.

50Minutos (2016). *El principio de pareto : Optimice su negocio con la regla del 80/20*. Lemaitre Publishing.

Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.

Hernández-Díaz, N., Yelandy-Leyva, M., & Cuza-García, B. (2013). Modelos causales para la Gestión de Riesgos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 7(4), 58-74.

Ishikawa, K. (2013). Diagrama de Ishikawa. Obtenido de http://www.academia.edu/download/45800691/Diagrama_de_Ishikawa.pdf.

Maroto Llerena, H. L., & Vinlasaca Viera, D. E. (2012). *Estudio para Optimizar el Sistema de Bombeo Electrosumergible en la Producción dePetróleo en el Área Libertador* (Bachelor's thesis, Quito, 2012.).

Olmedo Alba, N., & Castelblanco Cano, E. M. (2012). Metodología Lean Seis Sigma aplicada a un proceso de manufactura (Bachelor's thesis, Universidad EAN).

Socconini, L., & Escobedo, E. (2021). *Lean Six Sigma Green Belt, paso a paso*. MARGE BOOKS.

Taghizadegan, S., & Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of lean six sigma*. Elsevier Science & Technology.

Yadav, G., & Desai, T. N. (2016). Lean Six Sigma: a categorized review of the literature. *International Journal of Lean Six Sigma*.

Anexos

Anexo 1. Matriz de Priorización de Metodologías

	CARACTERÍSTICAS A EVALUAR											PONDERACIÓN
Escala de 1 a 5 1 el valor mínimo 5 el valor máximo	Mejora enfocada en el cliente	Flujo de Valor	Mejora Continua	Reducción de la Variación	Controlar el Proceso	Reducir tiempos de Entrega	Reducir Costos de Operación	Estandarización de procesos	Eliminar Desperdicios	Analizar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas	Servicio o producto de calidad, eficacia de un proceso sin defectos.	
METODOLOGÍA												
<i>Lean Six Sigma</i>	5	4	4	4	5	4	4	5	5	3	5	48
<i>Gestión de Procesos</i>	5	3	4	3	3	4	4	3	3	5	3	40

