UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADO

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN* EN EL PROCESO DE SERVICIO DE MARTILLOS DE PERFORACIÓN DEL SEGMENTO DT&R DE SCHLUMBERGER VENEZUELA, S.A. – MATURÍN

Autora:
Verónica Isabel Orta León

Tutor Académico:
MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial:
Ing. David Carrión

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DE 2014

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN* EN EL PROCESO DE SERVICIO DE MARTILLOS DE PERFORACIÓN DEL SEGMENTO DT&R DE SCHLUMBERGER VENEZUELA, S.A. – MATURÍN

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADO

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN* EN EL PROCESO DE SERVICIO DE MARTILLOS DE PERFORACIÓN DEL SEGMENTO DT&R DE SCHLUMBERGER VENEZUELA, S.A. – MATURÍN

Trabajo de Grado presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO INDUSTRIAL**

MSc. Ing. Iván Turmero
Tutor Académico

Ing. David Carrión
Tutor Industrial

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DE 2014

Orta León, Verónica Isabel

"**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN* EN EL PROCESO DE SERVICIO DE MARTILLOS DE PERFORACIÓN DEL SEGMENTO DT&R DE SCHLUMBERGER VENEZUELA, S.A. – MATURÍN**"

Págs. 120

Trabajo de Grado

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre". Vice-Rectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial.

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. David Carrión

Ciudad Guayana, Octubre de 2014

Capítulos: I. El Problema. II. Generalidades de la Empresa. III. Marco Teórico. IV. Diseño Metodológico. V. Diagnóstico. VI. Situación Propuesta. Conclusiones. Recomendaciones. Bibliografía.

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por el Comité de Trabajo de Grado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Vice-Rectorado Puerto Ordaz, para evaluar el Trabajo de Grado presentado por la bachiller **VERÓNICA ISABEL ORTA LEÓN**, portadora de la Cédula de Identidad Nº **V-23.519.103**, titulado: "**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN* EN EL PROCESO DE SERVICIO DE MARTILLOS DE PERFORACIÓN DEL SEGMENTO DT&R DE SCHLUMBERGER VENEZUELA, S.A. – MATURÍN**", para optar al título de **INGENIERO INDUSTRIAL**; consideramos que dicho informe cumple con los requisitos exigidos, a tal efecto lo declaramos **APROBADO**.

En Ciudad Guayana, a los 23 días del mes de Octubre de 2014.

MSc. Ing. Iván Turmero	Ing. David Carrión
Tutor Académico	**Tutor Industrial**
MSc. Ing. Mirella Andara	Ing. Emerson Suárez
Jurado Evaluador	**Jurado Evaluador**

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DE 2014

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen Del Valle por cubrirnos con su manto.

A mi papi Alexis, mi mami Romelia y a mi hermanito Carlos Alexis.

A mi Mamá Elia y mi Papá Manuel.

A toda mi familia, sin ustedes nada de esto hubiera pasado.

Los amo inmensamente.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por otorgarme el don de la vida. Por bendecirme, cuidarme, guiarme e iluminarme en cada paso que doy.

A mis padres, Alexis y Romelia y a mi hermano Carlos Alexis, por ser los pilares fundamentales en mi vida. Siempre agradecida con Dios por tenerlos conmigo y por su apoyo incondicional. Gracias por creer en mí. Los amo.

A mi mamá Elia, por siempre estar allí conmigo cuando la necesito y a mi papá Manuel, que desde el cielo está iluminando y bendiciendo mi camino, te extraño y los amo.

A toda mi familia: Tíos, padrinos, primos, sobrinos; gracias por ser quienes son. Los amo familia. Son la mejor familia que alguien pudiera tener y me siento bendecida de estar y compartir con ustedes cada momento. Ustedes son todo para mí.

A mi Alma Mater, la UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz; por abrirme sus puertas para poder formarme como Ingeniero Industrial y cumplir un sueño, convertirme en una profesional con principios y valores para poner en alto su nombre.

A mis profesores (tanto del básico como del Departamento de Ingeniería Industrial), quienes pusieron lo mejor de ellos a través de su proceso de enseñanza para lograr esta meta.

A mi tutor académico MSc. Ing. Iván Turmero, por sus excelentes orientaciones en clases para la construcción de nuestro conocimiento, así como también el apoyo y sus puntuales consejos durante la elaboración tanto de la Práctica Profesional como del Trabajo de Grado. Gracias Profe, se le aprecia. Dios lo bendiga.

A mi tutor industrial Ing. David Carrión y a todo el equipo de trabajo del segmento DT&R de la empresa Schlumberger Venezuela, S.A. – Maturín; por permitirme realizar mi trabajo en sus instalaciones y por todo su apoyo y orientaciones a lo largo de estas 24 semanas.

A mis tíos Luis y Gladys, a María E. y Lismar C.; por acogerme en su casa y hacerme sentir como en la mía durante esta época de mi vida. Gracias por su apoyo y solidaridad. Dios se los pague.

A mis tíos Negar y Luz, por apoyarme durante mi estadía en Maturín. Gracias tíos.

A mi grupo universitario de amigos la peque Andrea, Eunice, Jhessica y Luis. Los quiero mucho chicos. Gracias por estar conmigo, por ser mi equipo de trabajo durante esta carrera y por todos los momentos que compartimos dentro y fuera de los salones de Industrial; no hubiese sido lo mismo sin ustedes. ¡Vamos equipo Luis! Ustedes son geniales.

A mis amigos José Rafael, Alfonsina, Eduardo, Andreina y Luis Francisco. Gracias por todas sus palabras de aliento y por apoyarme en cada una de las situaciones que se presentaron durante toda la carrera, los altos y bajos, las angustias y alegrías; de cada uno de ustedes aprendí algo. Los quiero.

A todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron para que esta meta se pudiera hacer realidad,

¡GRACIAS TOTALES!

Orta León, Verónica Isabel (2014). **Aplicación de la metodología *Lean* en el proceso de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R de Schlumberger Venezuela, S.A. – Maturín.** Trabajo de Grado. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre" Vice-Rectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial. Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero. Tutor Industrial: Ing. David Carrión.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito la aplicación de la metodología *Lean* en el proceso de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R de Schlumberger Venezuela, S.A. – Maturín. Es una investigación de tipo descriptiva, proyectiva y evaluativa, de diseño de campo no experimental y documental; enfocándose en la descripción e interpretación del proceso mediante informaciones obtenidas directamente de la realidad utilizando la observación directa y entrevistas no estructuradas, sin controlar ni manipular ninguna variable. A través del diagnóstico actual del problema, se determinaron los elementos claves del mismo con el uso de las técnicas de *Lean* para su posterior análisis; donde, una vez evaluadas todas las características intrínsecas, se presenta un nuevo método de trabajo, basado en la filosofía *Lean* con la finalidad de optimizar el proceso de servicio y aumentar su eficiencia; de igual manera se proponen planes de auditoría y controles visuales para sostener la mejora continua.

PALABRAS CLAVES: Aplicación, *Lean*, proceso, servicio, Schlumberger, método de trabajo, eficiencia, planes de auditoría, controles visuales, mejora continua.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULOS **Página**

DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTOS vii
RESUMEN ix
ÍNDICE GENERAL x
ÍNDICE DE FIGURAS xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS xv
ÍNDICE DE TABLAS xvi

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA **4**
Planteamiento del Problema 4
Objetivo General 6
Objetivos Específicos 6
Justificación 7
Delimitación 7

CAPÍTULO II: GENERALIDADES DE LA EMPRESA **8**
Reseña Histórica 8
Misión 10
Visión 10
Estructura Organizativa 10
Política de Calidad, Salud, Seguridad y Medio Ambiente (QHSE) 12

Objetivos 13
Valores 14
Ambiciones 14
Servicios 15

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO 16
Antecedentes 16
Bases Teóricas 18
Lean 18
Historia de *Lean* 20
Principios de *Lean* 23
Desperdicio según *Lean* 23
Herramientas de *Lean* 25
Diagrama SIPOC 25
Diagrama de *Spaguetti* 26
Diagrama *Swimlane* 27
Mapa de la Corriente de Valor 27
Diagrama de Pareto 28
5S 29
Disposición *Lean* 30
Sistema *Pull* y *Kanbans* 30
Layout 32
Kaizen 32
DMAMC 33
Martillos de Perforación 33
Funcionamiento 35
Tipos de martillos 36
Definición de Términos Básicos 39

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO **41**
Tipo de Investigación 41
Diseño de Investigación 42
Unidades de Análisis (Población y Muestra) 42
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 43
Procesamiento de la Información 44
Análisis de la Información 44
Procedimiento Metodológico 44

CAPÍTULO V: DIAGNÓSTICO **46**
Situación Actual 46
Diagrama SIPOC 47
Diagrama *Swimlane* 50
Diagrama de *Spaguetti* Actual 52
VSM Actual 58
Análisis General 67

CAPÍTULO VI: SITUACIÓN PROPUESTA **71**
Propuesta de Trabajo 71
Herramientas de *Lean* a Aplicar 72
Layout propuesto 72
Diagrama de *Spaguetti* propuesto 73
VSM propuesto 77
Aplicación de las 5S's 83
Sistema *Pull* y *Kanbans* 87
Estructura de la Propuesta 88
Análisis de Viabilidad 88
Análisis de las Mejoras 89
Plan de Auditoría y Control 90

Estimación del Impacto de la Propuesta 95

CONCLUSIONES **99**
RECOMENDACIONES **101**
BIBLIOGRAFÍA **102**

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA **Página**

2.1. Estructura Organizativa del segmento DT&R Maturín 11
2.2. Fachada del segmento DT&R Maturín 15
3.3. Granularidad del proceso 20
3.4. Sistema de producción de Mejoramiento Continuo de Toyota 22
3.5. Acrónimo D-O-W-N-T-I-M-E 24
3.6. Modelo del diagrama SIPOC 26
3.7. Símbolos del VSM 28
3.8. Modelo del diagrama de Pareto 29
3.9. Mecanismos de atascamiento de la tubería 35
3.10. Arreglo de martilleo 36
3.11. Herramienta *Hydra-Jar* AP 38
5.12. Diagrama SIPOC 49
5.13. Diagrama *Swimlane* 51
5.14. *Layout* actual del taller de DT&R 53
5.15. Diagrama de *Spaguetti* actual 54
5.16. Mapa de la corriente de valor actual 65
6.17. *Layout* propuesto del taller de DT&R 74
6.18. Diagrama de *Spaguetti* propuesto 75
6.19. Mapa de la corriente de valor propuesto 81
6.20. Área cercana a la Máquina de Torque 85
6.21. Área de trabajo de la Máquina de Torque 85
6.22. Área cercana a la Máquina de Torque (continuación) 86
6.23. Hoja de evaluación de las 5S's del sitio de trabajo 93
6.24. Gráficas de la auditoría de 5S's 94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO **Página**

5.1. Diagrama de Pareto de Movimientos vs. Distancias 57
5.2. Diagrama de Pareto de Actividades vs. Tiempo 62
5.3. Tiempo total del servicio de martillos actual 66
6.4. Tiempo total del servicio de martillos futuro 82
6.5. Comparación de tiempos 95
6.6. Variación de los tiempos 96
6.7. Variación de las distancias 97

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA **Página**

5.1. Resumen de movimientos y distancias recorridas actual 55
5.2. Movimientos con frecuencias relativas y acumuladas 56
5.3. Tiempos del proceso de servicio actual 59
5.4. Actividades con frecuencias relativas y acumuladas 61
5.5. Estallidos *kaizen* en el VSM actual 64
5.6. Tiempo total del servicio de martillos actual..... 66
6.7. Resumen de movimientos y distancias recorridas propuesto 76
6.8. Tiempos del proceso de servicio propuesto..... 77
6.9. Propuesta de solución a los *kaizen* del VSM actual..... 80
6.10. Tiempo total del servicio de martillos propuesto 82
6.11. Indicadores de *Lean* 91

INTRODUCCIÓN

La mejora continua es una parte importante de los Sistemas de Gestión de Calidad que permite mejorar la eficiencia en la producción de bienes y servicios y lograr una cultura de mejoramiento permanente. Según Deming (1986), “se debe mejorar siempre y constantemente el sistema de producción y servicios, para mejorar la calidad y la productividad, y por lo tanto, se reduzcan constantemente sus costos” (p.23).

La mejora continua se aplica a partir del uso de metodologías sistemáticas que, utilizadas por equipos multidisciplinarios, permiten detectar las causas de los problemas que afectan los resultados de una entidad, posibilitando el desarrollo de planes de acción que solventen dichos problemas. Uno de los logros más importantes de la mejora continua consiste en que se mejoran las relaciones con el personal, ya que todos se involucran en el ciclo de analizar los problemas que impiden mejorar y se comprometen en su solución.

Para identificar la necesidad de mejora, se debe determinar si algún componente (procesos, equipos, actividad, entre otros) no cumple con los requisitos de calidad establecidos, o bien, si se requiere la introducción de nuevos elementos de acuerdo con necesidades de los clientes, leyes o normas publicadas recientemente, etc. Esto también aplica si la organización simplemente quiere continuar con el ciclo de mejora.

Dentro del mismo marco de ideas, todos los países industrializados del mundo se han mantenido en una carrera constante desde la crisis industrial de los años cincuenta para mantenerse en los primeros lugares y han aplicado muchas estrategias de mejora continua para llegar a ser compañías de clase mundial. Es un mito creer que estas herramientas de mejora

representan altos costos para las compañías, puesto que realmente, esto significa una inversión para la misma, que poco a poco se recuperará y traerá beneficios, principalmente, en la cultura organizacional.

Una de las estrategias de mejora continua que existen hoy en día es *Lean*, la cual es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los desperdicios en los sistemas de producción, donde se incluyen herramientas como procesos continuos de análisis (*kaizen*), sistemas *pull*, y elementos y procesos a prueba de fallos (*poka yoke*).

La aplicación de un sistema moderno de administración como *Lean*, permite una mayor eficiencia sobre el sistema de producción, ya que se logra una producción más limpia, a través de herramientas como los anuncios visuales, balanceo de líneas, entre otros.

En este sentido, la investigación busca aplicar la metodología *Lean* en el proceso de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R de Schlumberger Venezuela, S.A., que es una compañía proveedora de servicios petroleros a través de tres grupos conocidos como Caracterización de Reservorios, Perforación y Producción; con el fin de disminuir los desperdicios y optimizar las operaciones de tal forma que se puedan obtener tiempos de espera más cortos, mejor calidad y mayor productividad.

El desarrollo del informe está estructurado de la siguiente manera:

- **Capítulo I**: El Problema. Donde se explica la problemática existente, se formulan los objetivos y se justifica y delimita la investigación.
- **Capítulo II**: Generalidades de la Empresa. Presenta la descripción y funcionalidades de la empresa en cuestión, así como de los servicios prestados.

- **Capítulo III**: Marco Teórico. Contiene los antecedentes de la investigación, los aspectos teóricos utilizados como herramienta y sustento del estudio realizado y la definición de términos básicos.
- **Capítulo IV**: Diseño Metodológico. Se describe la metodología detallando el tipo y diseño de investigación, unidades de análisis, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento y análisis de la información así como el procedimiento utilizado.
- **Capítulo V**: Diagnóstico. Incluye la descripción del método de trabajo actual utilizado por la compañía, evidenciada mediante la observación directa y representada por los distintos diagramas de *Lean*. De igual forma, contiene el análisis respectivo de este método.
- **Capítulo VI**: Situación Propuesta. En la cual se describe el método de trabajo propuesto resultante de la aplicación de los análisis de *Lean* y su representación en los distintos diagramas; además, se detallan los controles visuales y planes de auditoría propuestos para garantizar que el proceso cumpla consistentemente con los requerimientos establecidos.

Por último, se redactan las conclusiones acorde a la investigación para luego establecer las recomendaciones que ayuden a mejorar la problemática planteada y las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

A continuación, se plantea la problemática existente en el segmento DT&R de Schlumberger Venezuela, S.A. – Maturín, así como también los objetivos de la investigación, su justificación y delimitación.

Planteamiento del Problema

Schlumberger Venezuela, S.A., (Slb) es una compañía de tecnología global de servicios petroleros, manejo de proyectos y desarrollo de soluciones, comprometida con el desarrollo de servicios que optimicen el desempeño operativo del cliente. Por tanto, es éste último el elemento sobre el cual se centra la mayor atención en cuanto a la cultura desarrollada para el entendimiento de los procesos y normas de trabajo que permitan proporcionar un servicio de calidad. La organización se encarga de brindar todo tipo de servicios y soporte técnico a las compañías operadoras de pozos petroleros en Venezuela y el resto del mundo, además de tecnología, productos y servicios; todo esto enmarcado en una filosofía de calidad y protección al medio ambiente.

Para lograr sus objetivos, Slb está comprendida en varios segmentos, de los cuales se pueden nombrar: Completaciones, Herramientas de Perforación y Remediales, Intervención de Pozos, Levantamiento Artificial, Mechas y Tecnología Avanzada, M-I SWACO, Perforaciones y Mediciones, Servicios de Pozo, Servicios de Prueba, entre otros.

El segmento Herramientas de Perforación y Remediales (*Drilling Tools & Remedial* – DT&R) es un proveedor a nivel mundial de productos y servicios para la exploración, producción y desarrollo de la industria petroquímica y otros mercados de la industria del gas y petróleo. Se encarga de alquilar o prestar servicios de herramientas de pesca e impacto, tubulares, entre otros; así como de vender y prestar servicios de herramientas de desviación, etc.

Tal y como se mencionaba anteriormente, Slb y sus segmentos están enfocados y comprometidos con el cliente con el fin de proporcionarle un servicio de calidad a los mismos; sin embargo, en los últimos años, DT&R ha presentado una baja disponibilidad en cuanto a las herramientas de impacto, específicamente en el servicio de martillos de perforación, por lo que no se cubre en su totalidad la demanda de los clientes.

La principal causa de esta situación es que el tiempo que se requiere para realizar el proceso de servicio es muy extenso, lo cual no permite el cumplimiento del programa de planificación de dicho segmento, trayendo como consecuencia retrasos al momento de la entrega del servicio así como también pérdidas de ingreso a la compañía ya que los clientes, vista la situación anterior, pueden prescindir de los servicios de Slb y requerir los de la competencia.

Es por ello que, este segmento se encuentra en la búsqueda de un liderazgo comprometido, tanto para aprender y mejorar, como para asumir filosofías que impulsen de una manera definitiva la investigación de la excelencia de acciones favorables al desarrollo del mismo. En este sentido, se hace necesario que DT&R adquiera y utilice herramientas para optimizar sus actividades productivas ya que con el transcurrir del tiempo, los costos van aumentando y los márgenes de ganancia se van reduciendo; de allí la necesidad de realizar un estudio que solvente el contexto actual presentado.

De continuarse esta situación, afectaría financieramente a la compañía puesto que corre el riesgo de disminuir la efectividad de los servicios (venta y alquiler de martillos de perforación) así como también su credibilidad ya que aumentarían los tiempos de espera para la ejecución del mismo y los clientes podrían estar dispuestos a no requerir de sus servicios. De igual manera, afectaría al personal que labora en el taller, originando mayor cansancio y fatiga al realizar el trabajo, con posibilidad que éste disminuya.

A partir de todo lo expuesto anteriormente, se plantean las siguientes interrogantes: ¿Qué cambios son necesarios en el equipo de trabajo del taller de DT&R?, ¿cuáles procesos de DT&R requieren la inclusión de la metodología *Lean*?, ¿qué herramientas de esta técnica se pueden aplicar en el segmento?, ¿cuáles son los beneficios de establecer *Lean* como filosofía en Schlumberger – Maturín?

Objetivo General

Aplicar la metodología *Lean* en el proceso de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R de Schlumberger.

Objetivos Específicos

1. Definir el proceso de servicio de martillos de perforación.
2. Registrar las métricas de la situación actual del proceso de servicio.
3. Evaluar las variables implicadas en el proceso mediante las técnicas de *Lean*.
4. Identificar las herramientas de *Lean* que apliquen al sistema de acuerdo a las condiciones evaluadas en el proceso.
5. Describir el método propuesto de trabajo según la metodología *Lean*.

6. Proponer alternativas que garanticen la continuidad del método propuesto.
7. Estimar los beneficios en el desempeño del método propuesto de trabajo.

Justificación

La aplicación de la metodología *Lean* es de gran utilidad para el segmento DT&R ya que permite evaluar todos los elementos concernientes al proceso de servicio de martillos de perforación, para así eliminar aquellas fuentes de desperdicio lo que conlleva a reducir notoriamente el tiempo de ciclo y los costos, al tiempo que aumenta el valor de los servicios para el cliente, su productividad y su eficiencia. De igual manera, con la implementación efectiva de esta filosofía, se pretende optimizar este proceso para mejorar la calidad del servicio, lo que contribuye con la cultura de mejoramiento continuo establecida en Slb.

Delimitación

La investigación está enfocada a la aplicación de la metodología *Lean* en el proceso de servicio de martillos de perforación del segmento Herramientas de Perforación y Remediales (DT&R) de Schlumberger Venezuela, S.A., ubicada en la Avenida Alirio Ugarte Pelayo, Sector Las Piñas, Galpón Schlumberger en Maturín, estado Monagas, en un lapso de 24 semanas; con el fin de determinar los problemas en el proceso y mejorarlos.

Para efectos del estudio, el proceso de servicio de martillos de perforación comprende desde el almacenaje de la herramienta que proviene del pozo, su desensamblaje, inspección, ensamblaje, prueba de funcionamiento hasta su preparación final y almacenamiento.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se presenta una breve reseña histórica de la compañía: Su misión, visión, estructura organizativa, política de QHSE, objetivos, valores, ambiciones y los servicios ofrecidos por Schlumberger Venezuela, S.A.

Reseña Histórica

A principio de los años 1900, se comenzaron a realizar los primeros registros de pozos; para ese entonces, la geofísica era una ciencia nueva y para los fines de estudiar la estructura interna de la tierra, se utilizaban los métodos magnéticos. En ese entonces, fue cuando los hermanos Conrad y Marcel Schlumberger concibieron la idea de emplear mediciones eléctricas para cumplir con ese fin.

Conrad y Marcel probaron que la medición en superficie de la resistencia eléctrica podía detectar profundas formaciones minerales bajo tierra. Este principio se aplicó en un pozo para identificar formaciones de petróleo, y fue lo que dio origen a la Sociedad de Prospección Eléctrica (*Societé de Prospection Electrique*) en 1926 y a la exitosa y diversificada corporación internacional que todavía lleva su nombre, Schlumberger.

En 1927 realizaron el primer registro eléctrico de la resistividad de un pozo petrolero en Pechelbron, Francia. Luego, las exploraciones se expandieron hacia Venezuela, India y Rusia. En marzo de 1929 se realizó el

primer registro eléctrico en América, en el Lago de Maracaibo, y en agosto del mismo año se realizó el primer registro en California, Estados Unidos.

Ésta técnica se expandió a nivel mundial, por lo que para 1932 un contrato firmado con la USRR, permitía a la Sociedad de Prospección Eléctrica operar en varios campos petroleros en las áreas de Grozny y Bakú, confirmando el indiscutible interés que el empleo de registro eléctrico había despertado, además de acentuar la presencia de las empresas Schlumberger en el exterior.

Luego de establecer contratos a nivel mundial, en 1934 se fundó Schlumberger *Well Surveying Corporation* en Houston, Texas; donde continuó con sus operaciones así como también se dedicó a la investigación y al desarrollo de la compañía tanto en América como en París, caracterizándose por ser una empresa con una diversa fuerza laboral. En 1957, Slb instituyó su Sede Principal en Houston y se reorganizó a escala como una gran multinacional, denominándose Schlumberger *Limited*, que poseería un mercado y una bolsa común.

Schlumberger ha crecido durante los últimos 70 años, y después de su primer experimento y desde su fundación, este grupo de compañías ha construido una reputación a escala mundial de liderazgo en una variedad de áreas tecnológicas y se ha estructurado y reestructurado continuamente para satisfacer las exigencias de un sector cambiante.

Actualmente, Slb es un proveedor de la industria petrolera con servicios tales como adquisición y procesamiento sísmico, evaluación de formaciones, pruebas de pozos y perforación direccional, cementación de pozo y estimulación, levantamiento artificial, completación de pozos, control de flujo, consultoría y gestión de *software* e información. Así mismo, la compañía se encuentra involucrada en la extracción de agua subterránea e industrias de captura y almacenamiento de carbono.

Misión

Nuestro propósito es ayudar a nuestros clientes optimizando el desempeño de sus campos con producción más eficiente y aumento en la recuperación sin incrementar el costo de levantamiento.

Visión

Ser el principal desarrollador de tecnología y el mejor en su clase en proveer soluciones de valor agregado para optimizar el desempeño de los campos, alcanzando así la excelencia en servicios.

Estructura Organizativa

El segmento DT&R Maturín de Schlumberger cuenta con una estructura organizativa tal y como se muestra en la figura 2.1.

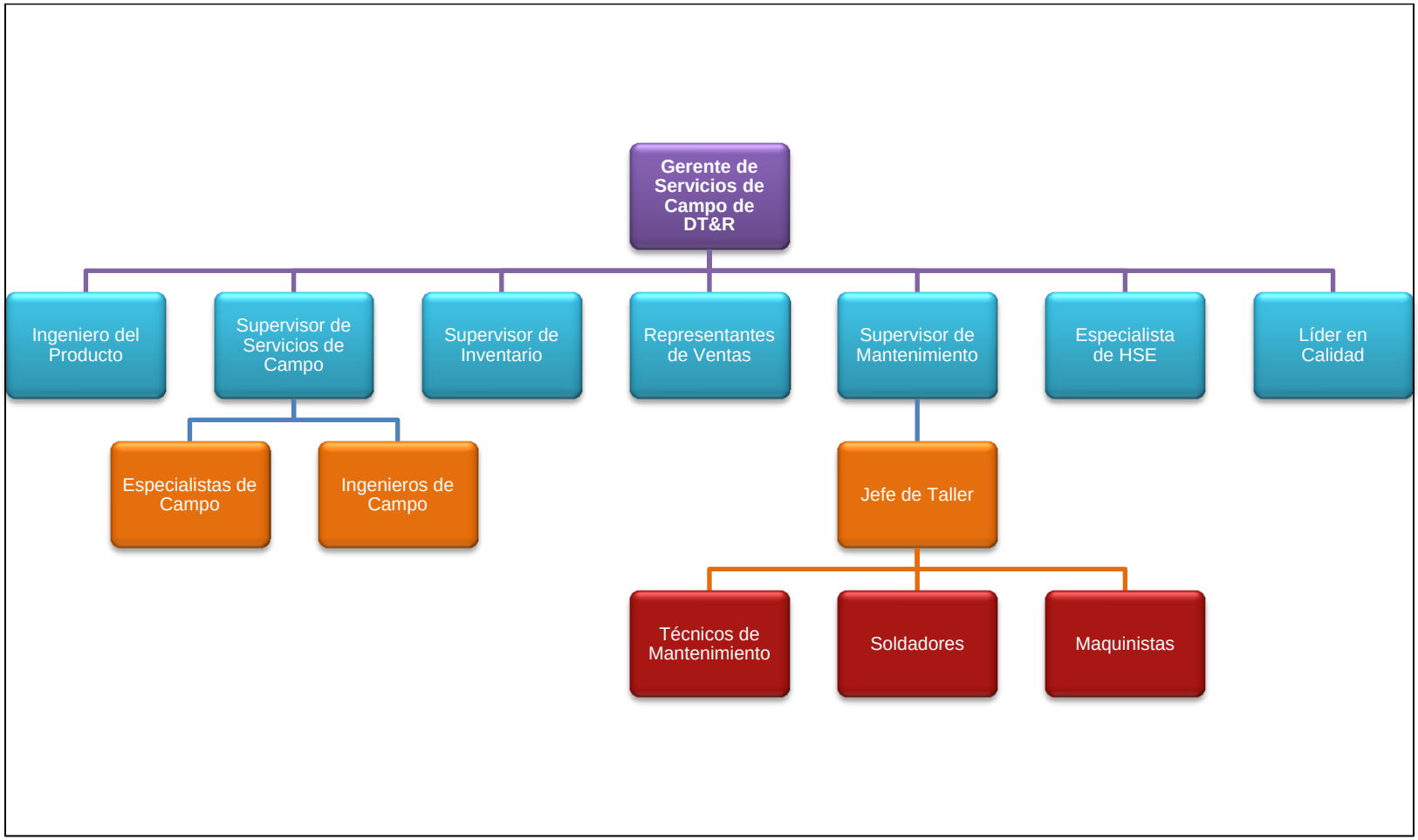


Figura 2.1. Estructura Organizativa del segmento DT&R Maturín

Fuente: Segmento DT&R Maturín de Schlumberger (2014)

Política de Calidad, Salud, Seguridad y Medio Ambiente (QHSE)

El éxito de Schlumberger a largo plazo depende de nuestra habilidad de mejorar continuamente la calidad de nuestros servicios y productos mientras protegemos las personas y el medio ambiente. Se debe hacer énfasis en garantizar la salud de los seres humanos, la seguridad operacional, la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la calidad y el bienestar de la comunidad. Este compromiso lo hemos asumido con el fin de cuidar los intereses de nuestros clientes, empleados, contratistas, accionistas y comunidades en que trabajamos y vivimos.

Schlumberger requiere que todos sus empleados y contratistas se responsabilicen y se comprometan activamente con QHSE. La Gerencia de Línea asume el liderazgo de la comunicación e implementación de las políticas y estándares de QHSE. Estamos comprometidos a:

- Proteger y esforzarnos en mejorar la salud y seguridad de nuestra gente en todo momento;
- Eliminar los incumplimientos de Calidad y los accidentes de HSE;
- Cumplir con los requerimientos especificados por el cliente y garantizar la satisfacción continua del mismo;
- Establecer los objetivos de desempeño de Calidad y HSE, medir los resultados, evaluar y mejorar continuamente la calidad de los procesos, servicios y productos, mediante el uso de un Sistema de Gerencia efectivo;
- Planificar, responder y recuperarnos de cualquier emergencia, crisis e interrupción del negocio;
- Minimizar nuestro impacto en el medio ambiente mediante la prevención de la contaminación, la reducción del consumo de los recursos naturales, la reducción de las emisiones y la reducción y reciclaje de los desechos;

- Aplicar nuestras destrezas técnicas en todos los aspectos de HSE y en el diseño e ingeniería de nuestros servicios y productos;
- Comunicarnos abiertamente con las partes interesadas y garantizar que nuestras políticas, estándares, programas y desempeño de QHSE sean comprendidos. Reconocer el desempeño sobresaliente en QHSE;
- Mejorar nuestro desempeño en temas relevantes y de preocupación general para las partes interesadas, en los cuales podamos tener un impacto, y compartir con estas nuestros conocimientos sobre los programas e iniciativas de QHSE exitosos.

La presente política será revisada regularmente para garantizar continuamente su propiedad. Los compromisos contenidos en la presente Política complementan nuestra obligación básica de acatar los estándares de Schlumberger, al igual que las leyes y reglamentos aplicables en los sitios que operamos. Esto es crucial para el éxito de nuestro negocio porque nos permite minimizar sistemáticamente todas las pérdidas y agregar valor a todas las partes interesadas.

Objetivos

Schlumberger existe para estar al frente de la industria de servicios energéticos, con lo que le permite a los clientes superar los desafíos y mejorar el rendimiento. Nuestra historia y cultura está construida sobre el liderazgo, la ciencia y la innovación. Nuestro objetivo es extender constantemente los límites técnicos de los productos y servicios para campos petrolíferos y marcar el rumbo que los demás deben seguir. Aspiramos a lograr esto actuando como una empresa de servicios independiente, sin adquirir intereses de capital en el desarrollo de las reservas de petróleo y gas y buscando una relación consistente con todos los clientes.

Valores

Schlumberger es una empresa internacional que proporciona productos y servicios para mejorar la productividad de sus clientes. Nuestros valores son:

- **Personal**: Nuestra gente, su motivación y dedicación al servicio del cliente en todo el mundo, dentro de un ambiente seguro y limpio, son nuestra principal riqueza.
- **Tecnología**: Nuestro compromiso con la tecnología y la calidad es el fundamento de nuestra ventaja competitiva.
- **Ganancias**: Nuestra determinación de producir ganancias superiores es la piedra angular para futura independencia de acción crecimiento.

Ambiciones

Pondremos de manifiesto el verdadero valor de la oferta de Schlumberger mediante la búsqueda ininterrumpida de nuestras ambiciones:

- **Crecimiento**: Superar el rendimiento de los mercados en los que elegimos trabajar.
- **Rentabilidad**: Crear un valor inigualable para los accionistas mediante modelos comerciales efectivos y un uso eficiente de los recursos.
- **Integridad**: Vivir de acuerdo con los mismos altos estándares de seguridad y prácticas comerciales, donde sea que trabajemos.
- **Compromiso**: Comprender y superar las expectativas de nuestros clientes, empleados e interesados.

Servicios

Los servicios y productos de los que dispone la compañía son desarrollados y proporcionados bajo la premisa de excelencia en calidad y mejor valor agregado posible, velando por la satisfacción del cliente y contando con la tecnología más avanzada en el campo y la experticia requerida para identificar, desarrollar y manejar hidrocarburos efectivamente.

En este sentido, Slb suministra una amplia gama de productos y servicios desde evaluación de formaciones, perforación direccional, cementación de pozo y estimulación, completaciones de pozo y productividad hasta consultoría, *software*, gerencia de información y servicios de infraestructura de IT que soportan los procesos operativos de las industrias básicas.

Así mismo, el segmento DT&R provee los siguientes productos y servicios: Herramientas de impacto, de perforación, de pesca y de desviación, servicios de tubulares, ampliadores y turbinas de perforación. En la figura 2.2 se puede observar la fachada de DT&R Maturín.

Figura 2.2. Fachada del segmento DT&R Maturín

Fuente: Segmento DT&R Maturín de Schlumberger (2014)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se presentan los antecedentes de la investigación, las bases teóricas que sustentan la ejecución del estudio y la definición de términos básicos.

Antecedentes

Para el desarrollo del estudio, fue útil la revisión de trabajos previos donde se aplicaron las técnicas de *Lean*, los cuales sirvieron como referencia a la solución de la problemática. Entre éstos se tiene:

HERNÁNDEZ (**2010**) en su trabajo titulado "**Implementación de Técnicas Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*), en una Planta de Empaque de Producto Terminado**", se enfoca en encontrar o detectar áreas de oportunidad para la mejora de los procesos de planta de empaque con el objetivo de aumentar las ventas incrementando la producción del módulo utilizando de forma adecuada los recursos disponibles. Entre las conclusiones más importantes, se encuentran que se eliminaron los desperdicios en el módulo de empaque, reduciendo de esta manera el tiempo que no agrega valor; se estableció un programa de 5S's con lo que se logra obtener una mejora en el orden y limpieza en las estaciones de trabajo de la planta de empaque y se determinó el *layout* que permite un flujo continuo en el módulo de empaque.

Por otra parte, **GUALOTUÑA** y **MENESES** (**2006**) en su trabajo titulado

"**Diseño e Implementación del Sistema de Producción Esbelta (*Lean Manufacturing*) para la Empresa Esmetal S.A.**", se orienta a reducir los tiempos de ciclo para la elaboración de un producto, eliminando las actividades que no agregan valor dentro del proceso productivo. Para esto, se utilizó la observación, entrevistas y análisis del flujo de valor, dando como resultado que exista un mejor control de las operaciones en Esmetal permitiéndole reducir significativamente reprocesos y causas potenciales de accidentes; de igual manera se evidenció que la empresa aumentó tanto la disponibilidad de sus herramientas como su capacidad de respuesta a los requerimientos del cliente y cumplimiento de los mismos, en el plazo establecido y con productos de calidad.

A su vez, **ÁLVAREZ**, **CORONA**, **RODRÍGUEZ** y **SAAVEDRA** (**2010**) en su trabajo titulado "**Propuesta de Implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21 de Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V.**", se orienta a reducir o eliminar los problemas detectados en el área de estudio, utilizándose, para desarrollar esta investigación, una investigación de campo y documental para recabar la información necesaria y detectar las oportunidades de mejora en el Departamento de Embarques y Taller 21. Todo esto, dio como resultado una mejora sustancial en la ejecución de las actividades diarias de los empleados, disminución de tiempo al seguir la disciplina de 5S, máximo aprovechamiento adecuado del espacio con un nuevo *layout* así como también reducción del tiempo de ciclo del área de embarques, estandarización de procesos y reducción del tiempo en que los componentes pasan en transporte con un sistema Justo A Tiempo (*Just In Time*).

Todas las investigaciones presentadas anteriormente se relacionan con el presente estudio puesto que la metodología y el método propuesto es similar, ya que se enfocan en la aplicación de las técnicas de *Lean* a un proceso o área específica con el fin de maximizar la eficiencia de éste así como

también de reducir los desperdicios y tiempo de entrega donde se evidencia además, que esta filosofía se adapta fácilmente a la cultura organizacional, alineados con los objetivos estratégicos de cualquier compañía que aplique *Lean*.

Bases Teóricas

Según Arias (2006), “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado.” (p.106). Por tal razón, las bases teóricas que se presentan a continuación, contribuyen a precisar y a organizar los elementos contenidos en la descripción del problema, de forma tal que se puedan manejar y convertir en acciones concretas, que permitan la obtención de los resultados esperados.

Lean

Lean es el conjunto de metodologías sistemáticas y cambios culturales requeridos para visualizar los procesos como una serie de corrientes de flujo o valor interconectadas. También puede definirse como una filosofía que acorta el tiempo entre la orden del cliente y la entrega final al eliminar las fuentes de desperdicio.

Los beneficios de *Lean* son que permite reducir los costos y no solo el precio de venta, reduce el tiempo de entrega, el tiempo de preparación, elimina el desperdicio o malgasto, persigue un mejoramiento continuo, mejora la calidad y mejora la apreciación y percepción de los clientes. *Lean* también aumenta la satisfacción del cliente en términos generales, mejora el nivel de participación de los empleados, la moral y la cultura de la compañía y ayuda a transformar las organizaciones.

A manera de resumen, para implementar *Lean* se debe definir el valor e identificar la corriente de valor y saber cómo medirla. De seguida, se comenzará a eliminar el desperdicio o 'muda' (término japonés que significa desperdicio o malgasto) de esas corrientes de valor. Al eliminar el desperdicio, se puede adaptar el flujo de valor a las demandas del cliente. Se debe continuar eliminando el desperdicio ya que *Lean* también se trata de la búsqueda constante de la perfección mediante la aplicación de mejoramiento continuo e infinito.

Es importante acotar que para su implementación, se debe comenzar a un nivel lo suficientemente alto como para permitirse ver la eficiencia del sistema e identificar las áreas de mejoramiento que son las más idóneas para la organización y no sub-optimizarlas para un sector individual del negocio.

De lo anterior, se puede establecer una estructura de cinco niveles (observada en la figura 3.3) donde se tiene lo siguiente:

- Nivel 0: Es el nivel de empresa, que proporciona una visión de una organización orientada hacia los procesos y que piensa en los sistemas.
- Nivel 1: SIPOC – proporciona una buena perspectiva del proceso, permite un mejor mapeo y visualización de las faltas de conexión de los clientes y proveedores.
- Nivel 2: Diagrama *Swimlane* – proporciona un primer nivel de mejoramiento del proceso, documenta el mapeo y muestra las transferencias. Mapa de la Corriente de Valor – proporciona un entendimiento de cómo mejorar el flujo, reducir el tiempo y el pensamiento del sistema.
- Nivel 3: Mapa de los Procesos – proporciona información detallada sobre los procesos y parámetros para resolver problemas y procesar

caracterizaciones numéricas. Se puede visualizar un sistema organizado en niveles para el descubrimiento de los procesos, con el cual se utilizará el nivel apropiado para mejorar la organización.

- Nivel 4: Se aplican descripciones detalladas del nivel del proceso únicamente en donde es requerido.

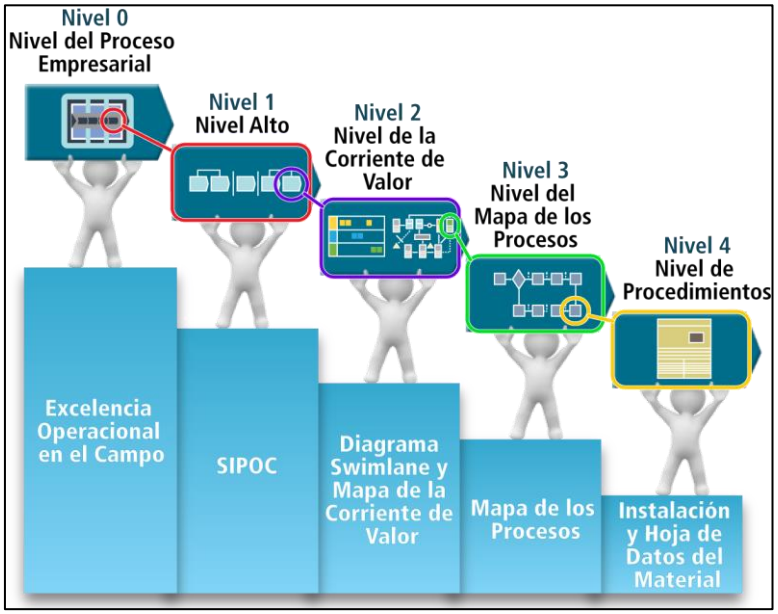


Figura 3.3. Granularidad del proceso

Fuente: Programa de Capacitación de *Lean* de Slb: Módulo 1. (2014)

Historia de *Lean*

En los 1800 se realizaba la Producción en Talleres, la cual combinaba métodos de manufactura y una alta variación de los productos. Éstos eran hechos a medida y las industrias estaban organizadas alrededor de aprendices y artesanos. A partir de 1856, Fredrick Taylor introduce el desarrollo de la Gerencia Científica para plantas de acero, albañilería y aplicaciones mecanizadas; Taylor también fue conocido por ser el fundador de la actual ingeniería de manufactura.

Para 1914, Henry Ford utilizó la Producción en Masa para disminuir considerablemente la variación, lo que ayudó a bajar el precio de las ventas unitarias mientras las ventas subían. Las ganancias fueron 57 veces superiores en 1916 al compararlas con las obtenidas en 1908. Ford se integró verticalmente y controlaba todas sus operaciones en el complejo *Ford River Rouge*, en donde convertía la materia prima en un carro terminado en tan solo tres días. Ford optimizó el flujo pero contaba con muy poca, si alguna, variedad de productos.

Para 1925, Alfred Sloan de *Chevrolet* introdujo la producción por lote para combatir la falta de variedad de Ford. Los clientes respondieron positivamente a esta variedad y *Chevrolet* duplicó sus ventas en los tres años siguientes. Las ventas de Ford cayeron durante el mismo periodo. El mercado fluctuaba de acuerdo con la demanda.

Para 1950, Toyota enfrentaba problemas después de la Segunda Guerra Mundial, por lo que sus ventas bajaron en ese año, forzando a la compañía a efectuar despidos masivos, Japón tenía que ser conservador con los recursos. Toyota pidió a Taiichi Ohno que definiera su sistema de producción. Ohno visitó la Planta *River Rouge* de Ford y las tiendas de comestibles Americanas. Concluyó que la demanda del consumidor no coincidía con la producción de los lotes, pero cualquier sistema desarrollado tendría que ser capaz de manejar variedad y el suministro debía ser igual a la demanda.

Después de la visita de Ohno a los Estados Unidos, desarrolló un sistema de producción con rápida capacidad de instalación y conversión. Los sistemas tradicionales tipo ‘oferta’ fueron sustituidos por sistemas tipo ‘demanda’, en que los consumidores eran quienes solicitaban los bienes y servicios adecuados a sus necesidades. Se inició un proceso exhaustivo de reducción de los defectos y surgió la visión de nunca dejar pasar un defecto a

la siguiente operación. Los obstáculos en el flujo de los productos fueron sistemáticamente eliminados. El mejoramiento continuo se convirtió en la cultura a seguir. El suministro de motores comenzó a equipararse al programa de producción de automóviles. Estas técnicas se propagaron al resto de Toyota y la compañía inició un periodo de 35 años de entrenamiento continuo de los proveedores para enseñarles su sistema de producción.

De forma resumida, el sistema de producción de Toyota está basado en la gerencia visual, procesos estables y estandarizados y una producción nivelada. Los dos pilares son principios 'justo a tiempo' y alta calidad y el techo son los resultados: Mejor calidad, tiempo de espera más corto, mejor seguridad, una moral alta y una reducción del flujo de producción mediante la eliminación de desperdicios o malgasto. En el centro de todo está el mejoramiento continuo obtenido por la gente, el trabajo en equipo y la reducción del desperdicio. Esto se puede observar en la figura 3.4.

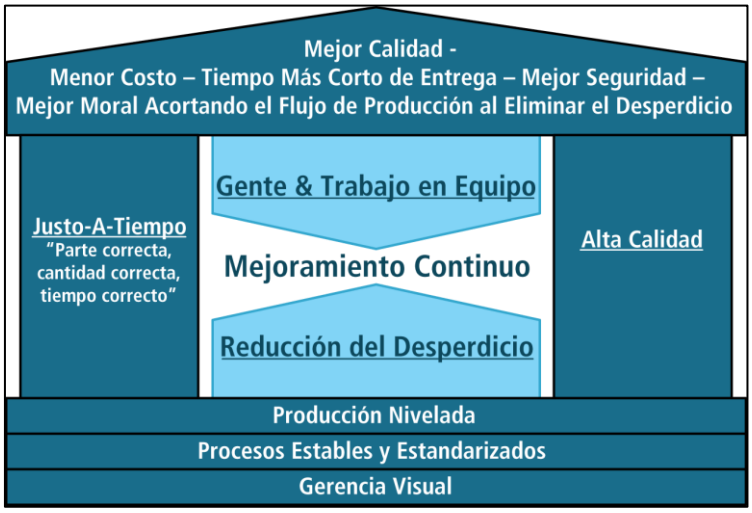


Figura 3.4. Sistema de producción de Mejoramiento Continuo de Toyota

Fuente: Programa de Capacitación de *Lean* de Slb: Módulo 1. (2014)

En la década de los ochentas, se comenzó a aplicar los procesos *Lean* en todos los servicios.

Principios de *Lean*

Los cinco principios de *Lean* resumen la puesta en práctica de esta filosofía:

1. Especificar el valor para el cliente.
2. Identificar la cadena de procesos que aportan valor en cada servicio.
3. Buscar que el servicio fluya a través de los pasos que crean valor eliminando el desperdicio.
4. Permitir que el cliente utilice el servicio cuando lo necesite (crear un sistema *pull*).
5. Gestionar hasta la perfección, esto es que, el número de pasos y la cantidad de tiempo e información necesarios para llegar al cliente, vaya disminuyendo continuamente.

Desperdicio según *Lean*

El desperdicio son todas aquellas actividades sin valor agregado que deben ser eliminadas, simplificadas o reducidas. Se tienen tres reglas con respecto al desperdicio:

1. El desperdicio existe en todos los niveles de la organización.
2. El desperdicio tiene que ser identificado y eliminado así como sus causas raíces (*DOWNTIME* o 'tiempo muerto' es utilizado para identificarlo).
3. Todos los empleados tienen que ser entrenados para reconocer el desperdicio.

El acrónimo D.O.W.N.T.I.M.E., observado en la figura 3.5, representa los ocho tipos de desperdicios:

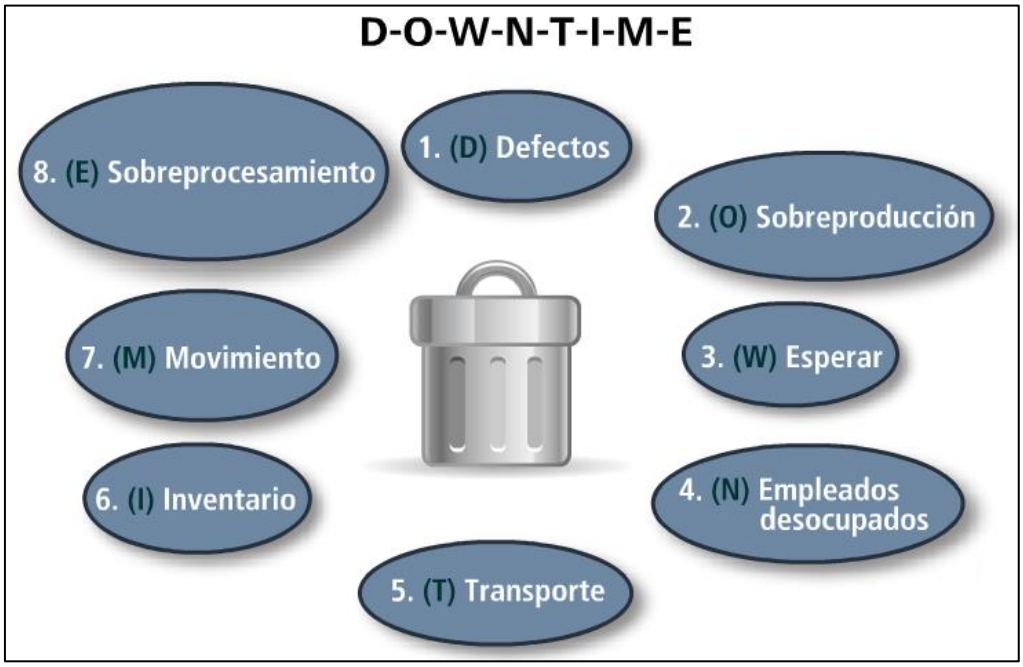


Figura 3.5. Acrónimo D-O-W-N-T-I-M-E

Fuente: Programa de Capacitación de *Lean* de Slb: Módulo 4. (2014)

- ✓ ***D****efects* (Defectos): Correcciones, errores en los documentos e instrumentos, rectificaciones o trabajo repetido. Esto incluye cualquier tarea que no se realiza bien la primera vez.
- ✓ ***O****verproduction* (Sobreproducción): Cualquier trabajo innecesario, o realizar trabajos antes o más rápidamente que cuando el cliente los necesita.
- ✓ ***W****aiting* (Esperar): Cualquier tiempo de inactividad entre operaciones o eventos o el tiempo durante el cual se espera que surja un trabajo.
- ✓ ***N****on-engaging Employees* (Empleados Desocupados): Empleados poco utilizados, ya sea por no permitir la participación del empleado o por ejercer control excesivo.

- ✓ ***T**ransportation* (Transporte): Desperdicio de movimiento en el proceso ya sea por transporte de documentos, productos, materiales, información, entre otros.
- ✓ ***I**nventory* (Inventario): Inventario obsoleto, exceso de inventario y escasez de partes.
- ✓ ***M**otion* (Movimiento): Cualquier movilización de gente o equipos que no agregue valor al producto o servicio.
- ✓ ***E**xtra Processing* (Sobreprocesamiento): Mejoramientos que son transparentes para el cliente o trabajo que pueden combinarse con otro trabajo. Algunas de las características del sobreprocesamiento es el proceso de obtención de aprobaciones o refinamientos infinitos.

Herramientas de *Lean*

Para poder eliminar los desperdicios y los procesos que no agregan valor, se constan de las siguientes herramientas, que tienen como objetivo mejorar las operaciones de manera continua eliminando desperdicios pero siempre respetando al trabajador:

Diagrama SIPOC

Es el nivel en donde ocurre una interconexión interdepartamental; proporciona una perspectiva de alto nivel del proceso, determina la necesidad de mayores mapeos y provee una perspectiva de las deficiencias/desconexiones con los clientes y los proveedores. Su esquema se puede observar en la figura 3.6 y se refiere a las siglas en inglés de:

- ✓ ***S**upplier* (Proveedor): Proveen los aportes al proceso.
- ✓ ***I**nput* (Aporte): Recursos requeridos por el proceso.

- ✓ ***P**rocess* (Proceso): Actividad que transforma los aportes en resultados.
- ✓ ***O**utput* (Resultado): Productos o servicios entregados.
- ✓ ***C**ustomer* (Cliente): Partes interesadas que tienen requerimientos con respecto a los resultados.

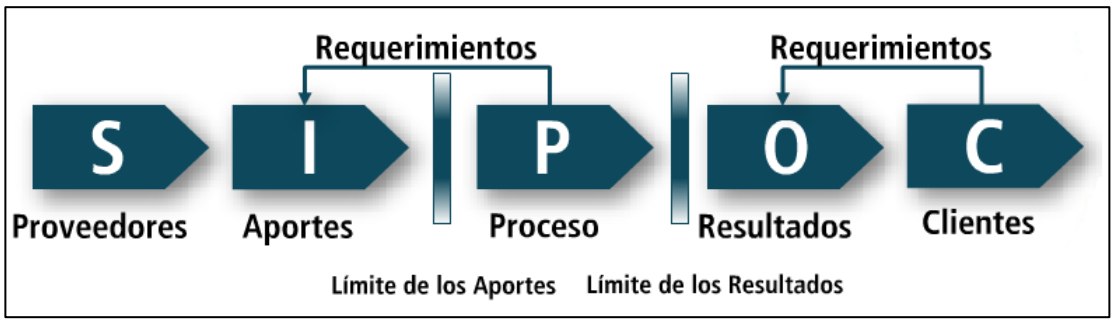


Figura 3.6. Modelo del diagrama SIPOC

Fuente: Programa de Capacitación de *Lean* de Slb: Módulo 3. (2014)

Diagrama de *Spaguetti*

Es un instrumento muy efectivo para mostrar las movilizaciones y movimientos que tienen lugar en el proceso, y su propósito es buscar oportunidades de acercar más los pasos necesarios del proceso entre sí para beneficiar el proceso así como también de identificar cualquier movimiento innecesario y cuantificar la situación para ayudar a desarrollar un proceso nuevo mejorado.

Para crear el diagrama se debe obtener una disposición o diseño del proceso y luego se debe trazar el movimiento del material, información o personas en el diagrama a medida que se opera el proceso por un ciclo completo. También se muestra cualquier movilización de personas o equipos que no agreguen valor al producto o servicio; esto es considerado desperdicio de movimiento.

Diagrama *Swimlane*

Es un instrumento de mapeo inter-funcional que permite visualizar el flujo del proceso según las responsabilidades. Las funciones o responsabilidades son listadas en columnas, o 'canales de natación', y el flujo del proceso es mapeado de izquierda a derecha cruzando las columnas respectivas cuando es apropiado para indicar la responsabilidad de cada paso del proceso.

Es muy efectivo para resaltar las deficiencias de flujo y el desperdicio en el proceso así como también las transferencias o entregas entre funciones y las responsabilidades, tal como lo indican las líneas que cruzan las columnas.

Mapa de la Corriente de Valor

El VSM (*Value Stream Mapping* por sus siglas en inglés) es una herramienta donde se visualizan todas las actividades que se producen desde el inicio hasta el final del proceso, a niveles de eficiencia total. Contiene todas las acciones y pasos de los procesos, tanto los de valor agregado como los que no tienen valor agregado, requeridos para crear un producto o servicio.

Un mapa de la corriente de valor es un mapa del proceso rico en información que amplía la utilidad de los mapas del proceso al contener más datos, materiales, flujo de información y materiales y algunas veces hasta sistemas completos, parámetros de operación, tiempos del proceso y tiempos de espera.

Se debe elaborar el mapa de la corriente de valor a un nivel lo suficientemente alto como para evaluar el flujo entre los procesos. Lo que distingue al mapa de la corriente de valor de otros mapas es que proporciona una perspectiva de lo que ocurre entre los pasos de valor agregado del

proceso. Ya que es allí donde reside la mayor parte del desperdicio, el mapa de la corriente de valor es un instrumento muy efectivo para identificar el mismo y resaltar los impedimentos de flujo; representado por estallidos *kaizen*. La meta del mapeo de la corriente de valor es identificar las acciones y proyectos de mejoramiento continuo a incluir en el plan de implementación.

El proceso de VSM es una forma de captar la situación actual (estado actual), identificar la visión a largo plazo (estado futuro) y desarrollar planes para conseguirla al proporcionar una perspectiva para mejorar el flujo, reducir el tiempo de espera y el pensamiento del sistema en toda la corriente de valor. Los símbolos que se utilizan en el VSM se muestran en la figura 3.7.

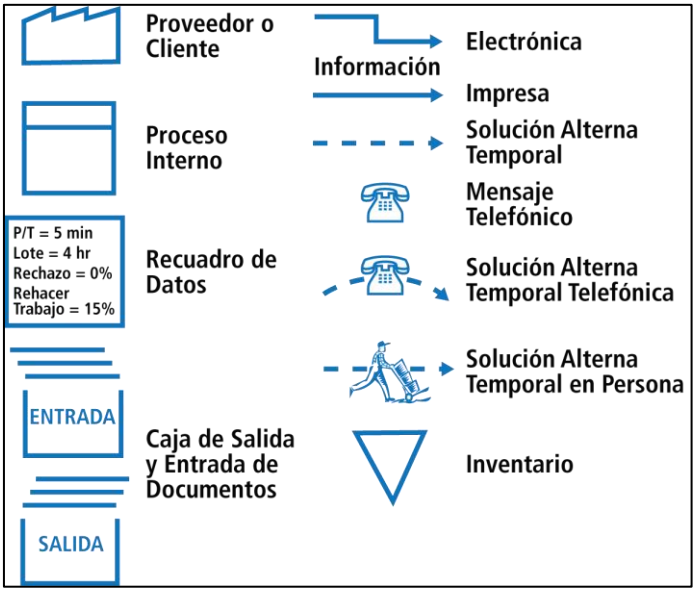


Figura 3.7. Símbolos del VSM

Fuente: Programa de Capacitación de *Lean* de Slb: Módulo 9. (2014)

Diagrama de Pareto

Es un instrumento gráfico utilizado para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, donde aplica el principio de Pareto

"muchos triviales y pocos vitales" o regla de 80-20. Mediante este diagrama se conoce el número relativamente pequeño de factores o causas que son responsables de un porcentaje desproporcionadamente alto de las ocurrencias de algunos eventos; "un análisis de Pareto permite distinguir los pocos factores vitales de los muchos factores triviales, permitiendo priorizar en la asignación de recursos para enfocar el mejoramiento de los pocos vitales". Este análisis utiliza un gráfico (figura 3.8) que permite visualizar de mejor manera este principio.

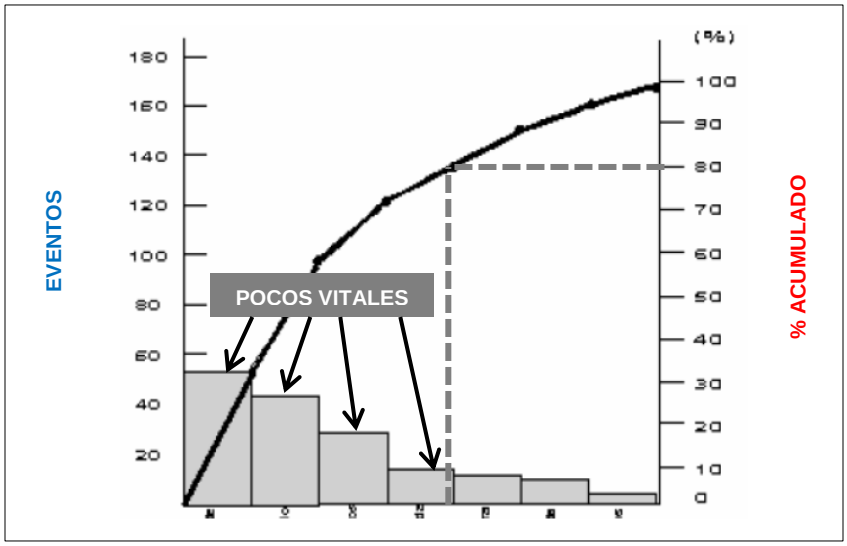


Figura 3.8. Modelo del diagrama de Pareto

Fuente: Gualotuña y Meneses (2006)

5S

Sacristán (2005) define el concepto de 5S's como:

> Un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas y equipos y la productividad (p.4)

En síntesis, es un método para mejorar y sostener la organización en el sitio de trabajo y por ende, es el primer paso para establecer una organización *Lean*. El beneficio de éste es la reducción del tiempo desperdiciado en buscar herramientas y equipos, así como también logra mantener un sitio de trabajo visual. Las 5S's son:

- **Clasificar (*Seiri*)**: Consiste en identificar, separar y desechar lo que no es necesario.
- **Ordenar (*Seiton*)**: Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificar lo que es necesario para mantenerlo visible.
- **Limpieza (*Seiso*)**: Consiste en limpiar los equipos y los espacios de trabajo así como prevenir la suciedad y el desorden.
- **Estandarizar (*Seiketsu*)**: Consiste en establecer estándares para las 3S's anteriores.
- **Sostener (*Shitsuke*)**: Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas creando un hábito.

Disposición *Lean*

Concibe la idea de crear un flujo del producto a través de las instalaciones con un mínimo de retrasos, la cual está caracterizada por un trabajo programado utilizando un sistema *pull* y por un flujo único. En condiciones ideales, se logra reducir el inventario y estandarizar las operaciones obteniendo la mejor calidad posible.

Sistema *Pull* y *Kanbans*

Es un sistema basado en la demanda, en que el cliente 'hala' o demanda valor a través de la cadena de valor. Esto controla el flujo de los recursos,

incluyendo personas, información y materiales en base a las normas y estado del sistema. El flujo de los recursos es basado en el consumo. Está caracterizado por:

- El flujo de materiales e insumo es iniciado en base a los requerimientos del cliente.
- El inventario es controlado.
- El plan de obsolescencia está vinculado con los cambios de tecnología y está *in situ*.
- El flujo de los materiales es controlado visualmente.
- No se puede producir si no se cuenta con una orden de trabajo.

Lo contrario al sistema *pull*, es un sistema *push* o de empuje, donde esta última está basada en la producción proyectada.

Kanban es un término japonés que significa señal. Es una señal del consumo del proceso y es una de las formas más populares del sistema basado en la demanda. Es una forma flexible y visual de controlar el trabajo a realizar y apoyar las necesidades operacionales promedio. Utiliza sistemas de control visual y comunicación abierta para prevenir la sobreproducción al priorizar tareas para que se puedan controlar los equipos más fácilmente.

Los beneficios de controlar visualmente las actividades con sistemas *kanban* incluyen lo siguiente:

- Permite el control del flujo de trabajo.
- Estandariza el inventario de partes de repuesto.
- Es extremadamente flexible cuando la demanda cambia.
- Resalta los requerimientos de capacidad y personal.
- Reduce el desperdicio.

Las reglas de un sistema *Pull* & *Kanban*:

1. Mantener un inventario de los equipos para cumplir con los requerimientos del cliente pero sin disponer de equipos adicionales.
2. Solicitar las partes de repuesto únicamente cuando se consume la parte pedida anteriormente y únicamente de acuerdo con la cantidad consumida. Esto se llama procesamiento del consumo.
3. Mantener los equipos de forma que siempre se tenga una cantidad igual o ligeramente superior a la requerida por el cliente, sin excesos.
4. Utilizar el sistema como un dispositivo de 'afinamiento'. No comenzar con este mecanismo demasiado temprano ni demasiado tarde durante el proceso *Lean*. Reduzca la cantidad de *kanbans* a medida que pase el tiempo.
5. Estabilizar y racionalizar el proceso para que coincida con los cambios de demanda de la organización. El tamaño del *kanban* cambiará de acuerdo con la demanda de actividades.

Layout

Es un dibujo a escala de una planta de producción o una estación de trabajo. En éste se detalla la maquinaria y el quipo buscando la mejor ubicación para lograr un flujo constante de la producción.

Busca organizar la empresa en células de trabajo. En la mayoría de los casos en 'U', como una mejor forma de administrar el flujo de piezas.

Kaizen

Es un término japonés que es utilizado para comunicar el proceso de mejoramiento continuo. El concepto *kaizen* se enfoca en cada proceso u

operación para agregarle valor y eliminar el desperdicio. Debido a que *Lean* está basado en el concepto general de mejoramiento continuo, *kaizen* es un componente crítico de cualquier esfuerzo. El mejoramiento continuo se traduce en cambios graduales aplicados durante un determinado periodo de tiempo y que tienen un impacto mayor en los objetivos del negocio.

DMAMC

Lean utiliza el concepto DMAMC para el mejoramiento de los procesos:

1. **D**efinir: Preparar el proyecto y sus métricas.
2. **M**edir: Establecer puntos de referencia al mapear la corriente de valor.
3. **A**nalizar: Identificar las causas raíces de los problemas y determinar los puntos de atascamiento y las restricciones del sistema.
4. **M**ejorar: Implementar las contramedidas para mejorar la corriente de valor.
5. **C**ontrolar: Diseñar y documentar los mecanismos necesarios para asegurar que lo conseguido se mantenga, una vez que se hayan implantado los cambios.

Martillos de Perforación

Los martillos de perforación cumplen una sola función: Liberar la tubería atascada. La operación de martilleo es el proceso de transferencia dinámica de la energía de deformación almacenada en la sarta de perforación a un dispositivo – un martillo – que concentra la energía cinética en el punto en el que se encuentra atascada la tubería. La mayoría de los operadores incluyen martillos en sus conjuntos de fondo (BHA's) de perforación, como precaución contra la probable ocurrencia de un incidente de atascamiento de la tubería. Se estima que las sartas de perforación se atascan en promedio una vez

cada tres pozos perforados, lo que implica un costo de cientos de millones de dólares por año para los operadores.

Aproximadamente, un 50% de los incidentes de atascamiento de las tuberías se produce durante las maniobras, un 20% durante los procesos de rectificación y manipulación de la tubería y un 10% durante la continuidad de la perforación.

La tubería puede atascarse en el pozo sin posibilidad de moverse hacia arriba o hacia abajo ni rotar, por una diversidad de razones. El empaque (ver figura 3.9 izquierda) puede producirse cuando una formación no consolidada – empacada levemente con poca o ninguna adherencia entre las partículas, cantos rodados pequeños o cantos rodados grandes – cae dentro del pozo. El fenómeno de empaque también puede producirse cuando los recortes de formación o los detritos se depositan alrededor del BHA.

El enchavetamiento (ver figura 3.9 centro) puede tener lugar cuando la sarta de perforación rota contra un solo punto de la pared del pozo, con lo cual se genera una canaleta u orificio de cerradura (inserto). Cuando la sarta de perforación se extrae del pozo, las uniones de la tubería o las secciones del BHA de mayor diámetro que la sarta de perforación no pueden desplazarse a través del enchavetamiento. En este caso, la sarta de perforación puede moverse hacia abajo o rotarse pero no puede desplazarse hacia arriba y, por consiguiente, se atasca en el pozo.

El atascamiento por presión diferencial (ver figura 3.9 derecha) puede ocurrir cuando una fuerza generada por la presión hidrostática del fluido de perforación en el pozo es mayor que la presión de poro de una formación permeable. Este sobre balance presiona la sarta de perforación contra el pozo y a menudo se inicia cuando la sarta se encuentra fija o se mueve muy lentamente y entra en contacto con una formación permeable o un revoque de filtración espeso.

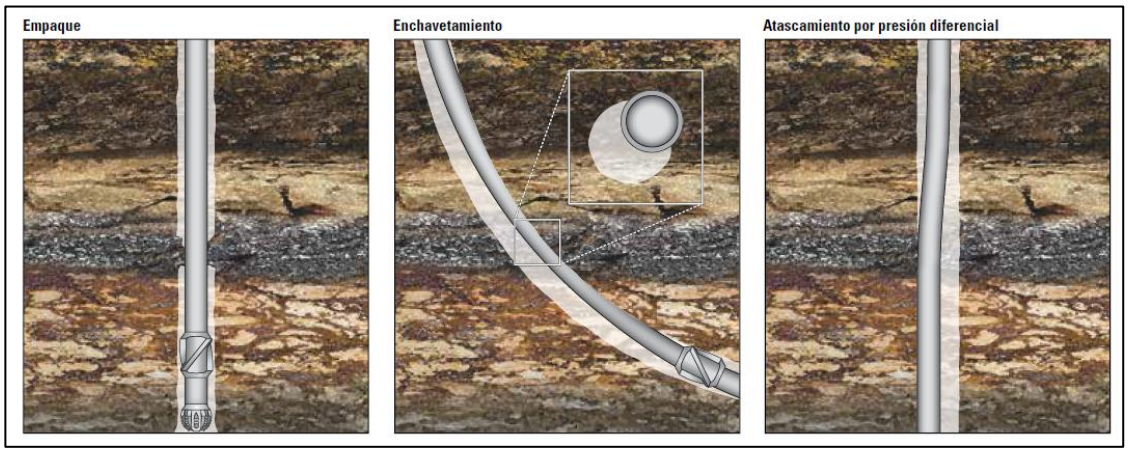


Figura 3.9. Mecanismos de atascamiento de la tubería

Fuente: *Oilfield Review* Primavera (2012)

Funcionamiento

En el año 1931, los ingenieros diseñaron un martillo que constaba de un mandril telescópico sostenido en su posición mediante un dispositivo de enganche mecánico. Las numerosas mejoras introducidas desde entonces en los martillos han permitido manejar las demandas generadas por los pozos cada vez más complejos.

Los martillos de hoy en día consisten de un mandril que se desliza en el interior de una camisa y un gatillo disparador interno que retarda brevemente el movimiento del mandril antes de liberarlo. El mandril se conoce a menudo como martillo y la camisa como yunque. Esta nomenclatura ayuda a explicar cómo la energía se libera desde la sarta de perforación y se transfiere a la tubería atascada.

Los martillos funcionan según el principio de la energía potencial almacenada. La energía potencial disponible para el martillo proviene de los valores de sobretracción o asentamiento aplicados en la superficie. Los

martillos pueden impartir golpes, o activarse, hacia arriba, hacia abajo o en ambos sentidos, y se corren en la sarta de perforación en estado de tensión o compresión. Si se corren en estado de tensión, el mandril se encuentra completamente extendido. Si se corren en estado de compresión, el mandril se encuentra completamente cerrado.

En cualquiera de las dos posiciones, el movimiento del mandril se impide hasta que es necesario iniciar el martilleo y los perforadores aplican tensión o comprensión adicional a la sarta de perforación. Se pueden observar las partes de un martillo de perforación en la figura 3.10.

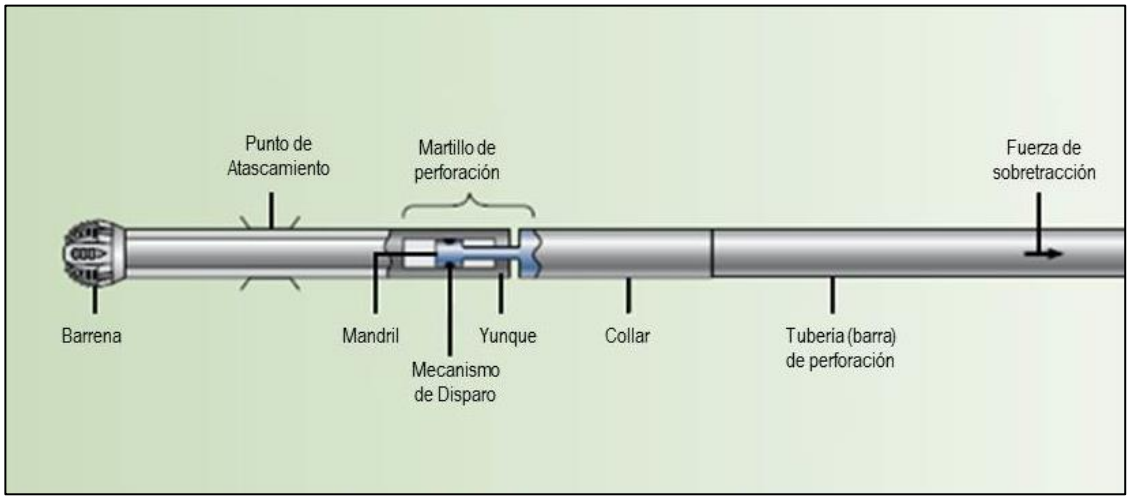


Figura 3.10. Arreglo de martilleo

Fuente: *Oilfield Review* Primavera (2012)

Tipos de martillos

Los martillos se clasifican por su función y por el método de accionamiento. Los martillos de perforación y de pesca poseen diseños similares y generan aproximadamente el mismo impacto, pero difieren en su construcción y cumplen funciones diferentes. Los martillos de perforación

tienen la longitud de una barra de perforación estándar, son suficientemente duraderos para tolerar los esfuerzos de la perforación y se corren como componentes del BHA.

Pueden ser activados y puestos en su condición inicial varias veces durante una sola operación de martilleo. Los martillos de pesca son más cortos que una barra de perforación estándar, no pueden tolerar las fuerzas de la perforación y sólo se corren después de que la tubería que encuentra por encima del punto de atascamiento ha sido desconectada y extraída del pozo. Por lo general están diseñados para martillar hacia arriba solamente.

Los martillos mecánicos e hidráulicos funcionan de un modo similar, pero difieren en sus mecanismos de disparo. Los martillos mecánicos son accionados mediante una serie de resortes, trabas y rodillos con mecanismos de liberación. Se disparan hacia arriba, con una fuerza de tracción predeterminada y hacia abajo con una fuerza de compresión predeterminada; estas fuerzas generalmente exceden las fuerzas de tracción o de compresión alcanzadas durante la perforación. La activación depende solamente de la carga, no del periodo de tiempo.

Los martillos hidráulicos fueron introducidos en la década de 1940 para incrementar las cargas de impacto, las cuales están limitadas por los mecanismos de enganche de los martillos mecánicos. Por consiguiente, los martillos hidráulicos fueron diseñados para no dispararse con un valor umbral preseleccionado. Por el contrario, estos martillos funcionan utilizando un pistón que avanza a través de una restricción en un depósito de fluido hidráulico del mecanismo de disparo.

Cuando se aplica tensión o compresión en la herramienta en la posición predeterminada, el fluido proveniente del lado de alta presión del depósito se comprime y pasa hacia el lado de baja presión a través de un orificio existente entre los depósitos. El orificio genera una restricción para el flujo de

fluido, lo que produce un retardo que permite el almacenamiento de la energía potencial en la barra de perforación. La variación de la velocidad del fluido a través del orificio afecta la magnitud del impacto en el punto de atascamiento.

Los martillos hidráulicos proporcionan ventajas operacionales y de desempeño significativas con respecto a los martillos mecánicos, pero presentan ciertas limitaciones. La fricción generada por la resistencia al flujo a través de la restricción durante la carrera de regulación eleva la temperatura del martillo. Cuando los martillos se recalientan, los operadores deben suspender el martilleo hasta que el fluido hidráulico se enfría.

Para minimizar los efectos del incremento de la temperatura, los ingenieros de Schlumberger desarrollaron el martillo de perforación hidráulico de doble efecto *Hydra-Jar* AP observado en la figura 3.11, la cual presenta un diseño único de compensación de la temperatura y está provista de sellos para alta temperatura.

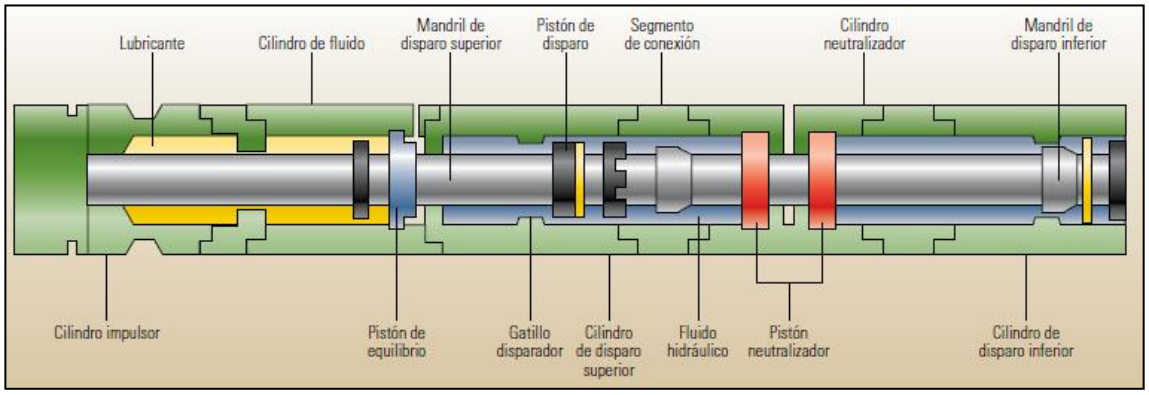


Figura 3.11. Herramienta *Hydra-Jar* AP

Fuente: *Oilfield Review* Primavera (2012)

Definición de Términos Básicos

Según Tamayo y Tamayo (1990), la definición de términos básicos es "la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema" (p.78). Para efectos del presente estudio, las siguientes terminologías tendrán por significado:

Cuello de Botella: Recurso con una demanda superior a su capacidad o restricción que lentifica el proceso.

CLT: Centro de Logística de Transporte por sus siglas en inglés (*Center Logistic Transporting*).

DP&S: Productos y Servicios de Perforación por sus siglas en inglés (*Drilling Products & Services*)

DT&R: Herramientas de Perforación y Remediales por sus siglas en inglés (*Drilling Tools & Remedial*)

Límite de los Aportes: Especifica cuando inicia el proceso.

Límite de los Resultados: Especifica cuando finaliza el proceso.

QHSE: Calidad, Salud, Seguridad y Medio Ambiente (*Quality*, *Health*, *Safety & Environment*).

Recursos: Herramientas/instrumentos, equipos, personas, productos.

Requerimientos de Aportes: Lo que requiere el proceso, en aportes medibles y cuantificables.

Requerimientos de Resultados: Lo que requiere el cliente de los resultados, medibles y cuantificables.

Restricción en el Sistema: Recurso con una demanda mayor que su capacidad.

Trabajo Estandarizado: Todos los empleados realizan los procesos de forma consistente.

Valor Agregado: Cualquier actividad que aumenta la forma o función de un producto o servicio (cosas por las cuales el cliente está dispuesto a pagar).

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

El presente apartado tiene como propósito mostrar una descripción de la metodología utilizada en el periodo investigativo: El tipo de investigación y su diseño, unidades de análisis, técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento y el análisis de la información y el procedimiento metodológico.

Tipo de Investigación

De acuerdo al objetivo de la investigación, se definen los tipos de investigación, los cuales se detallan a continuación:

Para Dankhe (1986), los estudios descriptivos “buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p.60). Por otra parte, Hurtado (2000) explica que la investigación proyectiva

> Consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo practico, ya sea de un grupo social, o de una institución, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras (p.325)

En síntesis, se trata de un tipo de estudio en el cual se busca plantear una propuesta la cual solucione una problemática establecida en base a un diagnóstico de la situación actual previamente realizado.

En el mismo marco de ideas, la investigación es de tipo evaluativa; Haro (2009) aclara que ésta “tiene como objetivo evaluar los resultados de uno o más programas que hayan sido o estén aplicados dentro de un contexto determinado” (p.6).

Diseño de Investigación

La investigación corresponde a un diseño de campo no experimental así como también documental.

La investigación de campo no experimental según Arias (2006), “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes” (p.94). Así mismo, Arias (2006) señala que la investigación documental es “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, critica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: Impresas, audiovisuales o electrónicas” (p.25).

Unidades de Análisis (Población y Muestra)

Balestrini (2006) plantea que la población es un “conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos, que presentan características comunes” (p.137). Para efectos del estudio, la población quedó determinada por todas las actividades realizadas en el taller del segmento DT&R de Schlumberger; entre las que se encuentran el mantenimiento a válvulas multiciclo, las turbinas, tubulares, herramientas de pesca, de impacto, de ampliación, de perforación y de desviación.

Ahora bien, Chávez (2003) define la muestra como “una porción representativa de la población, que permite generalizar sobre ésta, los resultantes de una investigación (p.164). De este modo, la muestra quedó establecida por todas las operaciones que comprende el proceso de servicio de las herramientas de impacto (martillos de perforación) del segmento DT&R de Slb; siendo seleccionada de manera no aleatoria con fines especiales, ya que este proceso se desea optimizar.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos están referidos a todas aquellas herramientas destinadas a utilizarse para recabar la información en función del problema y de las interrogantes que pudieron plantarse, así como de los objetivos que se han definido. Entre las técnicas para recolectar los datos se utilizaron tanto la observación directa como las entrevistas no estructuradas y la revisión bibliográfica.

Según Tamayo y Tamayo (1990), la observación directa es “aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación” (p.98). Ésta técnica se utilizó para conocer y evaluar el proceso general realizado en el taller del segmento DT&R.

Así mismo, Ander-Egg (1982) se refiere a las entrevistas no estructuradas como “preguntas abiertas las cuales se responden dentro de una conversación” (p.227). Por último, la revisión bibliográfica, según el manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2005), se define como “la acción de explorar libros, revistas y documentos que sirven para el desarrollo total o parcial de la investigación” (p.96).

Procesamiento de la Información

Toda la información obtenida mediante las técnicas antes mencionadas, se tabularon de manera mecánica, esto es con el uso de la computadora y sus diferentes programas, los cuales fueron de gran apoyo al momento de realizar la transcripción del informe.

Análisis de la Información

Para analizar la información, se utilizó un análisis lógico con procedimiento inductivo, el cual es donde se analiza cada variable en particular hasta llegar a la solución del problema. De forma más específica, se estudia y evalúa cada actividad que conforma el proceso de servicio de martillos de perforación para luego optimizar cada uno de los elementos que lo conforma y por ende, el proceso en general.

Procedimiento Metodológico

Para el posible logro de los objetivos específicos pautados, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Revisión bibliográfica general de Schlumberger y del segmento DT&R.
2. Estudio de la metodología *Lean* a través del Programa de Capacitación que ofrece Schlumberger.
3. Definición del alcance y límites del proceso mediante el diagrama SIPOC.
4. Visitas al área del taller de DT&R para inspeccionar la situación actual de las actividades realizadas y recopilar las métricas necesarias.
5. Ejecución de entrevistas al personal encargado del área.

6. Descripción del método de trabajo actual con el uso de los diagramas *Swimlane* y *Spaguetti*.
7. Construcción del VSM actual.
8. Análisis de las operaciones realizadas y su flujo e identificación de los cuellos de botella.
9. Planteamiento de un nuevo *layout*, *spaguetti* y VSM para un flujo de trabajo mejorado.
10. Diseño del método de trabajo propuesto para el proceso basado en *Lean*.
11. Aplicación del nuevo método de trabajo en el proceso de servicio.
12. Establecimiento de controles visuales y planes de auditoría para mantener los cambios implementados.
13. Estimación del desempeño del nuevo método propuesto.

CAPÍTULO V

DIAGNÓSTICO

A continuación, se explica la situación actual presentada en el segmento DT&R, tomando en cuenta los problemas que se encuentran en la misma, y la descripción del método actual de trabajo representada a través de las herramientas de *Lean*: Diagramas SIPOC, *Swimlane*, el *layout* del taller, *Spaguetti* y VSM; además de presentarse un análisis en base al diagrama de Pareto, el análisis de cuello de botella y análisis de desperdicio según *Lean*.

Situación Actual

En el taller del segmento DT&R se realiza el proceso de servicio a los martillos de perforación provenientes de los pozos petroleros. Este proceso, como se mencionó anteriormente, incluye el almacenaje de la herramienta que proviene del pozo, su desensamblaje, inspección, ensamblaje, prueba de funcionamiento, preparación final y almacenamiento.

La mayoría de los subprocesos se ejecutan en el taller pero también se disponen de áreas cercanas al mismo para realizar el proceso de inspección; lo que supone un problema ya que se genera desperdicio en transporte así como grandes desplazamientos entre un proceso y otro, aumentando de esta manera el tiempo de ejecución del servicio en general.

Así mismo, se evidencia que existe una desorganización en cuanto a los equipos y herramientas utilizados dentro del taller lo que contribuye a la problemática anterior, ya que no se tiene una distribución clara y específica

de los mismos causando retrasos al momento de buscarlos. De todo lo anterior, se expresa la necesidad de aplicar un estudio *Lean* para disminuir los desperdicios.

Para un completo entendimiento del tema y una efectiva aplicación de *Lean*, se debe definir y delimitar el proceso de servicio así como también representarlo gráficamente para analizarlo, por lo que a continuación se detallan las distintas herramientas de *Lean* empleadas para profundizar en la problemática existente en el taller del segmento DT&R Maturín:

Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta que muestra la interacción del cliente con los proveedores del proceso estudiado. Es la representación gráfica de un proceso de gestión donde se visualiza de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo.

Con SIPOC se debe delimitar el proceso de forma muy general donde, en el caso específico de los martillos de perforación, éste inicia con el almacenamiento de la herramienta proveniente del pozo, seguido de la ejecución del servicio de mantenimiento y finaliza cuando el martillo está listo y almacenado para su despacho.

Acerca de los resultados, se espera que los martillos estén listos con sus reportes (ensamblaje, inspección y pruebas) y los requerimientos con respecto a los resultados es que se espera que la herramienta se encuentre en óptimas condiciones así como disponible al momento de necesitarse y que los reportes sean legibles, trazables, con información real y consistente. El departamento de Ventas de Productos y Servicios de Perforación (*Drilling Products & Services* – DP&S) es el cliente a quien el taller de DT&R debe cumplir lo anterior.

Sobre los aportes, sus proveedores y los requerimientos de los aportes, es indispensable para el proceso que la Casa Matriz de Slb, Inventario y la Gerencia de Materiales y Activos proporcione todos los repuestos e insumos a utilizarse, que éstos estén en cumplimiento con los estándares de QHSE y exista un stock mínimo. Así mismo, que el departamento de Calidad, Ingeniería, Ventas de DP&S e Inventario proporcionen toda la información a necesitarse, que ésta sea clara, oportuna, veraz y actualizada; entre otras.

En la figura 5.12 se puede observar el diagrama SIPOC con la información anterior.

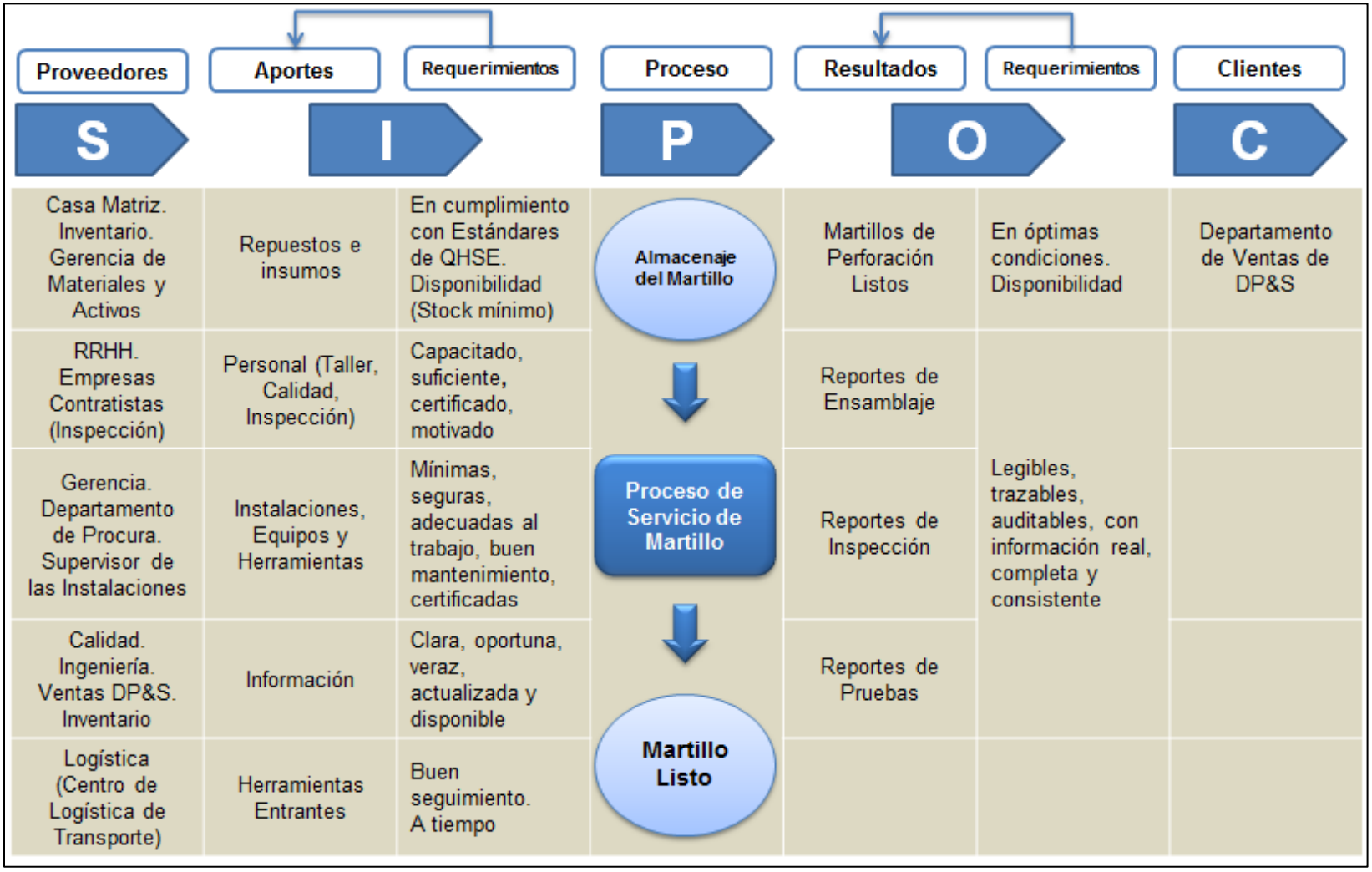


Figura 5.12. Diagrama SIPOC

Fuente: Propia (2014)

Diagrama *Swimlane*

Para más detalles del proceso, se debe desarrollar un diagrama procedimental que muestre los pasos en el proceso, los departamentos que están involucrados en cada paso y cómo los pasos y los grupos se relacionan el uno con el otro. Este diagrama es conocido como *Swimlane* o diagrama de canales de natación.

Este diagrama sirve en términos de entender quién es responsable por cada paso y cómo interactúan los departamentos ya que separa los pasos del proceso por función.

En el caso particular del taller del segmento DT&R, los departamentos que intervienen en el proceso son algunos de los que se encuentran detallados en los proveedores del SIPOC (Ventas de DP&S, Taller, Inventario, CLT e Inspección), de allí la importancia de realizar primero este diagrama, ya que los datos a utilizarse provienen de éste.

En el diagrama también se puede observar el proceso desde que el departamento de Ventas de DP&S solicita la herramienta hasta que se despacha la misma, donde se cubre cada uno de los canales establecidos para cumplir el proceso.

Para efectos del estudio se puede observar el diagrama *Swimlane* del proceso de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R de Schlumberger en la figura 5.13.

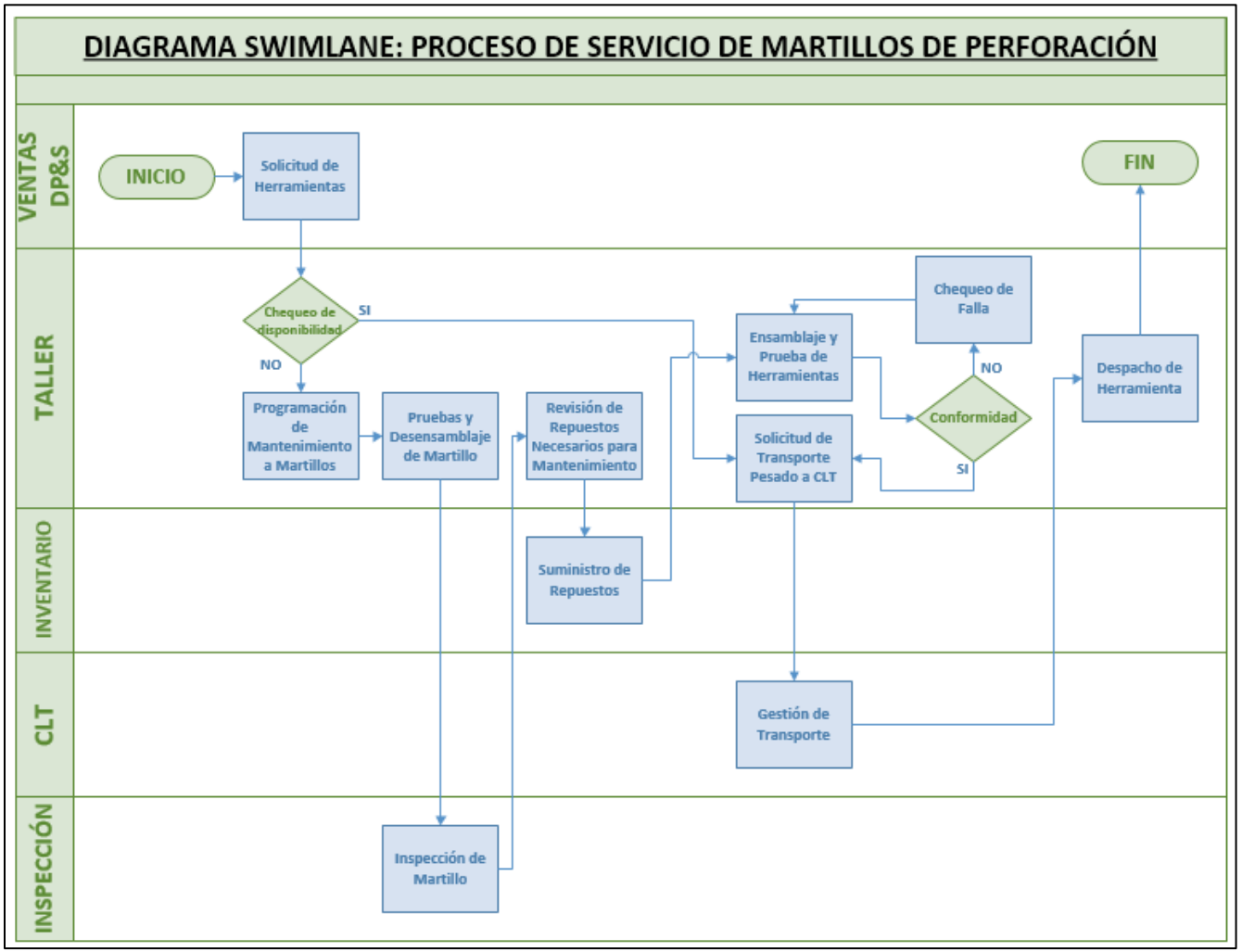


Figura 5.13. Diagrama *Swimlane*

Fuente: Propia (2014)

Diagrama de *Spaguetti* Actual

Es un instrumento gráfico utilizado para ilustrar el flujo físico de trabajo o materiales en un proceso.

El proceso de servicio de los martillos de perforación que se realiza actualmente en el taller se describe a continuación: Se recibe y almacena el martillo proveniente del pozo en el rack rojo, se realiza la prueba de entrada (o de tiempos), se vacía el martillo del aceite que se utiliza para su funcionamiento, se desensambla y se lleva a Inspección donde se lavan los componentes y se inspeccionan sus partes.

Luego que trasladan el martillo de nuevo al taller, se revisan las partes que se encuentren 'no conformes' para así buscar en inventario los repuestos e insumos a usar. Posterior a esto, se ejecuta el montaje de los sellos, se ensambla el martillo, se llena de aceite y se verifica que no existan fugas. Después, se efectúa la prueba de desempeño (de tiempos) donde se constatan los tiempos a los cuales acciona el martillo tanto para compresión como para tensión; por último, se pinta y se almacena en el rack verde.

Al realizar el *layout* correspondiente del taller de DT&R (ver figura 5.14), y siguiendo el método de trabajo descrito previamente, se puede representar gráficamente el flujo del proceso de servicio de los martillos de perforación a través del diagrama de *Spaguetti*, observado en la figura 5.15.

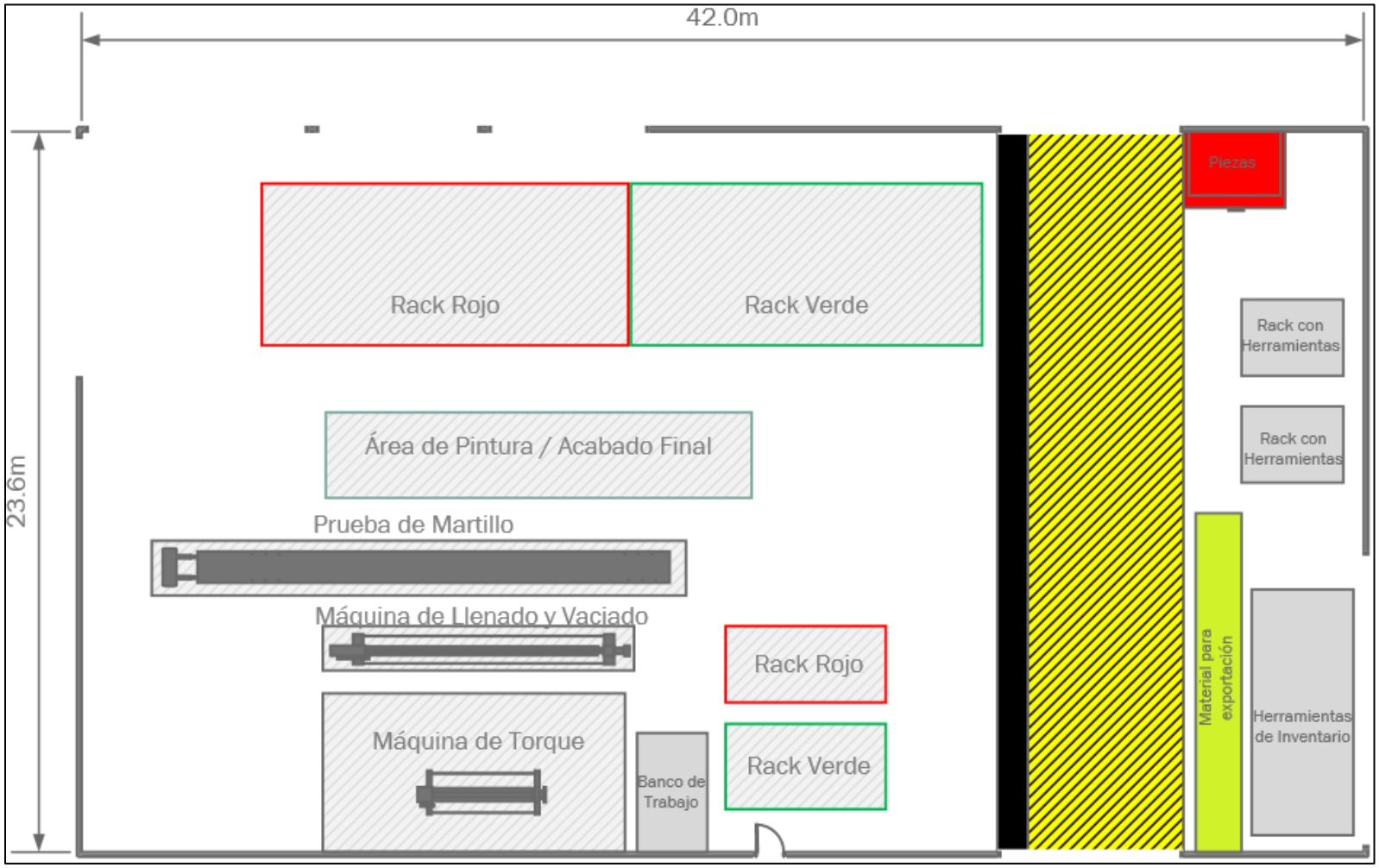


Figura 5.14. *Layout* actual del taller de DT&R

Fuente: Propia (2014)

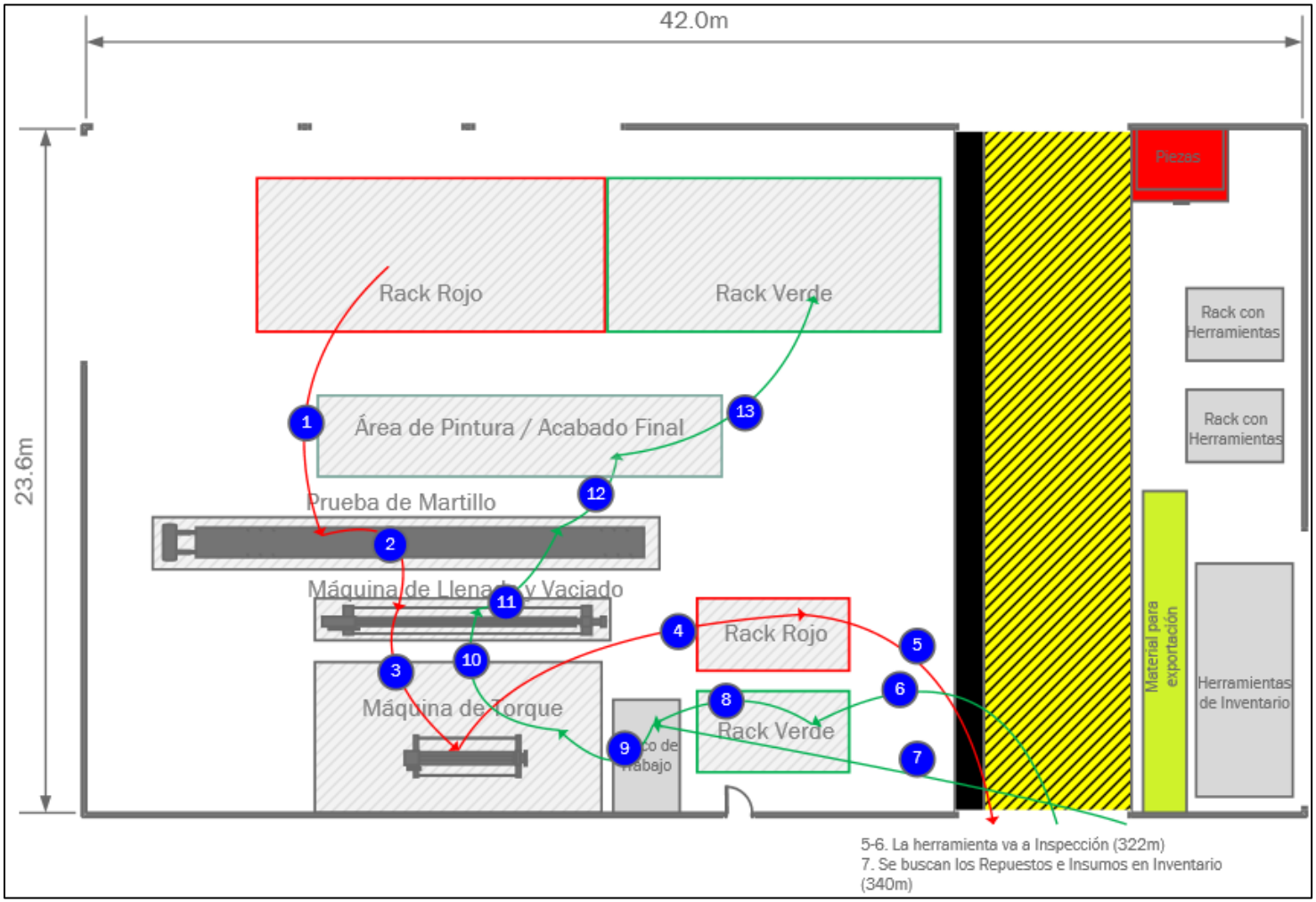


Figura 5.15. Diagrama de *Spaguetti* actual

Fuente: Propia (2014)

Del diagrama anterior, se pueden resumir los movimientos realizados y las distancias recorridas en la tabla 5.1:

	Movimientos	Distancia (m)
1	Rack Rojo (Martillo por hacer mantenimiento) a la Prueba de Martillo	6.4
2	Prueba de Martillo a Máquina de Llenado y Vaciado	1.65
3	Máquina de Llenado y Vaciado a Máquina de Torque	2.8
4	Máquina de Torque a Rack Rojo	12.85
5	Rack Rojo (Partes por realizar mantenimiento) a Inspección	161
6	Inspección a Rack Verde (Partes por ensamblar)	161
7	Inventario a Banco de Trabajo	340
8	Rack Verde a Banco de Trabajo	4.6
9	Banco de Trabajo a Máquina de Torque	6.2
10	Máquina de Torque a Máquina de Llenado y Vaciado	2.8
11	Máquina de Llenado y Vaciado a Prueba de Martillo	1.65
12	Prueba de Martillo a Área de Pintura / Acabado final	1.65
13	Transporte a Rack Verde (Martillo listo)	18
	Total	**720.6 ≈ 721m**

Tabla 5.1. Resumen de movimientos y distancias recorridas actual

Fuente: Propia (2014)

Organizando las distancias de mayor a menor, y estableciendo las frecuencias relativas y acumuladas de cada una de ellas (ver tabla 5.2), se puede realizar el diagrama de Pareto correspondiente a los movimientos

versus las distancias (ver gráfico 5.1) y así determinar los pocos vitales que afectan al 80% del problema.

Movimiento	Distancia (m)	% Relativo	% Acumulado
Movimiento 7	340	47.18%	47.18%
Movimiento 5	161	22.34%	69.53%
Movimiento 6	161	22.34%	91.87%
Movimiento 13	18	2.50%	94.37%
Movimiento 4	12.85	1.78%	96.15%
Movimiento 1	6.4	0.89%	97.04%
Movimiento 9	6.2	0.86%	97.90%
Movimiento 8	4.6	0.64%	98.54%
Movimiento 3	2.8	0.39%	98.92%
Movimiento 10	2.8	0.39%	99.31%
Movimiento 2	1.65	0.23%	99.54%
Movimiento 11	1.65	0.23%	99.77%
Movimiento 12	1.65	0.23%	100.00%

Tabla 5.2. Movimientos con frecuencias relativas y acumuladas

Fuente: Propia (2014)

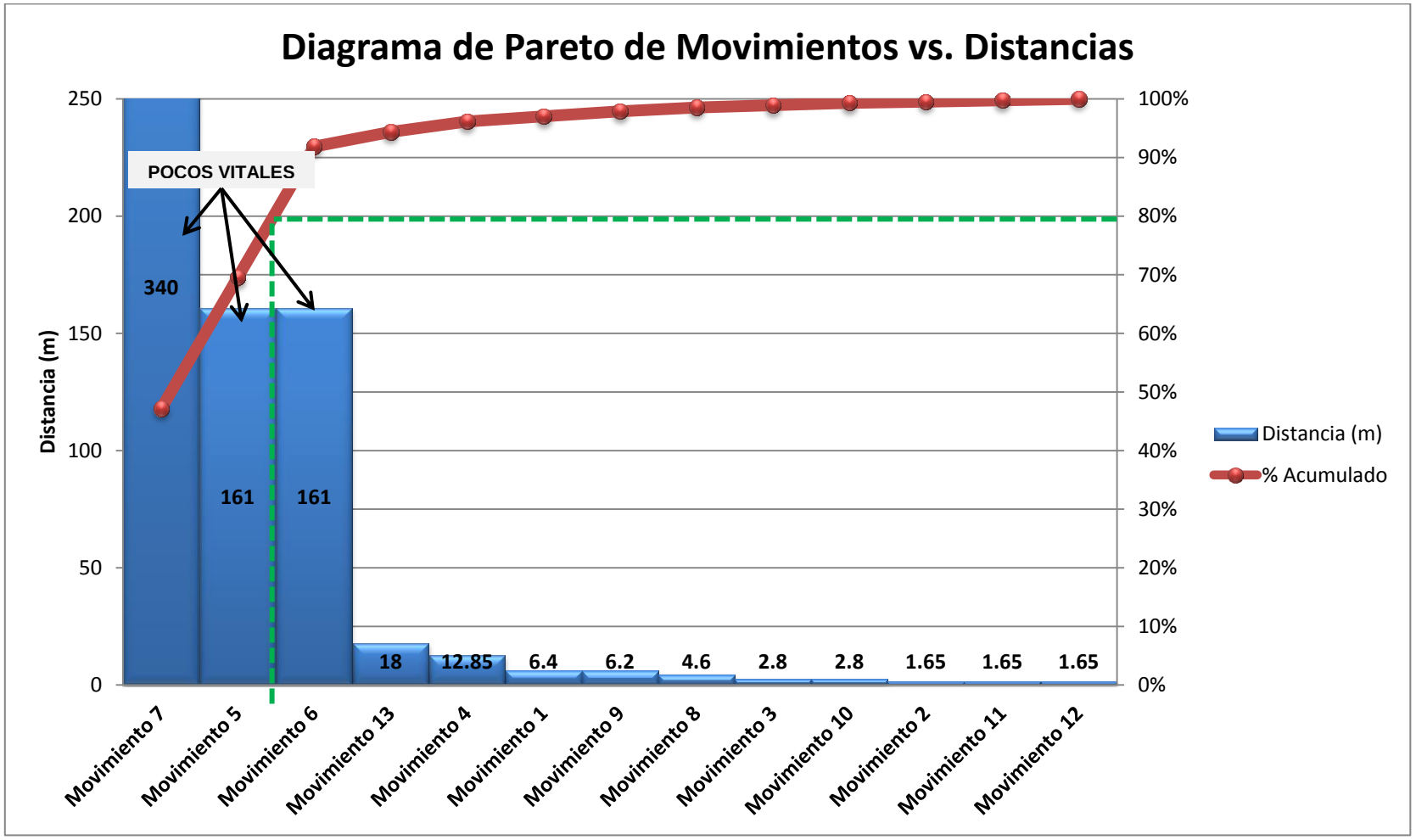


Gráfico 5.1. Diagrama de Pareto de Movimientos vs. Distancias

Fuente: Propia (2014)

VSM Actual

El mapa de la corriente de valor (*Value Stream Mapping* en inglés) es uno de los instrumentos tradicionales de Lean que permite ver tanto el flujo de información como el flujo de materiales de un producto o servicio.

El diagrama SIPOC es un instrumento para ayudar a planificar cualquier mapa. SIPOC proveerá los límites para el mapa. El primer paso de la 'P' de SIPOC será el primer recuadro del proceso en el mapa de la corriente de valor del estado actual y el último paso será el último recuadro.

Para el presente estudio, el VSM comienza con la recepción del martillo de perforación del pozo y culmina cuando el martillo está listo para su despacho. En la parte superior del mapa se muestra el flujo de información donde se observan las comunicaciones entre el cliente y el departamento de Ventas de DP&S para solicitar el servicio de martillos, así como entre éste último, el Gerente de Servicios de Campo (*Field Service Manager* – FSM) y el taller; para así, de esta forma, generarse las órdenes de trabajo internas y poder realizar el mantenimiento.

En la parte inferior del mapa se reflejan los tiempos del proceso *versus* los tiempos de espera y los transportes que se efectúan en el taller donde luego se resumen tanto el tiempo total como las distancias recorridas.

Para la realización del VSM, se debe colocar en recuadros cada paso del método de trabajo detallado en la sección anterior y, adicional a esto, se deben colocar los tiempos de cada uno de los subprocesos que intervienen y los tiempos de espera entre cada subproceso (pueden ser observados en la tabla 5.3), así como las distancias que recorre la herramienta a través del taller de DT&R.

	Actividad	Tiempo (min)
1	Transporte Rack Rojo a la Prueba de Martillo	5
2	Prueba de tiempos	13
3	Transporte a Máquina de Llenado y Vaciado	3
4	Vaciado de martillo	17
5	Transporte a Máquina de Torque	2
6	Desensamblaje	66
7	Espera	1440
8	Transporte a Inspección	11
9	Lavado de componentes	159
10	Inspección de martillo	68
11	Espera	1440
12	Transporte a Máquina de Torque	13
13	Revisión de partes / Requerimiento de inventario	28
14	Montaje de sellos	85
15	Ensamblaje	87
16	Transporte a Máquina de Llenado y Vaciado	2
17	Llenado y prueba	42
18	Transporte a la Prueba de Martillo	3
19	Prueba de tiempos	17
20	Transporte al Área de Pintura / Acabado final	3
21	Pintura / Acabado final	22
22	Transporte a Rack Verde	4
	Total	**3530min ≈ 58.8h**

Tabla 5.3. Tiempos del proceso de servicio actual

Fuente: Propia (2014)

De manera similar que los movimientos, se organizan los tiempos de las actividades de mayor a menor, y estableciendo las frecuencias relativas y acumuladas de cada una de ellas (ver tabla 5.4), se puede realizar el diagrama de Pareto correspondiente a las actividades *versus* los tiempos (ver figura 5.2) y así determinar los pocos vitales.

Actividad	Tiempo (min)	% Relativo	% Acumulado
Actividad 7	1440	40.79%	40.79%
Actividad 11	1440	40.79%	81.59%
Actividad 9	159	4.50%	86.09%
Actividad 15	87	2.46%	88.56%
Actividad 14	85	2.41%	90.96%
Actividad 10	68	1.93%	92.89%
Actividad 6	66	1.87%	94.76%
Actividad 17	42	1.19%	95.95%
Actividad 13	28	0.79%	96.74%
Actividad 21	22	0.62%	97.37%
Actividad 4	17	0.48%	97.85%
Actividad 19	17	0.48%	98.33%
Actividad 2	13	0.37%	98.70%
Actividad 12	13	0.37%	99.07%
Actividad 8	11	0.31%	99.38%
Actividad 1	5	0.14%	99.52%
Actividad 22	4	0.11%	99.63%
Actividad 3	3	0.08%	99.72%

Actividad 18	3	0.08%	99.80%
Actividad 20	3	0.08%	99.89%
Actividad 5	2	0.06%	99.94%
Actividad 16	2	0.06%	100.00%

Tabla 5.4. Actividades con frecuencias relativas y acumuladas

Fuente: Propia (2014)

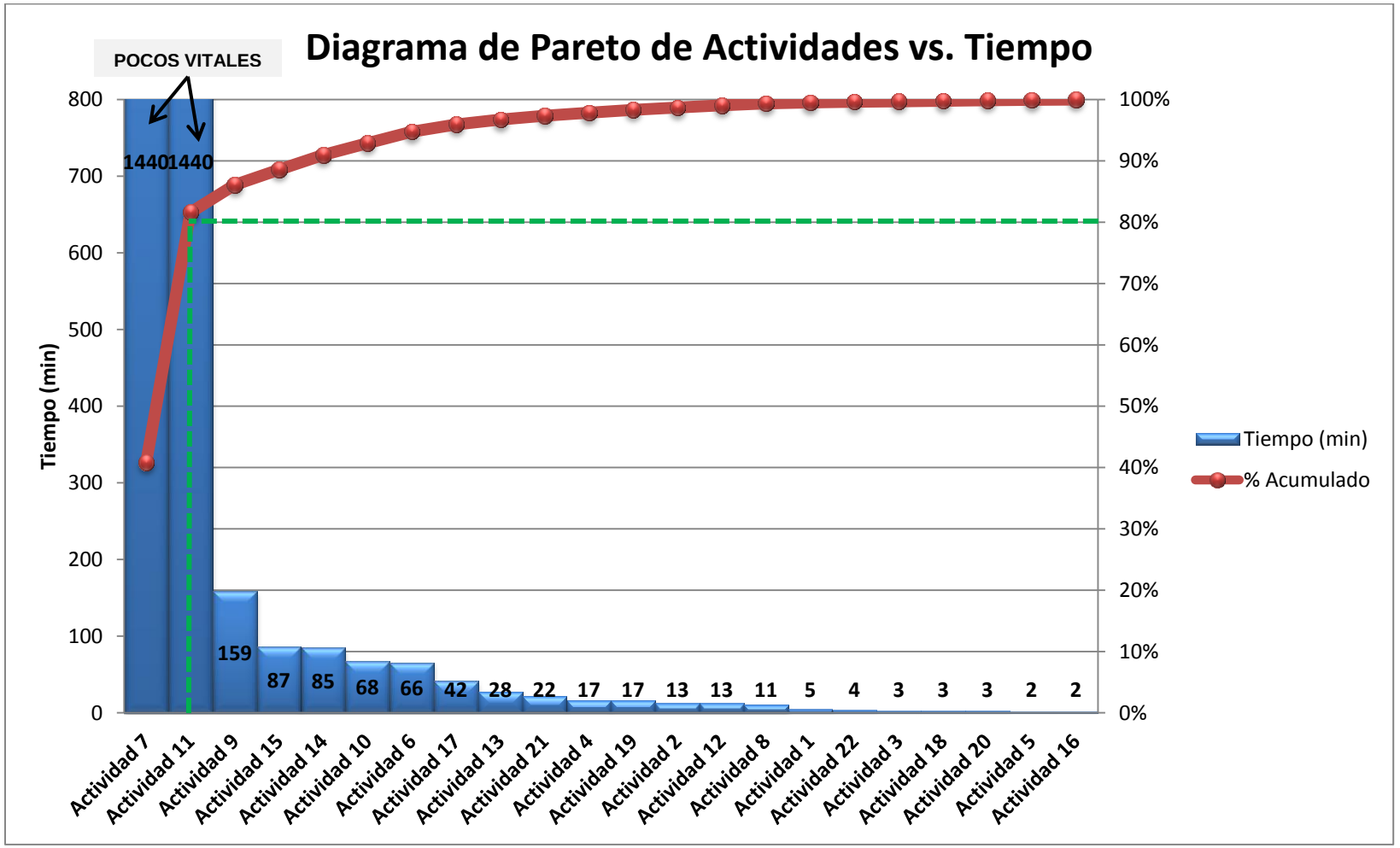


Gráfico 5.2. Diagrama de Pareto de Actividades vs. Tiempo

Fuente: Propia (2014)

A lo largo del VSM, se detallan un número de gráficos tipo estrella que son llamados 'estallidos *kaizen*'. Estos estallidos, o simplemente *kaizen*, son los problemas que presentan las áreas y que han sido identificados para mejorar. Se pueden visualizar los estallidos por cada etapa del proceso en la lista mostrada en la tabla 5.5 provenientes del mapa de la corriente de valor.

Proceso	Estallidos *kaizen*
Almacenamiento Rack Rojo	Disponibilidad de puente grúa
Vaciado de martillo	Demoras en búsqueda de herramientas
	Disponibilidad de tambor para el aceite
	Demoras por remoción de *plugs*
Desensamblaje	Disposición inadecuada de herramientas
	Demoras en búsqueda de herramientas
	Disponibilidad de puente grúa
Transporte (Desensamblaje – Inspección)	Disponibilidad de montacargas
	24 horas de espera por inspección
Lavado de componentes e Inspección de martillo	Hidrojet
	Pausas no programadas
	Falta de supervisión / seguimiento
	Poca planificación del trabajo
	Poca disponibilidad de racks
	Falta de ayudante y secretaria
	El químico está en otra área
	Químico sin bomba
	Racks en mal estado
	Distancias muy largas
	Distracciones

	Servicios básicos lejos
	Disponibilidad de aceites y grasas
Transporte (Inspección – Ensamblaje)	Disponibilidad de montacargas
	24 horas de espera por inspección
Revisión de partes / Requerimiento de inventario	Partes e inventario disponibles
	Inventario en otra planta
Ensamblaje	Disponibilidad de aceites y grasas
	Disponibilidad de puente grúa
	Demoras en búsqueda de herramientas
Llenado y prueba	Disponibilidad de aceite
	Disponibilidad de puente grúa
Almacenamiento Rack Verde	Disponibilidad de puente grúa
Comunicación	Engranaje interdepartamental
	Información incompleta en orden de trabajo

Tabla 5.5. Estallidos *kaizen* en el VSM actual

Fuente: Propia (2014)

Para el mapa de la corriente de valor, se deben establecer las métricas que se van a evaluar para el mismo. Para el presente estudio, se tiene que las métricas son: los tiempos de los procesos (*Process Time* – P/T) y los tiempos de espera, las distancias recorridas, las cantidades de operadores por estación de trabajo y el tamaño de las áreas.

Se puede visualizar el mapa de la corriente de valor en la figura 5.16 con toda la información descrita anteriormente.

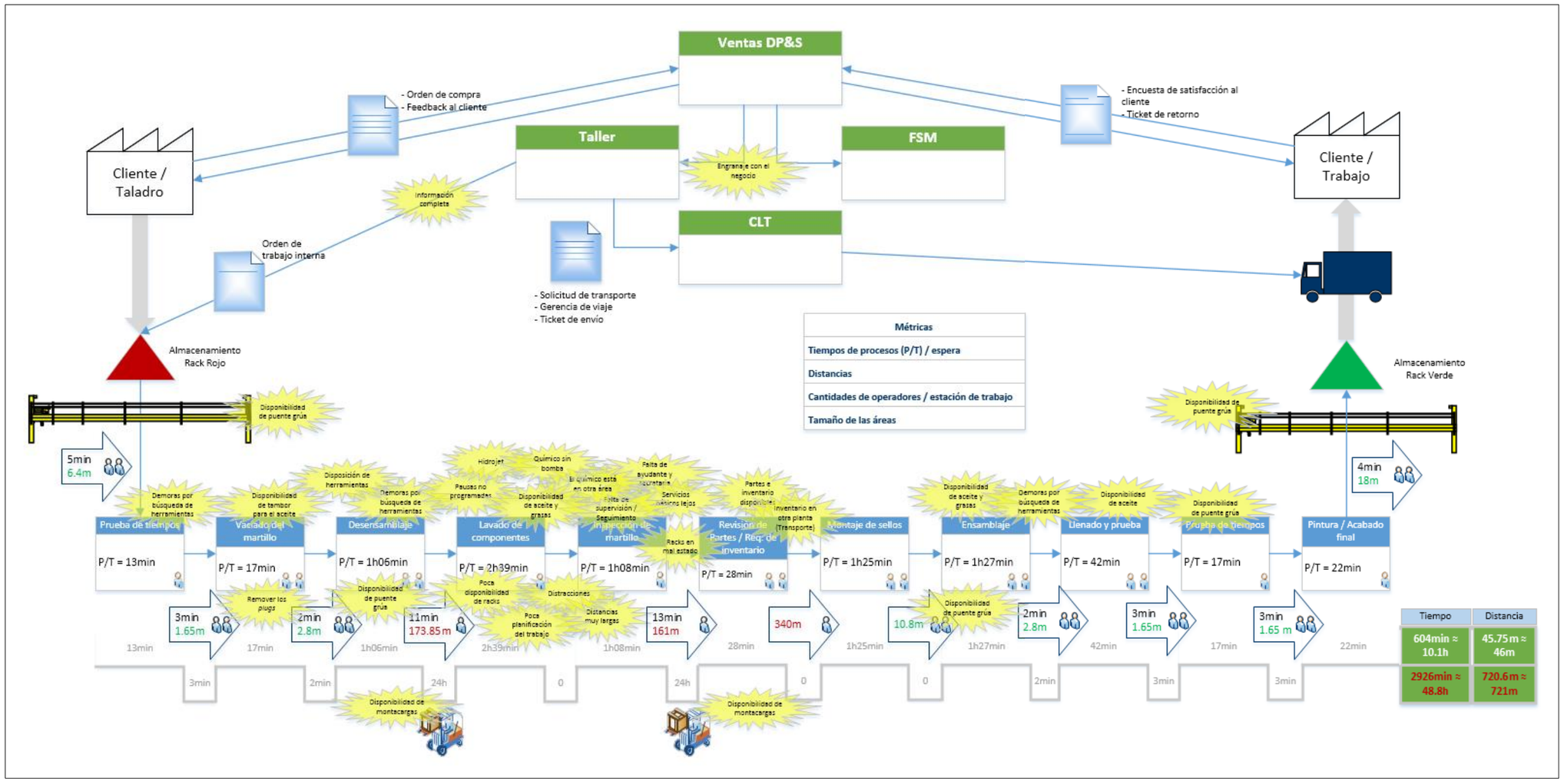


Figura 5.16. Mapa de la corriente de valor actual

Fuente: Propia (2014)

Del mapa de la corriente de valor, se pueden relacionar los tiempos del proceso y los tiempos de espera (ver tabla 5.6) para así graficar el porcentaje de los tiempos de cada uno con respecto al total (ver gráfico 5.3).

Tiempo total del servicio de martillos actual (min)		
Tiempo del Proceso	**Tiempo de Espera**	**Total**
604	2926	**3530**
17.11%	82.89%	**100%**

Tabla 5.6. Tiempo total del servicio de martillos actual

Fuente: Propia (2014)

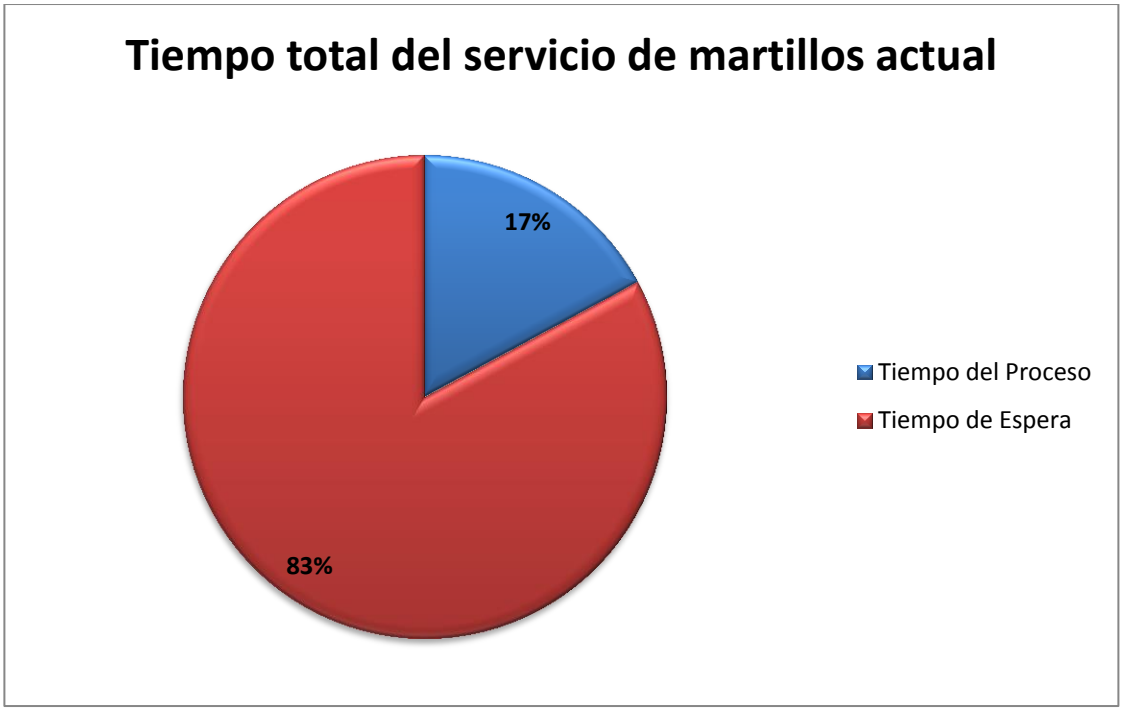


Gráfico 5.3. Tiempo total del servicio de martillos actual

Fuente: Propia (2014)

Análisis General

A continuación se detalla el análisis de la situación actual presentada en el taller de DT&R a través de las técnicas de *Lean* antes detalladas:

- Diagramas

Según lo observado en los diagramas, específicamente en el diagrama de *Spaguetti* y en el VSM, existen grandes desplazamientos que deben de realizar tanto los trabajadores como la herramienta dentro y fuera del taller del segmento.

Del diagrama de Pareto de los movimientos y las distancias, se puede observar que el 20% de los movimientos genera el 80% de las distancias. Esto es, las distancias recorridas de buscar las partes en Inventario así como el traslado de la herramienta a Inspección. Como es la misma distancia, se toma en cuenta la distancia de Inspección al rack verde de partes listas para ensamblar por lo que se tiene un total del 91.87% en distancias largas que se tienen que recorrer.

En el diagrama de Pareto de las actividades y los tiempos, se tiene que los pocos vitales que afectan el 80% del problema está referido a las esperas correspondientes para el proceso de lavado e inspección del martillo, lo cual corresponde al 81.59% del tiempo total seguido de un 4.50% del tiempo de lavado de componentes para un total de 86.09% del tiempo total.

Según el gráfico 5.3, se tiene que el 83% del tiempo total del ciclo de mantenimiento es alusivo al tiempo de espera; es decir, el tiempo de espera es aproximadamente cinco veces el tiempo del proceso; por lo que se evidencia que efectivamente existe un desperdicio en el proceso de servicios y que el 20% de las actividades y los movimientos genera el 80% del

problema de la poca disponibilidad de los martillos de perforación en el segmento DT&R.

- Cuello de Botella

Del mapa de la corriente de valor se evidenció que se tiene un cuello de botella en el área de inspección que no permite el flujo continuo de las operaciones, ya que se tiene un tiempo de lavado de componentes e inspección del martillo aproximado de 227 minutos (3 horas con 47 minutos), siendo éste el proceso con mayor uso en todo el sistema limitando la capacidad de rendimiento del ciclo total del mantenimiento a los martillos.

Esto puede tener su origen en la estructuración del personal de inspección, que, como se observó en los estallidos *kaizen*; el inspector, (que no dispone de un ayudante ni secretaria) limpia, inspecciona y llena el reporte. Otras posibles causas que pudieran contribuir al cuello de botella es que el personal realiza pausas no programadas, tiene que recorrer distancias muy largas, entre otras detalladas en los *kaizen*.

- Desperdicio

Las formas de desperdicio que aplican para el proceso de servicio de los martillos, tomando como base el análisis de desperdicio según *Lean* a través del acrónimo *DOWNTIME* o 'tiempo muerto', son las siguientes:

D – Defectos

El martillo es la más confiable de todas las herramientas de perforación; existe un porcentaje a nivel global en cuanto a fallas menor al 1%. En

promedio, se tiene que de 0,5 a 1 vez al año falla la herramienta en el taller en la prueba de presión (máquina de llenado y vaciado) y ésta se acomoda inmediatamente.

O – Sobreproducción

No hay desperdicio en sobreproducción.

W – Esperar

Como se puede observar en el VSM, transcurre mucho tiempo entre el desensamblaje y el lavado de componentes así como entre la inspección y la revisión de partes e inventario. Esto puede tener su origen en la poca disponibilidad que se tiene del montacargas para trasladar las herramientas al área de inspección así como también el acumulamiento de trabajo lo cual conlleva a tener que postergar el trabajo que se está haciendo en el momento.

De igual forma, existe desperdicio en las actividades de lavado de componentes e inspección del martillo. Como se mencionó en el análisis de cuello de botella, existe una restricción en el sistema en estos procesos ya que la estructuración del personal de Inspección no permite que estas actividades se realicen de manera simultánea para disminuir su duración.

N – Empleados Desocupados

Se evidencia la poca utilización de los empleados al momento de realizarse una actividad; como por ejemplo al momento de la inspección, que es ejecutada por un solo trabajador.

T – Transporte & M – Movimiento

El desperdicio de ‘transporte’ y ‘movimiento’ está referido a las grandes distancias recorridas tanto por el trabajador como por el material al movilizarse el primero al área de inventario, y el último al área de inspección.

I – Inventario

No hay desperdicio en inventario.

E – Sobreprocesamiento

Existe un desperdicio en ‘sobreprocesamiento’ ya que, al momento de efectuar el mantenimiento a los martillos de perforación, se realiza la prueba de entrada o de tiempos. Esta prueba, según el manual de servicio de Schlumberger, es opcional y solo es mandataria en ciertas condiciones que no aplican la mayoría de los casos.

CAPÍTULO VI

SITUACIÓN PROPUESTA

En este capítulo se presenta el nuevo método de trabajo, junto con los diagramas elaborados para el proceso propuesto de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R de Slb, además se detallan planes de auditoría y controles visuales para asegurar la continuidad de las mejoras propuestas.

Propuesta de Trabajo

El recorrido que sigue el proceso propuesto es en forma de 'U', maximizando la eficiencia de la corriente de valor eliminando el desperdicio entre las operaciones. La celda es manejada con mucha facilidad a través de manejo visual y la manipulación de los materiales es optimizada al establecerse tanto las recolecciones como las entregas en el mismo sitio. La celda es flexible en cuanto a su manejo porque puede ser operada en paralelo y en serie.

Para esta distribución según *Lean* se recomendó el establecimiento de un área de inspección dentro del taller así como la disposición de un almacén de inventario en las oficinas del taller para acortar las distancias recorridas que son consideradas como los 'pocos vitales' en el diagrama de Pareto.

El método de trabajo propuesto inicia cuando los trabajadores transportan el martillo del rack rojo a la máquina de llenado y vaciado donde lo preparan para realizar el respectivo vaciado. Luego, se lleva a la máquina de torque

donde se desensambla y se coloca en el rack rojo de partes por realizar mantenimiento. Estas partes son llevadas a Inspección donde, al tenerse dos martillos en el área, se efectúa simultáneamente el lavado de los componentes y la inspección de los mismos.

Después que transportan las partes del martillo al rack verde de partes por ensamblar; simultáneamente se buscan los repuestos e insumos, se montan los sellos y se ensambla el martillo. Luego de ensamblado el martillo, se traslada a la máquina de llenado y vaciado donde se llena de aceite y se comprueba que no existan fugas. Una vez terminado, se lleva a la prueba de martillo donde se comprueban los tiempos tanto de tensión como de compresión. A continuación, se pasa al área de pintura y acabado final donde se pinta y se prepara para finalmente almacenarse en el rack verde.

Herramientas de *Lean* a Aplicar

Luego de identificadas las herramientas de *Lean* con las que se pretende abordar los problemas del taller, se procede a adaptar cada una de estas herramientas a la realidad empresarial de DT&R con el fin de mejorar su productividad y eficiencia:

***Layout* propuesto**

En búsqueda de una distribución que minimice la problemática del taller se hace la siguiente propuesta en la que se pretende reducir el tiempo total del proceso mudando el área de inspección dentro del taller para que de tal manera se puedan eliminar las distancias largas. Así mismo, se desea mejorar la distribución de esta área para que exista un flujo continuo del

proceso y se disminuya el cuello de botella presente. El *layout* propuesto se puede observar en la figura 6.17

Diagrama de *Spaguetti* propuesto

Representando gráficamente el método de trabajo descrito previamente en el *layout* propuesto, se puede realizar el diagrama de *Spaguetti* propuesto para el proceso de servicio de martillos de perforación del segmento DT&R que se puede observar en la figura 6.18.

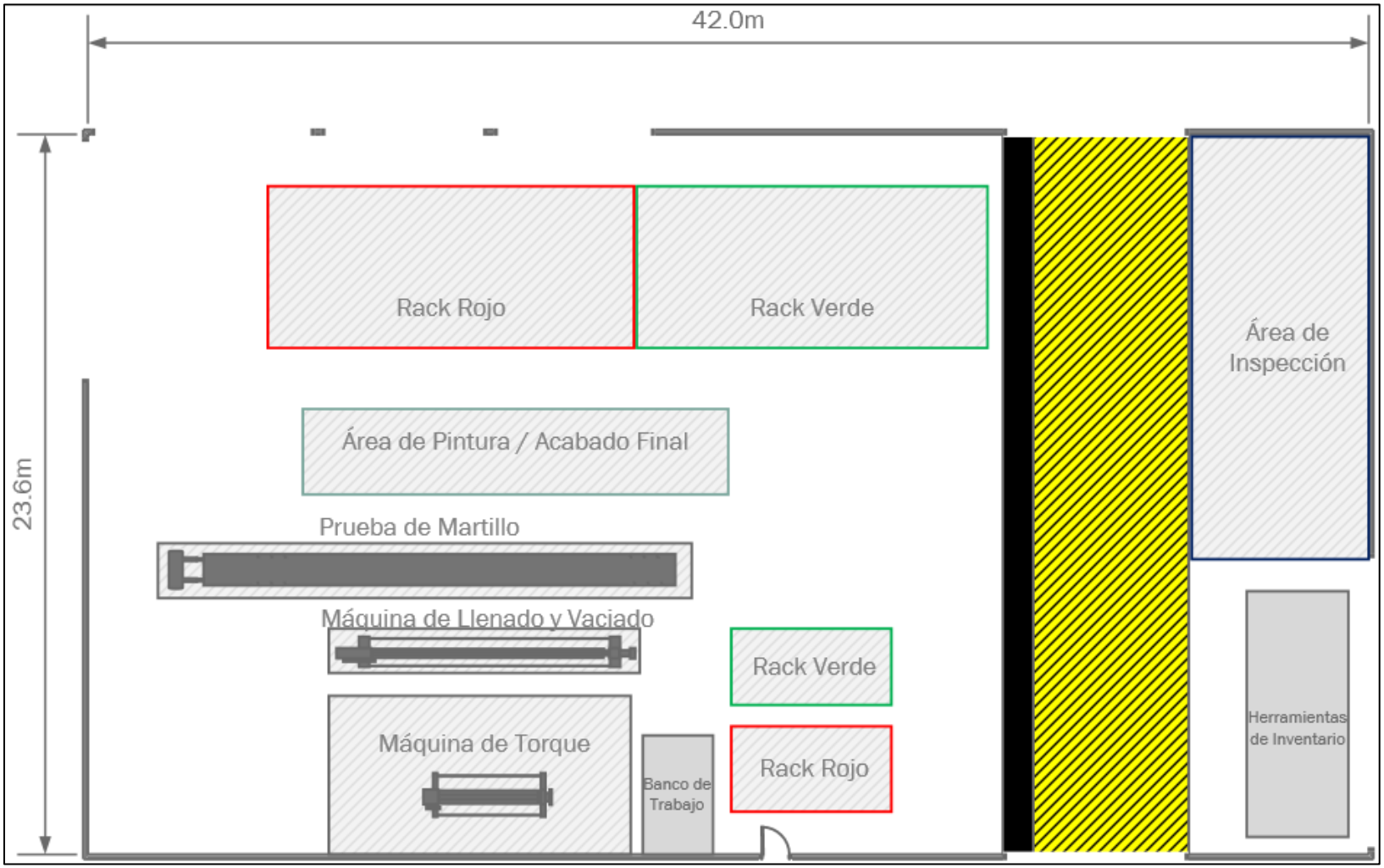


Figura 6.17. *Layout* propuesto del taller de DT&R

Fuente: Propia (2014)

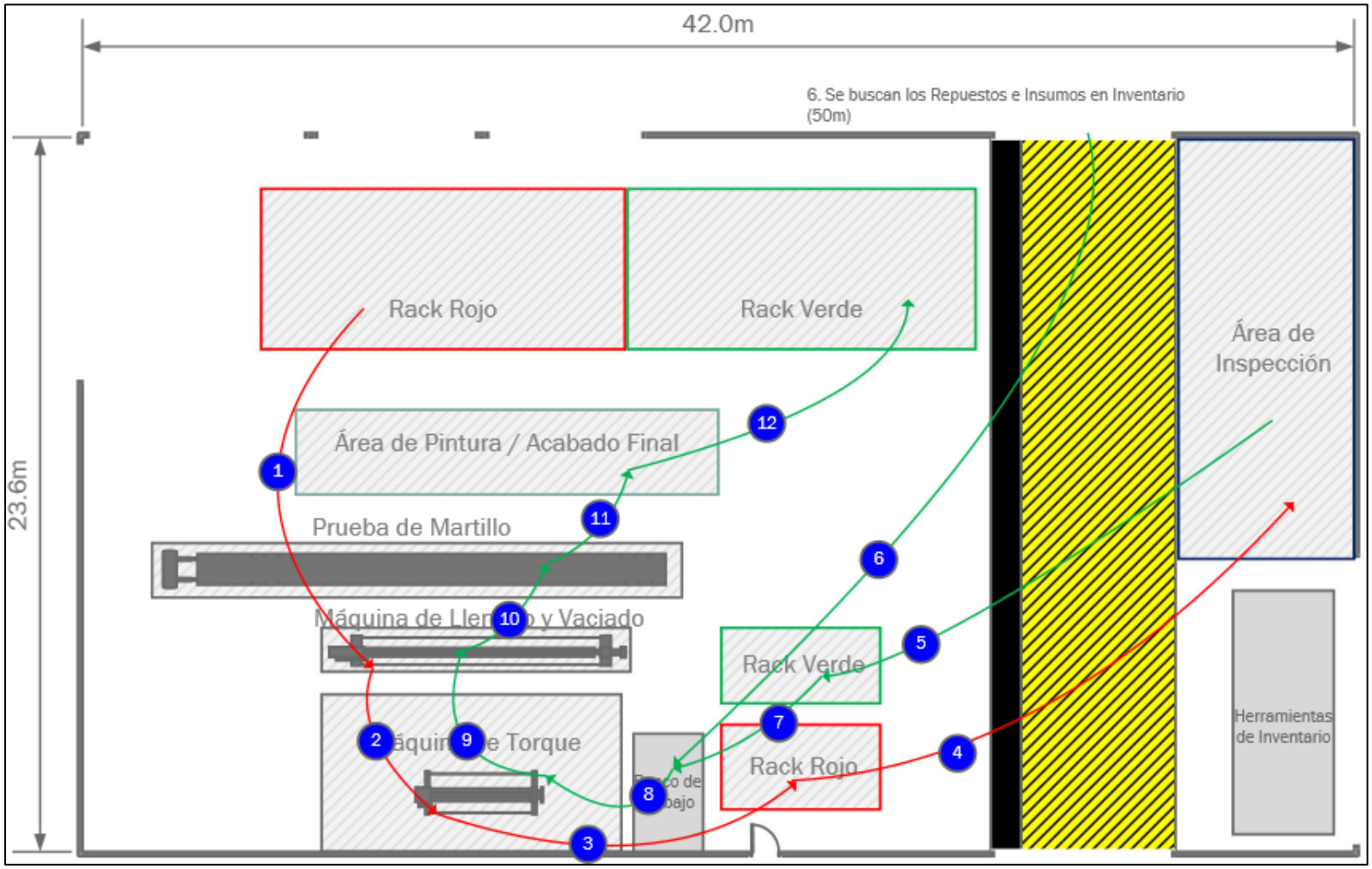


Figura 6.18. Diagrama de *Spaguetti* propuesto

Fuente: Propia (2014)

Del diagrama anterior, se pueden resumir los movimientos realizados y las distancias recorridas en la tabla 6.7:

	Movimientos	Distancia (m)
1	Rack Rojo (Martillo por hacer mantenimiento) a Máquina de Llenado y Vaciado	8.05
2	Máquina de Llenado y Vaciado a Máquina de Torque	2.8
3	Máquina de Torque a Rack Rojo	12.85
4	Rack Rojo (Partes por realizar mantenimiento) a Inspección	12
5	Inspección a Rack Verde (Partes por ensamblar)	12
6	Inventario a Banco de Trabajo	50
7	Rack Verde a Banco de Trabajo	4.6
8	Banco de Trabajo a Máquina de Torque	6.2
9	Máquina de Torque a Máquina de Llenado y Vaciado	2.8
10	Máquina de Llenado y Vaciado a Prueba de Martillo	1.65
11	Prueba de Martillo a Área de Pintura / Acabado final	1.65
12	Transporte a Rack Verde (Martillo listo)	18
	Total	**132.6 ≈ 133m**

Tabla 6.7. Resumen de movimientos y distancias recorridas propuesto

Fuente: Propia (2014)

VSM propuesto

El VSM que se propone consta del procedimiento previamente mencionado donde se reflejan las actividades simultáneas, así como los tiempos (ver tabla 6.8) y las distancias del nuevo método.

	Actividad	Tiempo (min)
1	Transporte Rack Rojo a Máquina de Llenado y Vaciado	6
2	Vaciado de martillo	17
3	Transporte a Máquina de Torque	2
4	Desensamblaje	66
5	Transporte a Inspección	10
6	Lavado de componentes Inspección de martillo	159
7	Transporte a Máquina de Torque	10
8	Revisión de partes / Requerimiento de inventario Montaje de sellos Ensamblaje	87
9	Transporte a Máquina de Llenado y Vaciado	2
10	Llenado y prueba	42
11	Transporte a la Prueba de Martillo	3
12	Prueba de tiempos	17
13	Transporte a Área de Pintura / Acabado final	3
14	Pintura / Acabado final	22
15	Transporte a Rack Verde	4
	Total	**450min ≈ 7.5h**

Tabla 6.8. Tiempos del proceso de servicio propuesto

Fuente: Propia (2014)

En la tabla 6.9 se pueden observar los estallidos *kaizen* del mapa de la corriente de valor actual con propuestas que podrían servir de solución para mejorar los problemas encontrados anteriormente.

Actividad	Estallidos *kaizen*	Propuesta de solución
Vaciado de martillo	Demoras en búsqueda de herramientas	Armar caja de herramientas cumpliendo con las normas de las 5S y asignarla al personal a realizar la actividad
	Disponibilidad de tambor para el aceite	Implementar *kanbans* para tambores de aceite
Desensamblaje	Disposición inadecuada de herramientas	Mejorar la disposición de las herramientas en el área de trabajo
	Demoras en búsqueda de herramientas	Armar caja de herramientas cumpliendo con las normas de las 5S y asignarla al personal a realizar la actividad
	Disponibilidad de puente grúa	Activar la grúa tipo bandera
Transporte (Desensamblaje – Inspección)	Disponibilidad de montacargas	Construir el área de inspección dentro del taller
	24 horas de espera por inspección	Instalar estación de lavado/inspección con al menos dos secciones separadas (recomendable tres)
		Equipo de trabajo conformado por un inspector y un ayudante para la limpieza de los equipos
Lavado de componentes e Inspección de martillo	Hidrojet	Adquirir Hidrojet
	Pausas no programadas	Incrementar la supervisión del personal de inspección (mejorará con la mudanza del área)
	Falta de supervisión / seguimiento	Incrementar la supervisión del personal de inspección (mejorará con la mudanza del área)

Actividad	Estallidos *kaizen*	Propuesta de solución
		Incluir objetivos diarios y/o semanales, hacer seguimiento.
	Poca planificación del trabajo	Incluir las actividades de inspección dentro de la planificación semanal del taller
	Poca disponibilidad de racks	Instalar al menos dos racks (recomendable tres) con capacidad para martillos en el área de inspección
	Falta de ayudante y secretaria	Evaluar la reestructuración del personal de inspección en la base
	El químico está en otra área	Colocar un barril de químico dentro del área de inspección
	Químico sin bomba	Comprar una bomba para sacar el químico del tambor
	Racks en mal estado	Colocar material de goma en los racks que ayude a mitigar el efecto de golpes en roscas y áreas de cromo
	Distancias muy largas	Se arregla con la mudanza
	Distracciones	Incrementar la supervisión del personal de inspección (mejorará con la mudanza)
		Incluir objetivos diarios y/o semanales, hacer seguimiento
	Servicios básicos lejos	Se arregla con la mudanza
	Disponibilidad de aceites y grasas	Instalar un rack con aceitera y contenedores de grasas para aplicar a roscas listas
Revisión de partes e Inventario	Partes e inventarios disponibles	Implementar sistema de *kanbans* y un *stock* mínimo/máximo de seguridad
	Inventario en otra planta	Habilitar un área de almacén en las cercanías del taller
Montaje de sellos		Actividad simultánea al ensamblaje y requerimiento de inventario, una persona designada a esta área
Ensamblaje	Disponibilidad de aceites y grasas	Mejorar distribución de materiales en el área de trabajo

Actividad	Estallidos *kaizen*	Propuesta de solución
	Disponibilidad de puente grúa	Activar la grúa tipo bandera
	Demoras en búsqueda de herramientas	Armar caja de herramientas cumpliendo con las normas de las 5S y asignarla al personal a realizar la actividad
Llenado y prueba	Disponibilidad de aceite	Implementar *kanbans* para tambores de aceite
Comunicación	Engranaje interdepartamental	Realizar reuniones operacionales semanales
	Información incompleta en orden de trabajo	Seguimiento al cumplimiento del procedimiento de calidad

Tabla 6.9. Propuesta de solución a los *kaizen* del VSM actual

Fuente: Propia (2014)

Cabe destacar que en el mapa de la corriente de valor propuesto, aún persisten ciertos *kaizen* como lo es la disponibilidad de puente grúa en varias etapas del proceso y la remoción de los *plugs* en el vaciado del martillo. En el primer caso, la inversión que se requiere para equipar al taller con otro puente grúa no es representativa por la poca mejoría que pudiera generar; y en el segundo caso, el procedimiento de vaciado del martillo se encuentra en los manuales y estándares de la empresa por lo que Ingeniería es el departamento encargado de proponer soluciones para evitar retrasos por la remoción de los *plugs*.

Se puede visualizar el mapa de la corriente de valor propuesto en la figura 6.19.

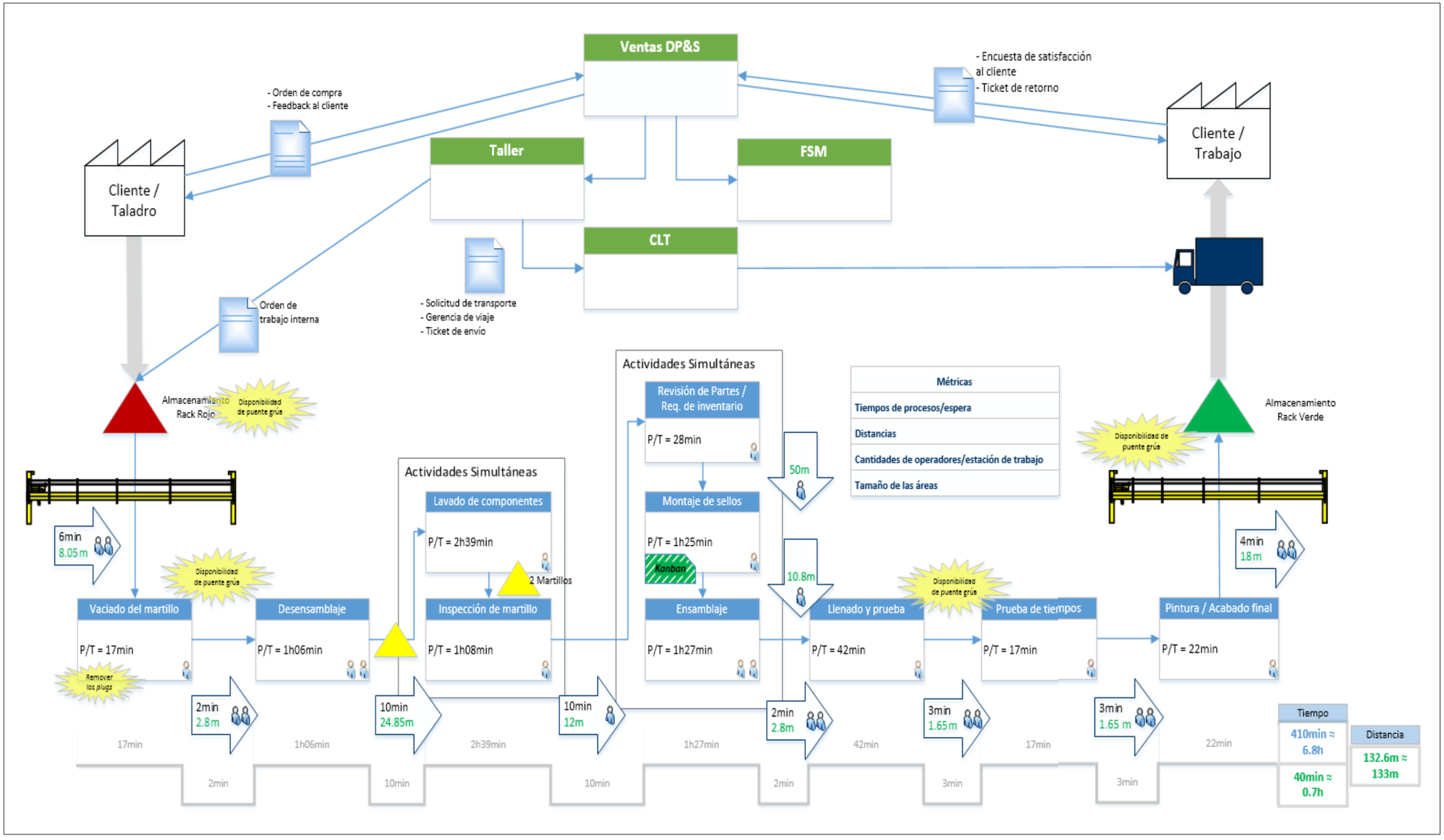


Figura 6.19. Mapa de la corriente de valor propuesto

Fuente: Propia (2014)

Del mapa de la corriente de valor futuro, se pueden relacionar los tiempos del proceso y los tiempos de espera (ver tabla 6.10) para así graficar el porcentaje de los tiempos de cada uno con respecto al total (ver gráfico 6.4).

Tiempo total del servicio de martillos futuro (min)		
Tiempo del Proceso	**Tiempo de Espera**	**Total**
410	40	**450**
91.11%	8.89%	**100%**

Tabla 6.10. Tiempo total del servicio de martillos propuesto

Fuente: Propia (2014)

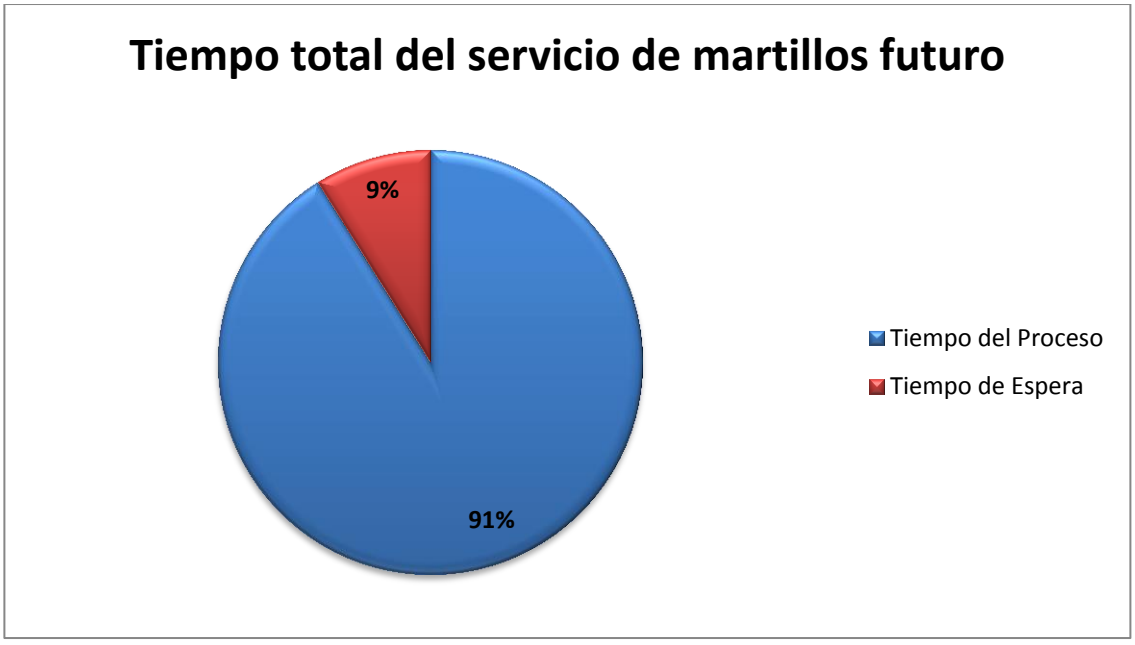


Gráfico 6.4. Tiempo total del servicio de martillos futuro

Fuente: Propia (2014)

Aplicación de las 5S's

La implementación de las 5S's buscan mejorar la forma de trabajo al personal en el momento de realizar sus actividades y las diferentes funciones que se llevan a cabo durante el proceso de servicio de los martillos de perforación. La búsqueda de una mejor organización del área de trabajo es el objetivo de esta implementación.

Previo a la aplicación de las 5S's se debe dar una capacitación a los operarios sobre los fundamentos de la metodología y lo que se busca obtener mediante la aplicación de esta herramienta. Lo que se persigue es que los trabajadores comprendan y se adapten a la herramienta como parte de su nueva forma de trabajo, mas no como una aplicación temporal.

La capacitación debe contar con la participación del personal de planta, supervisión y Gerencia, de forma que quede establecido el compromiso por parte de ellos en el desarrollo de la implementación de la herramienta.

Para la implementación de las 5S's se describirá cada una de las etapas de este plan.

- *Seiri* – Clasificar

El primer paso se realizará clasificando los materiales existentes en las áreas de trabajo del taller, dividiéndolos en necesarios e innecesarios. El apoyo de los trabajadores es preciso en esta parte para así emitir justificación y opiniones sobre el uso y necesidad de los elementos del área de trabajo.

Los objetos que se utilizan para el servicio de mantenimiento a los martillos son los que permanecerán en el taller; aquellos elementos innecesarios o no utilizados en el proceso de servicio serán apartados para

su posterior reubicación o descarte al área de chatarra. Esta decisión sobre el descarte de objetos debe ser revisada por el Jefe de Taller y la línea de la Gerencia.

- *Seiton* – Ordenar

El siguiente proceso consiste en establecer áreas definidas dentro del taller donde se colocarán los materiales que se clasificaron como necesarios para el proceso de servicio.

En el taller se dibujará el contorno de las herramientas en el panel para una mejor ubicación y orden así como se delimitará las áreas en los estantes donde se encuentren los objetos.

- *Seiso* – Limpiar

El taller de DT&R cuenta con una cultura de *seiso* bien manejada para los equipos que se utilizan; al final de cada turno laboral se desarrolla la limpieza.

En esta etapa se debe limpiar el área de trabajo y sus adyacencias; esto se refiere a retirar polvo, aceite, grasa, asegurar limpieza de pisos, paredes y equipo, entre otros. Así mismo, este paso incluye pintar los equipos y los estantes a utilizarse.

Mediante la observación directa se determina que no existe orientación alguna sobre las herramientas y materiales pertenecientes a dichos lugares. De forma general, el área de trabajo del taller se encuentra bajo una situación de desorden que no permite un control rápido de lo que se tiene ni un avistamiento eficaz de lo que se necesita.

En las figuras 6.20, 6.21 y 6.22 se pueden visualizar la situación actual de los puestos de trabajo del área de la Máquina de Torque así como las condiciones luego de aplicar las 3S's anteriores.

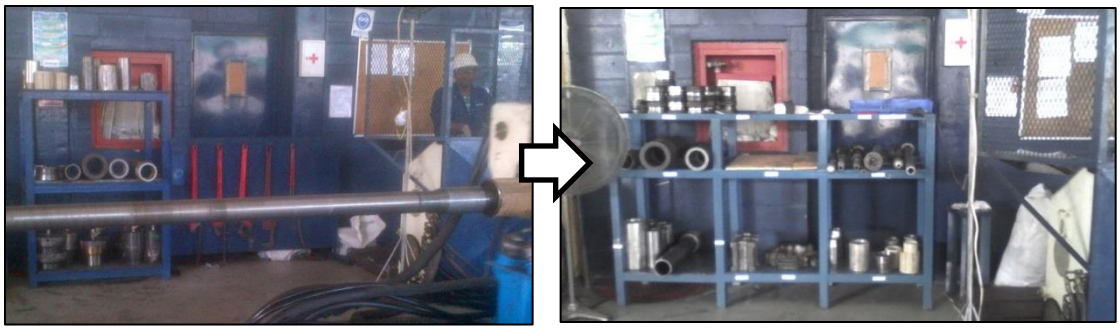


Figura 6.20. Área cercana a la Máquina de Torque

Fuente: Propia (2014)

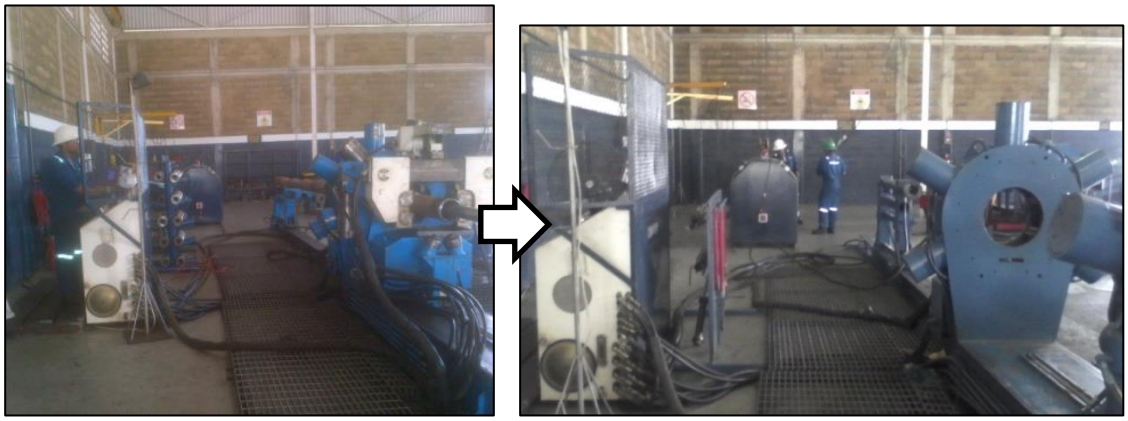


Figura 6.21. Área de trabajo de la Máquina de Torque

Fuente: Propia (2014)

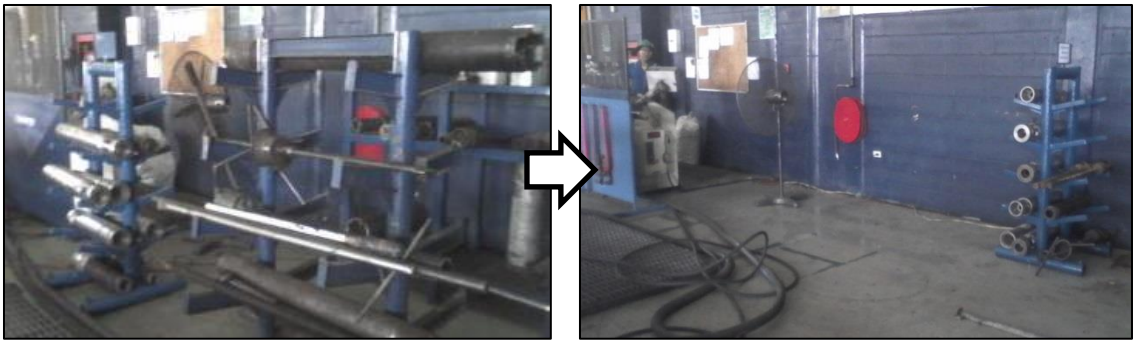


Figura 6.22. Área cercana a la Máquina de Torque (continuación)

Fuente: Propia (2014)

- *Seiketsu* – Estandarizar

Una vez que se ha establecido la forma adecuada de organización del área de trabajo, esta debe ser utilizada como modelo, donde la ubicación de las herramientas y los materiales de trabajo debe quedar claramente establecida para los trabajadores. Se debe crear hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones.

Para poder mantener el estado obtenido a través de las primeras 3S's se deben cumplir ciertos puntos:

- Asignar trabajos y responsabilidades: Para lograr el objetivo de esta S, cada trabajador deberá conocer cuál es su responsabilidad sobre lo que tiene que hacer en cuanto al orden y la limpieza. Se propone una limpieza de los equipos y del área en general al finalizar el turno de trabajo y al término de cada semana una limpieza más completa donde se verifique el seguimiento y la correcta implementación de la clasificación, el orden y la limpieza.

- Unificar las primeras 3S's: La integración de las primeras 3S's debe ser parte de las actividades cotidianas de los trabajadores en cuanto a su aplicación.

- *Shitsuke* – Sostener

Para lograr una disciplina sobre el mantenimiento de las 5's se debe apelar a la autodisciplina de los mismos trabajadores. Una vez establecidas las normas y la forma como debe quedar el área de trabajo se debe otorgar la responsabilidad de mantener lo implementado al personal. La autonomía de cada uno de ellos es un factor importante para crear una cultura laboral, la función de control debe ser una función de soporte.

A continuación se presenta algunas condiciones que ayudan a incentivar la presencia de la disciplina: Ayudas visuales, auditorías de 5S's y publicación de los resultados, reconocimientos por cumplimiento, evaluaciones periódicas y retroalimentación, recorrido por parte de los directivos a las áreas del taller, entre otras.

Sistema *Pull* y *Kanbans*

Esta herramienta de *Lean* proporciona técnicas para establecer un sistema de producción que se base en la demanda del cliente. Para esto, se proponen *kanbans* en las oficinas cercanas al taller donde se habilite un área de almacén que sirva para mantener cierta parte de los repuestos e insumos de Inventario para los distintos tamaños de los martillos de perforación. Una vez que se llegue a la cantidad de *stock* mínima (*Minimum Safety Stock*), se debe solicitar el suministro de nuevas partes e insumos.

De la misma manera, se plantea con los tambores de aceite para la etapa de ‘vaciado de martillo’; se proponen *kanbans* o señales para indicar cuando los tambores de aceite estén por terminarse o cuando estén muy llenos y poder de esta manera reemplazarlo. Todo esto con el fin de disminuir el tiempo de ocio y mantener un flujo continuo del proceso.

Estructura de la Propuesta

La propuesta incluye la modificación del taller por la construcción de un área de inspección así como la disposición de un área de almacén en las oficinas cercanas al taller. De igual forma, incluye la adquisición de equipos para agilizar el trabajo. Todo esto se ilustra en diagramas presentados anteriormente así como una descripción del método de trabajo.

Análisis de Viabilidad

El nuevo método de trabajo, incluye la construcción de un área de inspección dentro del taller de DT&R, esto incluye el establecimiento de rejillas que rodeen el área para así drenar el químico con el cual lavan los componentes, por lo que se debe estudiar la posibilidad de instalarlo.

Así mismo incluye la adquisición de un hidrojet, una bomba para sacar el químico utilizado para limpiar las partes del martillo, la activación de la grúa tipo bandera del área de la máquina de torque y la instalación de materiales de goma en todos los racks para proteger las partes cromadas del martillo así como las roscas.

Los gastos desarrollados por la aplicación de las herramientas de *Lean* son justificables ya que se conlleva a una mejora en la filosofía de producción del segmento, proporciona una mayor capacidad de producción y

por ende una posibilidad de aumentar la oferta en el mercado y la cartera de clientes lo que se traduce a que la inversión será retornada. Por tal motivo, se considera como viable la implementación de las mejoras basadas en las herramientas de *Lean* para el proceso de servicio.

Análisis de las Mejoras

De acuerdo a las herramientas *Lean* propuestas se puede realizar el siguiente análisis en base al planteamiento del problema presentado anteriormente.

1) El área de Inspección no se encuentra en el área del taller lo cual conlleva a recorrer grandes distancias para lavar los componentes del martillo e inspeccionarlos. Por esto, se propone mudar el área dentro del taller, habilitando un recomendable de tres secciones internas (dos de lavado y una de inspección) para que las actividades se realicen de manera simultánea y así disminuir los tiempos tanto para realizar el recorrido como para el ejecución del proceso. Así mismo, el área de Inventario tampoco se encuentra en el taller por lo que se realizan grandes recorridos para buscar los repuestos e insumos.
2) Existen ciertas actividades en el taller que se realizan consecutivamente produciendo desperdicios tales como espera, empleados desocupados, entre otros; para esto se propone que tanto el lavado de componentes y la inspección de martillo se efectúen de manera simultánea; así como la revisión de partes / requerimiento de inventario, montaje de sellos y ensamblaje del martillo. De esta manera, se reduce el tiempo del servicio de manera significativa.
3) Se modificó la distribución en el taller estableciéndose un recorrido en forma de “U” para así maximizar la eficiencia del taller y del personal que labora en el taller de DT&R.

4) El tiempo total del servicio de martillo actual se basa en un 83% de tiempo de espera y solo un 17% de tiempos del proceso. Con la mudanza del área de inspección así como la habilitación de un área de almacén en las cercanías del taller se puede reducir el tiempo de espera a un 99% quedando optimizado el tiempo total del servicio en aproximadamente un 87%. Así mismo, la distancia recorrida se reduce significativamente en un 82% aproximadamente.
5) Con la aplicación de las 5S's, se observó que el personal lograba realizar de forma rápida y eficiente sus labores aun manteniendo la seguridad, ya que encontraban las herramientas con mayor rapidez y no contaban con estorbos al momento de llevar a cabo su trabajo. Así mismo, se detalló una limpieza general del espacio de trabajo y un mejor mantenimiento de la maquinaria, dando como efecto adicional una menor probabilidad de fallas de los equipos. Adicional, se tiene que el personal tiene un mayor sentido de pertenencia y trabaja en un ambiente de mayor confort maximizando las condiciones de higiene y seguridad ya que el área se mantiene limpia previniendo los accidentes.

Plan de Auditoría y Control

Para mantener los cambios que se proponen, se detalla a continuación una serie de planes de auditoría y controles visuales que ayuden a sostener e impulsar la mejora continua en el taller de DT&R.

Se sugiere la disposición de indicadores para medir el avance y donde se muestre, a través de gráficos y tablas, la meta trazada y los resultados obtenidos en el tiempo. Esta debe ser una actividad continua para proveer información sobre el progreso mediante la comparación de avances periódicos y las metas definidas. La importancia de determinar los

indicadores radica en la necesidad de darle seguimiento a los avances del proyecto y el impacto que se está dando en el proceso. Los indicadores se muestran en la tabla 6.11.

Indicador	Premisa	Meta
Porcentaje de cumplimiento	Cumplimiento del programa de las 5S's	> 4
	Cumplimiento de las Órdenes de Trabajo	> 85%
Órdenes de Trabajo cerradas vs. Órdenes de Trabajo abiertas	Tener mayor cantidad de órdenes de trabajo cerradas que abiertas	> 75%
ATAT (*Asset Service Turn Around Time*)	Tiempo que se tarda en realizar servicio a un activo	< 60 días

Tabla 6.11. Indicadores de *Lean*

Fuente: Propia (2014)

Así mismo, se deben crear los reportes de dichos indicadores para poder publicar la información a todo el personal. Estos reportes deben explícitos y entendibles para que su comprensión sea rápida.

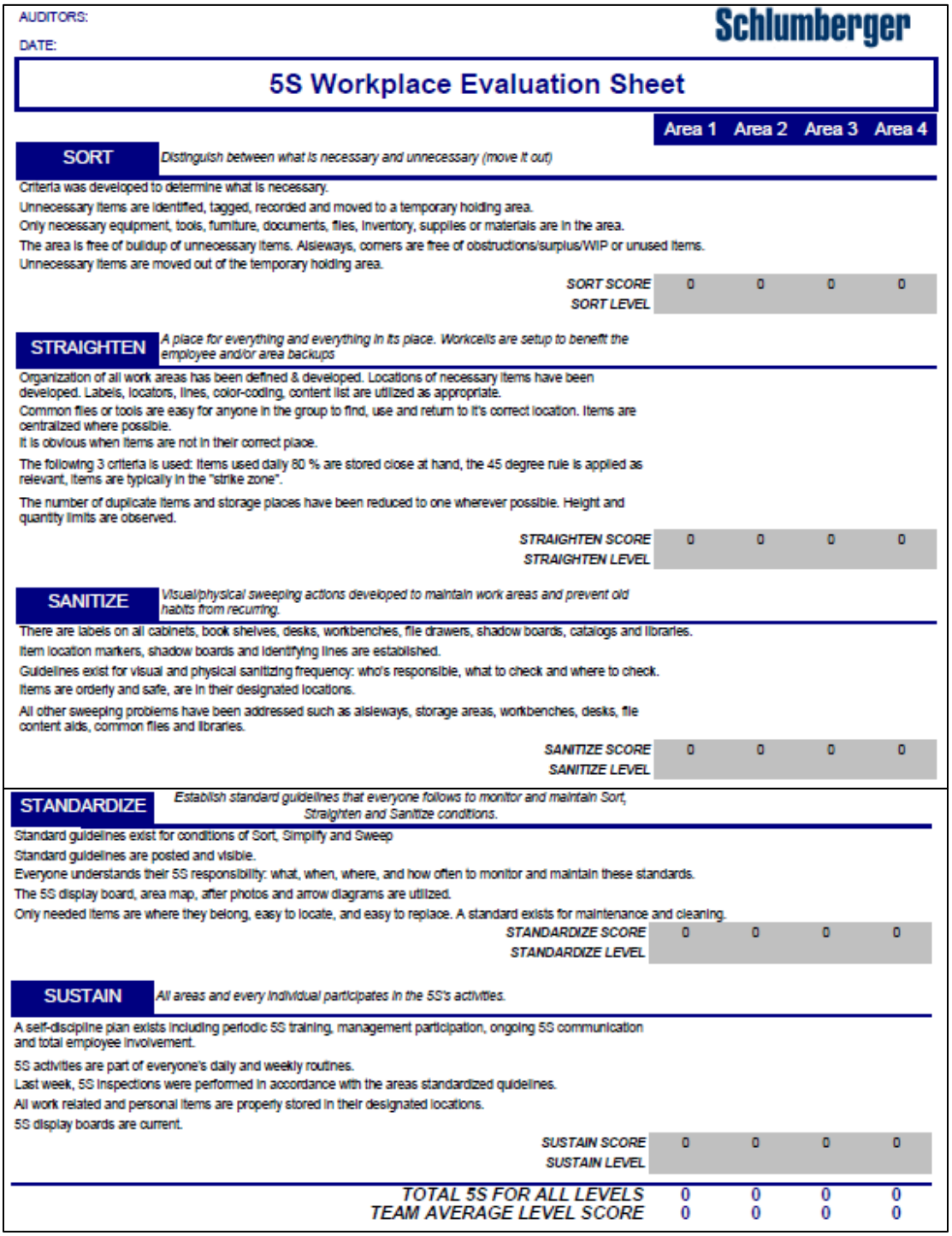
Cada semana se recomienda hacer una reunión en donde participen tanto los trabajadores como la Gerencia para exponer los resultados y reconocer las áreas que están cumpliendo con los porcentajes de cada indicador. De igual manera, retroalimentar las áreas en donde se debe tomar acción para mejorar los aspectos en donde exista oportunidad de mejora, ya que se tiene un enfoque orientado hacia el desempeño y establece vínculos de responsabilidad entre los ejecutores y sus resultados.

Dentro del mismo marco de ideas, se proponen las ayudas visuales. Es una filosofía que debe mantenerse para dar el seguimiento que se necesita para que la implementación de *Lean* sea un éxito. El seguimiento a los anuncios y controles visuales permitirá que el orden y limpieza que impactan positivamente en la eficiencia del taller sea sostenible en el tiempo. Para lograr esto se debe asegurar que todo tenga un espacio de uso, adecuado para la tarea u operación. Cada artículo o herramienta debe estar visible, alcanzable y disponible cuando sea requerida. Algo fundamental y que además contribuye con la seguridad industrial es mantener los pasillos limpios y desbloqueados. Frases como “mantener el orden y la limpieza”, “un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio”, deberán colocarse en las paredes del taller.

Los controles visuales como los *kanbans* serán herramientas de gran ayuda para mejorar el flujo de unidades en el taller de DT&R, reaccionando rápidamente ante situaciones no esperadas propias del proceso de mantenimiento.

Las auditorías son un factor importante para asegurar una implementación exitosa de cualquier programa, además de ofrecer retroalimentación oportuna acerca de mejoras, promover el sentido de logro y reforzar los conocimientos. Se deben realizar auditorías mensuales de las 5S’s y así saber en qué aspectos hay que mejorar. Los resultados de las auditorías serán publicados en las carteleras, colocados en puntos estratégicos para que todos tengan acceso a esta información.

Para documentar las auditorías, se observa el formato de Schlumberger en la figura 6.23 donde se refleja, por cada ‘S’, si se cumple o no el ítem formulado para cuatro áreas de trabajo. Así mismo, en la figura 6.24 se detallan los gráficos donde se evalúa el comportamiento de las ‘S’ en las áreas.



AUDITORS:

DATE:

Schlumberger

5S Workplace Evaluation Sheet

		Area 1	Area 2	Area 3	Area 4
SORT	*Distinguish between what is necessary and unnecessary (move it out)*				
Criteria was developed to determine what is necessary.					
Unnecessary items are identified, tagged, recorded and moved to a temporary holding area.					
Only necessary equipment, tools, furniture, documents, files, inventory, supplies or materials are in the area.					
The area is free of buildup of unnecessary items. Aisleways, corners are free of obstructions/surplus/WIP or unused items.					
Unnecessary items are moved out of the temporary holding area.					
	SORT SCORE	0	0	0	0
	SORT LEVEL				
STRAIGHTEN	*A place for everything and everything in its place. Workcells are setup to benefit the employee and/or area backups*				
Organization of all work areas has been defined & developed. Locations of necessary items have been developed. Labels, locators, lines, color-coding, content list are utilized as appropriate.					
Common files or tools are easy for anyone in the group to find, use and return to it's correct location. Items are centralized where possible.					
It is obvious when items are not in their correct place.					
The following 3 criteria is used: Items used daily 80 % are stored close at hand, the 45 degree rule is applied as relevant, items are typically in the "strike zone".					
The number of duplicate items and storage places have been reduced to one wherever possible. Height and quantity limits are observed.					
	STRAIGHTEN SCORE	0	0	0	0
	STRAIGHTEN LEVEL				
SANITIZE	*Visual/physical sweeping actions developed to maintain work areas and prevent old habits from recurring.*				
There are labels on all cabinets, book shelves, desks, workbenches, file drawers, shadow boards, catalogs and libraries.					
Item location markers, shadow boards and identifying lines are established.					
Guidelines exist for visual and physical sanitizing frequency: who's responsible, what to check and where to check.					
Items are orderly and safe, are in their designated locations.					
All other sweeping problems have been addressed such as aisleways, storage areas, workbenches, desks, file content aids, common files and libraries.					
	SANITIZE SCORE	0	0	0	0
	SANITIZE LEVEL				
STANDARDIZE	*Establish standard guidelines that everyone follows to monitor and maintain Sort, Straighten and Sanitize conditions.*				
Standard guidelines exist for conditions of Sort, Simplify and Sweep					
Standard guidelines are posted and visible.					
Everyone understands their 5S responsibility: what, when, where, and how often to monitor and maintain these standards.					
The 5S display board, area map, after photos and arrow diagrams are utilized.					
Only needed items are where they belong, easy to locate, and easy to replace. A standard exists for maintenance and cleaning.					
	STANDARDIZE SCORE	0	0	0	0
	STANDARDIZE LEVEL				
SUSTAIN	*All areas and every individual participates in the 5S's activities.*				
A self-discipline plan exists including periodic 5S training, management participation, ongoing 5S communication and total employee involvement.					
5S activities are part of everyone's daily and weekly routines.					
Last week, 5S inspections were performed in accordance with the areas standardized guidelines.					
All work related and personal items are properly stored in their designated locations.					
5S display boards are current.					
	SUSTAIN SCORE	0	0	0	0
	SUSTAIN LEVEL				
	TOTAL 5S FOR ALL LEVELS	0	0	0	0
	TEAM AVERAGE LEVEL SCORE	0	0	0	0

Figura 6.23. Hoja de evaluación de las 5S's del sitio de trabajo

Fuente: Schlumberger (2014)

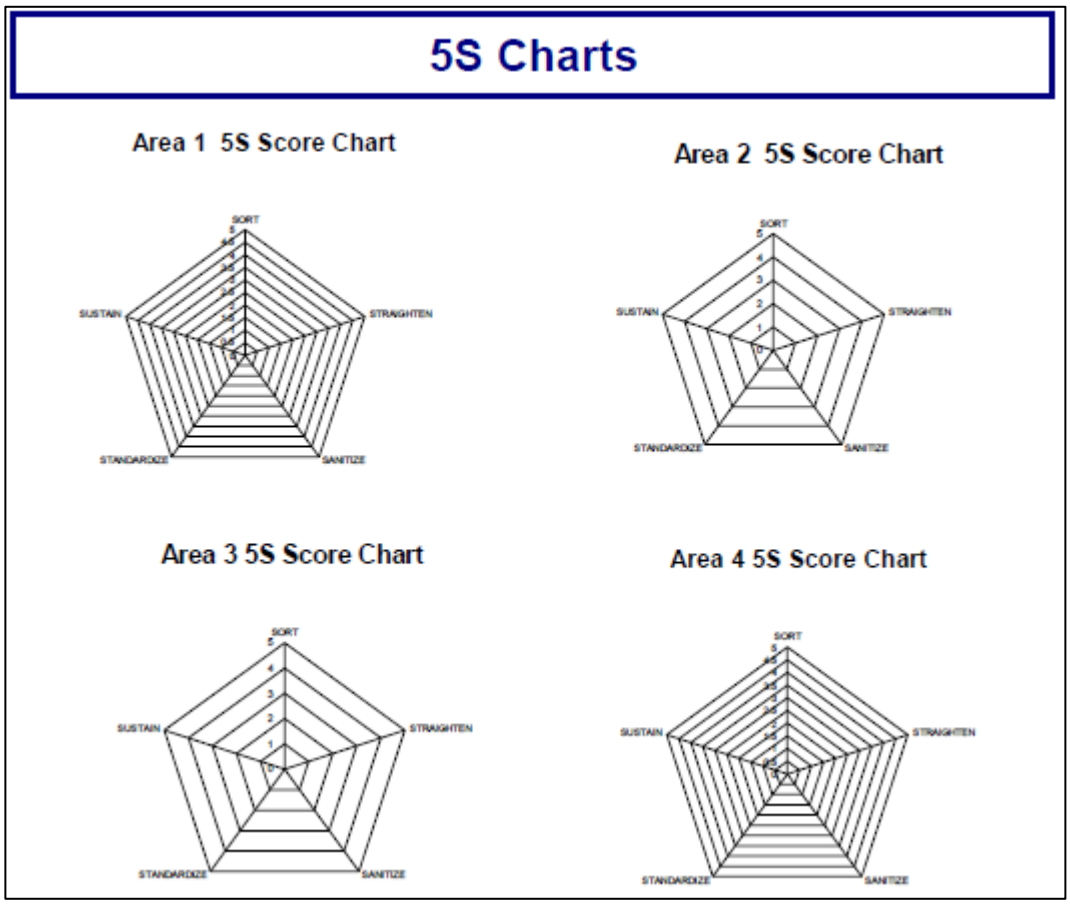


Figura 6.24. Gráficas de la auditoría de 5S's

Fuente: Schlumberger (2014)

Cabe destacar que una vez implementadas las mejoras del mapeo del estado futuro, este mapeo se convertirá en el mapeo del estado actual y se deberá repetir el ciclo para hacer un nuevo mapeo del estado futuro que refleje nuevas mejoras y tener una mejora continua.

Estimación del Impacto de la Propuesta

Después de proponer las mejoras, se estima el desempeño del método de trabajo propuesto. Para esto, se evalúa el tiempo total del servicio de martillo así como las distancias recorridas, la aplicación de las 5S's y la distribución de planta.

El tiempo total del servicio se redujo de 3530 minutos a 450 minutos como se puede observar en la gráfica 6.5. El tiempo de espera se redujo de 83% a un 9% y el tiempo del proceso aumento del 17% al 91%. En la gráfica 6.6 se puede observar en barras, la variación del tiempo total el cual viene dado por un 87% aproximadamente.

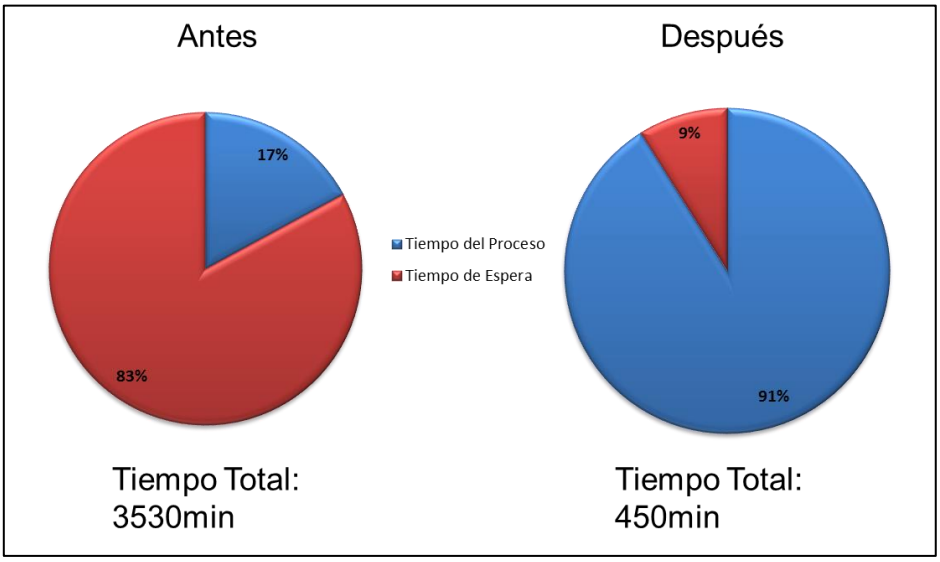


Gráfico 6.5. Comparación de tiempos

Fuente: Propia (2014)

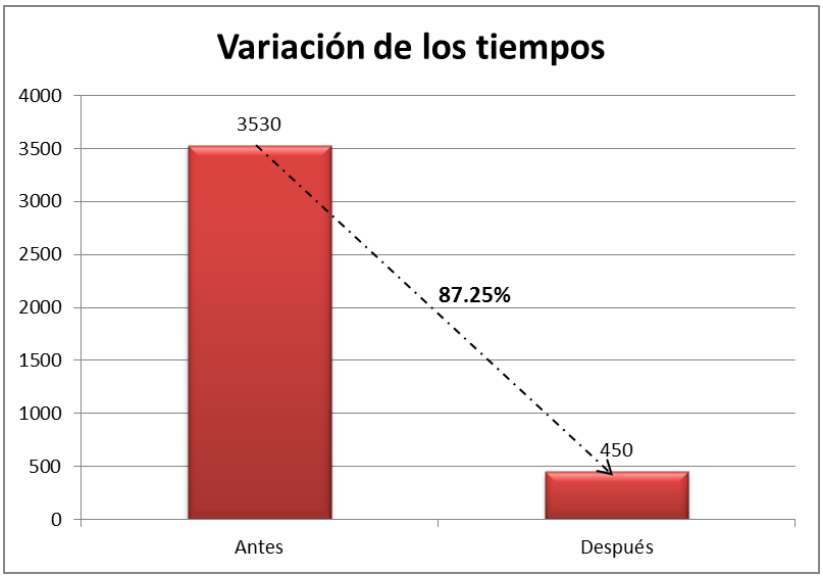


Gráfico 6.6. Variación de los tiempos

Fuente: Propia (2014)

En cuanto a las distancias recorridas se tiene que disminuyeron en un 82% (de 720,6 metros a 132,6 metros), representadas en el gráfico 6.7. Estas variaciones se atribuyen a las estimaciones realizadas por la nueva distribución del taller y el recorrido que se realiza así como los procesos que se efectúan simultáneamente detallados anteriormente en la propuesta.

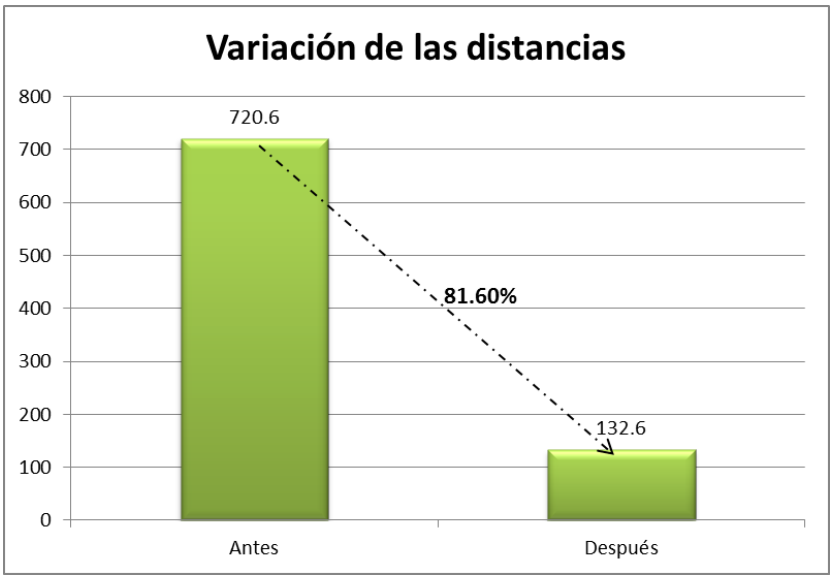


Gráfico 6.7. Variación de las distancias

Fuente: Propia (2014)

Muchas compañías han optado por implementar un sistema 5S's antes de abordar otras herramientas de *Lean* puesto que 5S's constituye la base para un sistema de producción ágil. Los beneficios diarios directos de la aplicación de las 5S's son variados: Menor necesidad de búsquedas y desplazamientos, reducción del tiempo improductivo, menor riesgo de accidentes, mejora del flujo de trabajo, menos errores y mejor utilización del espacio. Y la consecuencia de esto no es otra que una mejora de productividad, calidad, costos, entrega, seguridad y moral de los trabajadores.

Por otro lado, se estima que las 5S's tendrá un impacto indirecto en los resultados producidos por las subsecuentes técnicas utilizadas, al propiciar un ambiente favorable para los cambios requeridos por las distintas herramientas y puesto que, además, muchos de los problemas a atacar con

las distintas herramientas, comienzan a ser eliminados con las sencillas tareas diarias de las 5S's.

De igual forma, se estima que se optimiza todo el proceso de servicio de los martillos de perforación al proponerse el diseño de un nuevo *layout* y flujo del proceso; ya que se aprovecha adecuadamente el espacio asegurando un lugar de trabajo seguro para los empleados, libre de barreras visuales y auditivas.

CONCLUSIONES

En atención a los objetivos planteados de esta investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

1. Actualmente, el segmento DT&R presenta un problema al momento de realizar el proceso de servicio de martillos de perforación puesto que el tiempo que se emplea para ejecutarlo es extenso ocasionando a la empresa pérdidas de ingreso por no tener disponibilidad de martillos cuando el cliente lo requiere.
2. Se debe comprender *Lean* como una filosofía que busca reducir todo lo que no agrega valor al producto, buscando a través de diferentes propuestas, desde distintos aspectos y niveles, resultados que se vean reflejados en el aumento de la productividad del servicio de martillos, reducción de los costos, y reducción de los defectos.
3. Por medio de la observación y medición, se determinó que tanto los trabajadores como la herramienta recorren en total una distancia excesiva de 720.6 metros durante el proceso de servicio actual.
4. Al elaborar el diagrama de *Spaguetti* del proceso se observa que el personal y la herramienta realizan traslados excesivos y constantes.
5. Se registró el tiempo total del servicio de mantenimiento a los martillos siendo éste aproximadamente de 3530 minutos o 58.8 horas.
6. A través del análisis según las herramientas de *Lean* se comprobó que en el área de inspección existe un cuello de botella lo cual ocasiona una restricción en el sistema, produciendo un tiempo alto para el servicio de mantenimiento a los martillos.
7. Se propuso una nueva distribución del taller o *layout* en la cual el área de inspección se encuentra dentro del taller así como la disposición de

un almacén de los repuestos e inventario en las oficinas cercanas al mismo.

8. De acuerdo a las mejoras propuestas, el recorrido que se sigue en el nuevo diagrama de *Spaguetti* es en forma de 'U' en el cual tanto el personal que labora como la herramienta se pueden desplazar con más facilidad y se realice el proceso con mayor eficiencia.
9. Con las propuestas, se determinó que se recorre una distancia reducida a 132.6 metros generándose una mejora del 82% así como el tiempo del proceso se puede reducir a 450 minutos o 7.5 horas produciendo una mejora del 87%.
10. La aplicación de las 5S's impactó de forma sustancial en las áreas de trabajo, directamente en el buen estado de las maquinarias e indirectamente en la conducta y disposición de los trabajadores; ofreciendo así una mejor calidad y mayor eficiencia al proceso productivo.
11. Se efectuó un análisis de las mejoras a la propuesta del servicio de mantenimiento a los martillos de perforación en el segmento DT&R.
12. Se propusieron planes de auditoría y controles visuales para garantizar la continuidad de las propuestas.
13. Se estimaron los beneficios en el desempeño de la propuesta de acuerdo a los resultados esperados donde se tiene que implementando *Lean* ayudaría significativamente a solventar los problemas de rendimiento y productividad del taller.

RECOMENDACIONES

Luego de realizar la investigación y el estudio correspondiente al segmento DT&R de Schlumberger Venezuela, S.A. – Maturín, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Para la implementación de las herramientas de *Lean* se debe tomar en cuenta que el proceso a ser realizado se basa en la mejora continua, por lo tanto una atención y una reevaluación constante se hacen imperativas para mantener la filosofía a flote. Para mantener esta constante evaluación se recomienda designar personas responsables de las etapas, que mantengan un buen proceso de control y seguimiento al desarrollo de estas.
2. Tomar en consideración la mudanza del área de inspección dentro del taller así como la adquisición de los equipos descritos anteriormente para disminuir tanto las distancias como el tiempo requerido y mejorar los problemas encontrados en las etapas del proceso que se mencionaron.
3. Realizar auditorías periódicas mensuales de las 5S's para garantizar su cumplimiento y evitar volver al estado anterior.
4. Involucrar a todos los trabajadores del segmento DT&R en el proceso de mejora continua.
5. Programar capacitaciones periódicas bimensuales sobre la filosofía *Lean* y sus herramientas.
6. Realizar un estudio de la metodología *Lean* al resto de los procesos que se efectúan en el segmento DT&R para así maximizar su eficiencia y generar un mayor impacto en las ganancias.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, M., CORONA, M., RODRÍGUEZ, M., y SAAVEDRA, I. (2010). Propuesta de Implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21 de Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. Informe de Trabajo de Grado.

ANDER-EGG, E. (1982). Técnicas de Investigación Social. Buenos Aires: Editorial Humanitas. Décima Novena Edición.

ARIAS, F. (2006). El proyecto de Investigación. "Introducción a la Metodología Científica". Caracas: Editorial Episteme, C.A. Quinta Edición.

ARRIETA, J., MUÑOZ J., SALCEDO, A. y SOSSA, S. (2011). Aplicación *Lean Manufacturing* en la Industria Colombia. "Revisión de Literatura en Tesis y Proyectos de Grado". Medellín: Universidad EAFIT. Informe presentado en la Conferencia de Latinoamérica y El Caribe para Ingeniería y Tecnología (LACCEI).

BALESTRINI, M. (2006). Cómo se elabora el Proyecto de Investigación: "Para los estudios formulativos o exploratorios, descriptivos, diagnósticos, evaluativos, formulación de hipótesis causales, experimentales y los proyectos factibles". Caracas: Consultores Asociados. Séptima Edición.

CHÁVEZ, N. (2003). Introducción a la Investigación Educativa. Maracaibo: Editora La Columna C.A.

COSTO, B., CUNNINGHAM, L., MARTIN, G., MERCADO, J., MOHON, B. y XIE, L. (2012). *Oilfield Review* Primavera: "Volumen 24, no. 1". Houston: *Copyright* © 2012. Schlumberger. "Oilfield Review Spring".

DANKHE, G. (1986). Diferentes diseños. "Tipos de Investigación". Colombia: Editorial Mc-Graw Hill.

DEMING, W. (1986). Fuera de la Crisis. Washington, D.C.: MIT – CAE. Primera Reimpresión. “Out of the Crisis”.

GÓMEZ, E. (2011). Evaluación de la aplicabilidad de la metodología *Lean Manufacturing* como herramienta para el mejoramiento continuo en el sector Metalmecánico del estado Yaracuy. Barquisimeto: Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Informe de Trabajo de Grado.

GUALOTUÑA, A. y MENESES, L. (2006). Diseño e Implementación del Sistema de Producción Esbelta (*Lean Manufacturing*) para la Empresa Esmetal S.A. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Informe de Trabajo de Grado.

HARO, J. (2009) Investigación Evaluativa. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.slideshare.net/JESUSARMANDOHARO/investigacion-evaluativa

HERNÁNDEZ, A. (2010). Implementación de Técnicas Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*), en una Planta de Empaque de Producto Terminado. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Informe de Trabajo de Graduación.

HERNÁNDEZ, R. (2000). Metodología de Investigación Holística. Caracas: Editorial SYPAL. Tercera Edición.

PALOMINO, M. (2012). Aplicación de Herramientas de *Lean Manufacturing* en las líneas de Envasado de una Planta Envasadora de Lubricantes. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Informe de Trabajo de Grado.

Programa de Capacitación de *Lean* de Schlumberger Venezuela, S.A.

ROJAS DE NARVÁEZ, R. (1997). Orientaciones Prácticas para la Elaboración de Informes de Investigación. Puerto Ordaz: Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” Vice-Rectorado Puerto Ordaz. Puerto Ordaz. Segunda Edición Ampliada y Corregida.

SACRISTÁN, F. (2005). Las 5S's. "Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo". España: Editorial Fundación Confemetal. Primera Edición.

TAMAYO y TAMAYO, M. (1990). El Proceso de la Investigación Científica. "Fundamentos de la Investigación". México: Editorial Limusa, S.A. Segunda Edición.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). (2005). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas: Fedeupel. Primera Reimpresión.

VEGA, M. (2011). Mejora Continua. [Documento en Línea]. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Mejora_continua