UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO
LOGISTICO DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA**

TESIS:

Para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Oscar Jesús Cayetano Llacsa ([0000-0003-1647-2312](#))

ASESOR DE TESIS:

Pedro Damián Ayala Chacaltana ([0000-0003-1607-2263](#))

Lima, 17 de mayo de 2018

RESUMEN

En el presente estudio se propone un nuevo modelo del proceso logístico de una empresa constructora reduciendo desperdicios utilizando las herramientas de la filosofía Lean, con el objetivo de estandarizar procesos y lograr la satisfacción del cliente en el momento de la entrega, así como incrementando la productividad de la empresa al reducir el tiempo de demora de entrega por diferentes causas.

La propuesta se basa en la investigación de la empresa Siemens para la fábrica de su mecanismo estándar Congleton quienes practican la filosofía Lean, al utilizar la herramienta JIT por medio de sus herramientas Kanban y Sistema Pull para disminuir los desechos, los costos, los inventarios de materias primas y productos terminados.

En el capítulo uno se explica las diferentes teorías y herramientas que podrán utilizarse para poder solucionar el problema de dicha empresa constructora. En el capítulo dos se observa la situación actual de la empresa definiendo los objetivos y problema principal, así como los secundarios llegando al efecto de la gestión deficiente del proceso logístico. En el capítulo tres se plasma la investigación de los fundamentos teóricos, así como el estudio de la situación actual en un nuevo modelo propuesto. Finalizando con las conclusiones y recomendaciones para dicha empresa.

Palabras Claves:

- Empresa Constructora
- Control de inventarios
- Ingeniería industrial
- Almacenes
- Logística
- Procesos

ABSTRACT

In the present study a new model of the logistics process of a construction company is proposed reducing waste using the tools of the Lean philosophy, with the aim of standardizing processes and achieving customer satisfaction at the time of delivery, as well as increasing productivity of the company by reducing the delivery delay time for different reasons.

The proposal is based on the research of the Siemens company for the factory of its standard mechanism Congleton who practice the Lean philosophy, by using the JIT tool through its Kanban and Pull System tools to reduce waste, costs, inventories of raw materials and finished products.

In chapter one, we explain the different theories and tools that can be used to solve the problem of this construction company. In chapter two the current situation of the company is observed, defining the main objectives and problems, as well as the secondary ones, reaching the effect of poor management of the logistics process. Chapter three shows the investigation of the theoretical foundations, as well as the study of the current situation in a new proposed model. Finalizing with the conclusions and recommendations for said company.

Keywords:

- Construction company
- Inventory control
- Industrial engineer
- Warehouses
- Logistics
- Processes

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	3
Lista de tablas	7
Lista de figuras.....	9
Lista de Anexos.....	12
INTRODUCCIÓN	13
1. CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	14
Proceso de un proyecto de ingeniería en construcción	14
Procesos Logísticos.....	15
Proceso Logístico en la Construcción.....	17
PMBOK	20
Modelo de gestión.....	21
Gestión de proyectos.....	21
Ciclo de vida del Proyecto	21
Gestión de las Adquisiciones o Compras del Proyecto – Pmbok	22
Planificación de las Adquisiciones	27
Formalización de las Adquisiciones	31
Administración de las Adquisiciones.....	31
Cierre de las Adquisiciones	32
Supply Chain Management.....	33
Teorías de control de inventarios	35
Definición	35
Just-In-Time (Justo a tiempo)	36
EOQ	38
Gestión de Calidad Total	40
Herramientas de la calidad.....	41
Matriz AHP	47
Ciclo Deming	52
Relación entre PMBOK y Lean Construction	53
Lean Construction.....	54
Filosofía Lean	55

Estructura del Sistema Lean.....	56
Concepto de despilfarro y valor agregado	57
Herramientas de la filosofía Lean	58
Métodos de evaluación económica	67
KPI	68
Índice de Productividad	69
Ciclo de construcción por obra	70
Horas de trabajo	70
Costos por despilfarros	71
Número de ocurrencias	71
Índice de utilidad operativa.....	71
VAN.....	72
Casos de éxito en la aplicación de herramientas Lean - JIT	72
2. CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN	75
Antecedentes de la industria	75
Procesos y herramientas de ingeniería utilizados en construcción	76
Información de la empresa.....	77
Misión	80
Visión.....	80
Ventaja competitiva	80
Descripción de los servicios.....	81
Ingresos	81
Procesos generales de la empresa	83
Procesos del área.....	86
Descripción del proceso logístico y cadena de valor actual de la empresa	86
Fases del proyecto de construcción.....	87
Diagrama analítico del proceso – DAP	90
Diagrama de análisis del proceso – DAP (Tiempo del Proyecto)	91
Diagrama de Recorrido	93
Determinación de la Problemática	94
Determinación del Problema.....	95
5 Por qué	95
Análisis FODA.....	96
Diagrama de Control.....	98

Análisis de causas	100
Compras sin planificación.....	107
Error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad.....	110
Daños, pérdidas y robos.....	113
Costos por causas del problema	116
Factor de Impacto	121
Cronograma.....	121
Recolección de datos.....	121
Implementación.....	122
Objetivos	123
Hipótesis	124
Indicadores.....	124
Variables	127
Línea de Base.....	127
Beneficios tangibles e intangibles.....	128
3. CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA.....	129
Evaluación de propuestas.....	129
Etapa de definición	130
Etapa de Medición.	131
Etapa de análisis.....	132
Etapa de mejora.....	135
Modelo de planificación en el área de compras.....	135
Etapa de control	166
Análisis financiero	167
Validación de la propuesta.....	172
Escenarios Pesimista y Optimista	172
Simulación	177
Validación Financiera	184
KPIs – Proceso Propuesto de Mejora.....	187
Diagrama de Gantt	189
Resumen.....	190
Análisis de los resultados.....	190
Análisis de las Actividades	192
Análisis de los Recursos	193

Análisis de la Innovación.....	196
CONCLUSIONES	197
RECOMENDACIONES.....	199
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	201
Glosario.....	210
Siglarío	211
ANEXOS	212

Lista de Tablas

Tabla 1: Tabla de preferencias en una escala de 1 a 9	49
Tabla 2: Ejemplo de la asignación de pesos para elaborar la matriz AHP	50
Tabla 3: Ejemplo Tabla de pesos	52
Tabla 4: Construcción tradicional vs. lean construction	54
Tabla 5: Sector Construcción en Perú.....	76
Tabla 6: Ventas anuales del periodo 2010-2015.....	82
Tabla 7: Proyectos u obras en paralelo periodo 2010-2015.....	82
Tabla 8: Ejecución de obras/proyectos en paralelo.....	83
Tabla 9 Relación problema-causa-efecto.....	96
Tabla 10: Análisis FODA de la empresa en estudio	96
Tabla 11: Éxito en el mercado de la empresa en estudio	97
Tabla 12: Datos históricos – Ciclo de procesos en días.....	98
Tabla 13: Número de ocurrencias de las causas del problema	105
Tabla 14: Número de ocurrencias de las causas del problema compras sin planificación	109
Tabla 15: Número de ocurrencias de las causas del problema error de verificación en obra	112
Tabla 16: Daños, Pérdidas y Robos	115
Tabla 17: Ocurrencias Cuantificadas - Pérdidas del Proceso de Logística (HH y Soles).....	119
Tabla 18: Factor de Impacto	121
Tabla 19: Duración de recolección de datos para la propuesta de mejora.....	122
Tabla 20: Duración de implementación de la propuesta de mejora.....	123
Tabla 21: Índice de productividad actual - 2015	125
Tabla 22: Indicadores Actuales y Teóricos de la empresa.....	126
Tabla 23: Variables Independientes y Dependientes	127
Tabla 24: Línea Base	128
Tabla 25: Beneficios Tangibles e Intangibles.....	128
Tabla 26. Productividad actual vs teórica o deseada	132
Tabla 27 Ponderación de los factores para la valorización de la metodología	133
Tabla 28 Valorización de las metodologías evaluadas	133
Tabla 29 Valorización de las herramientas evaluadas	134
Tabla 30 Herramientas de la Metodología JIT a utilizar	135

Tabla 31: Factores que determinan el patrón de la demanda en la empresa constructora	143
Tabla 32: Patrón de demanda.....	144
Tabla 33 Clasificación ABC – Área de Compras	146
Tabla 34: Pronóstico 2016, Tipo Pull, Clasificación ABC.....	148
Tabla 35: Prioridad de tipos de proyectos.....	148
Tabla 36: Proceso de Compras Propuesto - Tiempos	151
Tabla 37: Pronóstico Inicio de Proyectos Año 2016	152
Tabla 38: Cálculos de los Ahorros del Proceso Propuesto de Compras	152
Tabla 39: Pérdidas proyectadas año 2015.....	153
Tabla 40: Ahorros generados por el modelo propuesto del proceso logístico	154
Tabla 41: Eliminación de despilfarros	155
Tabla 42: DAP Resumen Actual Vs. Propuesto	155
Tabla 43: DAP del modelo propuesto del proceso logístico.....	156
Tabla 44. Clasificación de elementos y equipos.....	162
Tabla 45: Proceso de Implementación de las 5S	164
Tabla 46: Sistema de Ponderación para el cálculo de la Implementación de las 5S	165
Tabla 47. Hoja de verificación 1	166
Tabla 48. Hoja de verificación.....	166
Tabla 49: Estados de Resultados de la empresa.....	168
Tabla 50: Inversión de Implementación	170
Tabla 51: Flujo de Caja.....	171
Tabla 52: Escenario Pesimista	174
Tabla 53. Escenario Optimista.....	176
Tabla 54: Comparación Entre Escenarios.....	177
Tabla 55: Órdenes de trabajo - Actual	177
Tabla 56: Órdenes de trabajo - Proyectado.....	178
Tabla 57: Datos Recopilados para la Simulación del Proceso Actual	178
Tabla 58: Resultados de Simulación del Proceso Actual - Espera	180
Tabla 59: Entrega tardía de los proyectos.....	181
Tabla 60: Datos calculados para la simulación del proceso mejorado	181
Tabla 61: Resultados del Proceso de Mejora.....	184
Tabla 62: Proyecciones de los estados financieros de la propuesta de mejora.....	185
Tabla 63: KPIs – Proceso Propuesto de Mejora	187

Lista de Figuras

Figura 1: Proceso de Logística General	17
Figura 2: Logística inversa vs. tradicional	20
Figura 3: Descripción general de las adquisiciones del proyecto	25
Figura 4: Planificación de las adquisiciones	28
Figura 5: Flujo de la planificación de adquisiciones	29
Figura 6: Formalización de las Adquisiciones	31
Figura 7: Administración de las Adquisiciones	32
Figura 8: Cierre de Adquisiciones	33
Figura 9: Proceso de gestión de valor del SCM.....	34
Figura 10: Plan de gestión de desperdicios con el modelo EOQ	39
Figura 11: Ejemplo de Hojas de Verificación.....	41
Figura 12: Ejemplo de un Diagrama de Flujo.....	42
Figura 13: Ejemplo de un Gráfico de Control	43
Figura 14: Ejemplo de un Histograma	43
Figura 15: Ejemplo de Diagrama de Pareto	44
Figura 16: Ejemplo de Diagrama Causa-Efecto	45
Figura 17: Ejemplo de un Diagrama de Dispersión.....	47
Figura 18: Ejemplo de Diagrama relacional	50
Figura 19: Ejemplo de matriz de pesos.....	51
Figura 20: Ejemplo de prioridades de la matriz.....	51
Figura 21: Ciclo de Deming – Mejora Continua	52
Figura 22: Metodología DMAIC propuesta para implementar Lean Construction.....	55
Figura 23: Explicación de las 5S	60
Figura 24: Fases de la herramienta SMED	61
Figura 25: Pilares del TPM	62
Figura 26: Proceso DMAIC	63
Figura 27: Ejemplo de la herramienta VSM	65
Figura 28: Resultados de la aplicación Kanban – Pull	73
Figura 29: Organigrama de la empresa constructora YICONGESAC	78
Figura 30: Diagrama de flujo general de la empresa YICONGESAC.	84

Figura 31: Mapa de Procesos de la empresa constructora YICONGESAC	85
Figura 32: Fases de la ejecución de obra	86
Figura 33: Proceso o Proceso logístico	88
Figura 34: VSM Cadena de Valor Actual.....	89
Figura 35: Diagrama Analítico del Proceso – DAP	90
Figura 36: Diagrama de Análisis del Proceso – DAP (Tiempo de Proyecto).....	91
Figura 37: Diagrama de Recorrido	93
Figura 38: Diagramas de Control – Datos históricos 2010-2015	99
Figura 39: Identificación del Problema: Diagrama de Ishikawa	102
Figura 40: Diagrama de Pareto: Principales causas del problema año 2015	106
Figura 41: Causa y Efecto - Compras sin planificación	108
Figura 42: Diagrama de Pareto - Compras sin planificación.....	110
Figura 43: Causa y Efecto - Error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad	111
Figura 44: Diagrama de Pareto – Error de Verificación de Materiales en Obra.....	112
Figura 45: Causa y Efecto – Daños, Pérdidas y Robos.....	114
Figura 46: Diagrama de Pareto – Daños, Pérdidas y Robos	116
Figura 47: Diagrama de relación de factores, causas, costos y problema en general	117
Figura 48: Diagrama Ocurrencias Cuantificadas - Pérdidas del Proceso de Logística (HH y Soles).....	120
Figura 49: Objetivo, criterios y alternativas	129
Figura 50. Esquema DMAIC para la resolución de problemas	130
Figura 51: Diagrama de flujo del proceso de compras propuesto	137
Figura 52: Flujo Kanban	138
Figura 53: Tarjeta Kanban	138
Figura 54: Requerimiento de obra y Kanban Boxes en Área de Compras	140
Figura 55: Tablero Kanban Área de Compras	141
Figura 56: Patrón de Demanda al Año 2020.....	144
Figura 57: Patrón de Demanda en Números al año 2020	145
Figura 58: JIT Tipo Pull – Clasificación ABC	147
Figura 59: Periodos área de compras	149
Figura 60: Proceso de Compras Propuesto – Diagrama de Flujo	150
Figura 61: Parte del DAP actual (Tiempo de Proyecto)	157
Figura 62: DAP Propuesto (Tiempo de Proyecto).....	158

Figura 63: Recorrido del proceso logístico propuesto	159
Figura 64. Tarjeta de herramienta o material desconocido encontrado en obra	161
Figura 65. Diagrama de bloques de organización de zonas en un proyecto	162
Figura 66: Análisis de escenarios EXCEL: Función Goal Seek.....	172
Figura 67: Goal Seek, escenario pesimista VAN=0	173
Figura 68: Goal Seek, escenario optimista TIR=100%	175
Figura 69: Simulación Proceso Actual	179
Figura 70: DAP Propuesto (Tiempo de Proyecto).....	182
Figura 71: Simulación proceso de mejora	183
Figura 72: Simulación Económica VAN de Propuesta de Mejora	185
Figura 73: Simulación Económica TIR de Propuesta de Mejora	186
Figura 74: Simulación económica - Costos	186
Figura 75: Resultados de los Indicadores – Proceso Actual Vs. Propuesta de Mejora	188
Figura 76: Diagrama de Gantt – Implementación Kanban – Pull.....	189

Lista de Anexos

Anexo 1: Ficha de RUC de la empresa.....	213
Anexo 2: Cuestionario – FODA	214
Anexo 3: Implementation of Just in Time Production through Kanban System. Universiti Teknologi Mara, Malaysia	217
Anexo 4 Ivy Groundwater Assessment and Mapping	228
Anexo 5: Recolección de datos, en días – Proceso Actual y Propuesto	234

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los nuevos métodos de logística emergentes para la construcción generan nuevos tipos de desafíos para el proceso de entrega de los materiales del proyecto. La filosofía básica de estos métodos es crear cronogramas de corto plazo para las tareas del proyecto basándose en un análisis de las limitaciones de los recursos del proyecto. Esta investigación indica dos requisitos para las entregas de materiales: Transparencia en la disponibilidad de materiales, y corto tiempo en la respuesta para la cadena de suministro.

Muchos estudios demuestran que la planificación cuidadosa de la logística en el sector de la construcción puede resultar en ahorros significativos. Sin embargo, a pesar de los intentos de mejorarla, se sigue manejando la compra, entrega, almacenamiento y movimiento de materiales de una manera no estructurada.

Los hallazgos sugieren que importantes ahorros de tiempo y de costos se utilizarán los conceptos y herramientas de Lean Manufacturing, el cual crea las especificaciones, el descubrimiento, la selección y el marco de gestión para la compra de los vendedores. Este proceso de planificación de la gestión determina los parámetros para las compras sobre la base de la planificación de tiempo, costo, calidad, riesgos y recursos.

Para ello, se determina los problemas (desperdicios) en la empresa bajo estudio y sus causas, y así aplicar las herramientas de la Filosofía Lean para llegar a la propuesta de mejora continua en el proceso de logística. Finalmente, se calculan los indicadores económicos como VAN para determinar la viabilidad de la propuesta. Los datos recolectados son históricos de la empresa del periodo 2015.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se explica el fundamento teórico que se tomará en cuenta para la elaboración e implementación de la propuesta de mejora. Se define los procesos generales observado desde el punto de vista del sector de construcción.

Debido a que la mayoría de empresas constructoras en Perú se rige por un sistema de construcción tradicional tiene se da que los procesos sean ineficientes en todas sus áreas. Por medio de la utilización de técnicas y herramientas de ingeniería se identificarán los despilfarros de los procesos del área seleccionada con el propósito de lograr la reducción de ellos e incrementar la utilidad anual por medio de una gestión apropiada de procesos.

Se explican los procesos de construcción y logística para tener un conocimiento de los procesos actuales documentados y que se puedan tomar como parte de la propuesta de mejora continua.

El presente capítulo es un esfuerzo de explicar los conceptos apropiados para llegar a aplicar una construcción sin pérdidas, alternativas que se utilizan con buenos resultados en las mejores empresas del mundo y desde hace algunos años en Perú.

Proceso de un proyecto de ingeniería en construcción

El proyecto de ingeniería en construcción se logra utilizando procedimientos estructurados y técnicas de modelado matemáticos. Los resultados se utilizan para la toma de decisiones que incluyen el conocimiento de ingeniería y datos.¹

De acuerdo a Sullivan, el proceso de diseño de ingeniería consta de los siguientes pasos:

1. Reconocimiento, definición y evaluación del problema

Las causas del o los problemas que surgen de la ineficiencia de los procesos en las diferentes áreas.

¹ Cfr. Sullivan y otros 2013: 9-27

2. Desarrollo de las alternativas factibles

Se busca una mejora continua de los procesos, es decir al aplicar por ejemplo una metodología como DMAIC, y/o el ciclo de Deming, ambas tienen la característica de retornar al inicio para poder llegar a las alternativas factibles de la mejora.

3. Desarrollo de los resultados y flujos de cada alternativa

Se simula los resultados de cada una de las alternativas, ya que al determinar los índices económicos VAN y TIR se determinarán si son factibles o no. Para que un proyecto sea factible debe determinarse que $VAN > 0$ en un análisis de sensibilidad, para los tres escenarios.

4. Selección de los criterios

La selección de los criterios que se mejorarán en un proyecto, como por ejemplo el área de estudio como compras u obra, o el proceso logístico por completo. También abarca, los criterios de selección de cada una de las alternativas como tiempo de estudio, tiempo de implementación, si requiere o no inversión adicional.

5. Análisis de la comparación de las alternativas

El análisis incluye los resultados del paso 3 y la selección de los criterios del paso 4.

6. Selección de la alternativa

Fase en la que se debe elegir una alternativa que se implementará y en beneficio de la empresa, así como de los clientes.

7. Monitoreo y evaluación de los resultados.

El control es importante, para posteriormente realizar nuevos cambios en los procesos mejorados o modificados.

Procesos Logísticos

La logística se define como: “la parte de la gestión de la cadena de abastecimiento que planea, implementa y controla el flujo eficiente y efectivo de materiales hacia adelante y hacia atrás, el almacenaje de bienes, la prestación de servicios y la información relacionada entre un punto de origen y un punto de consumo con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes”.²

² Cfr. Council of supply chain management professionals 2016

Los procesos logísticos es la gestión del flujo de las cosas entre el punto de origen y el punto de consumo con el fin de cumplir con los requisitos de los clientes o empresas. Los recursos gestionados en logística incluyen elementos físicos, tales como alimentos, materiales, animales, equipos y líquidos, así como el tiempo y la información. La logística de elementos físicos por lo general implica la integración del flujo de información, manejo de materiales, la producción, el envasado, el inventario, transporte, almacenaje, y muchas veces la seguridad.³

Las principales actividades logísticas son las siguientes:⁴

- Servicio al cliente
- Proyecciones de la demanda
- Gestión de inventarios
- Comunicación logística
- Manipulación de materiales
- Procesamiento de órdenes
- Empacado
- Servicio de soporte
- Selección de planta y bodegas
- Aseguramiento del abastecimiento
- Logística en reversa
- Tiempo y transporte
- Almacenamiento y bodegas

El proceso de logística de un negocio es el proceso de valor agregado, en donde el valor agregado procede a cada proceso logístico. Por lo tanto, el diseño y operaciones de los diferentes procesos logísticos deben ser orientados al cliente. Reduciendo los costos de logística, así como disminuir el costo total del negocio; por otro lado, amplía el rápido servicio de logística para cumplir los requerimientos del cliente, teniendo como resultado la mejora de la competitividad principal de las empresas.⁵

³ Cfr. Kini 2013:15-89

⁴ Cfr. Estampe, y otros 2013:142(2), 247-258.

⁵ Cfr. Tang y otros 2014:157

Figura 1: Proceso de Logística General

Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico

Proceso Logístico en la Construcción

El proceso logístico en la construcción agrupa todas aquellas actividades que permiten abastecer a la obra de las materias primas para su ejecución, desde la generación de la solicitud de compra al consumo. Las labores relacionadas a este proceso deben funcionar de manera integrada, por medio de la coordinación de los subprocesos de la empresa y las correspondientes a los proveedores.⁶

Se propone una subdivisión de la logística aplicable a la industria de la construcción:⁷

- Logística Externa: abastecimiento de materiales, equipos y personal necesario para la producción de las edificaciones. Sus subprocesos son: planeamiento y procesamiento

⁶ Cfr. Harris y otros 2013: 150.

⁷ Cfr. Othman, y otros 2015:22(6), 644-668.

de adquisiciones; calificación, selección y adquisición; transporte de recursos hasta la obra; pago a los proveedores, etc.

- Logística Interna (en obra de construcción): determina los flujos físicos y de informaciones necesarios para la ejecución de los procesos constructivos en la obra. Por ejemplo, el control de flujos físicos ligados a la ejecución; gestión de interface entre los involucrados en el proceso de producción, es decir proporciona la información necesaria para realizar sus actividades y la gestión del lugar de trabajo, es decir lugares de almacenamiento, manipulación interna, sistemas de transporte, etc.

La planificación logística de una construcción implica la coordinación de las actividades de suministro y de la obra mediante la integración de sus decisiones y reconocer las interdependencias existentes para minimizar el costo total de la gestión de materiales. A pesar de las estimaciones preliminares de sus beneficios para la industria de la construcción, pocas constructoras adoptan la gestión logística debido a su demanda de recolección de datos detallados y de las operaciones de suministro y materiales del proyecto.⁸

Said y El-Rayes, presentan en su trabajo el desarrollo de un nuevo sistema automatizado multi-objetivo de la optimización de la logística de construcción (AMCLOS) que apoyaría a los contratistas de manera óptima en la planificación de suministro y almacenamiento de materiales. AMCLOS proporciona un marco integral de recuperar automáticamente los datos espaciales y temporales del proyecto, desde la programación existente y archivos electrónicos BIM (por sus siglas en inglés de Building Information Models), la perfecta integración de los datos de los proveedores, contratistas y otros relevantes, y la optimización del suministro de materiales y para tomar las decisiones de las obras para minimizar los costos totales de la logística. El rendimiento de AMCLOS fue validado contra un modelo anterior de planificación de la construcción de la logística, que proporcionan información útil sobre la logística de suministro y almacenamiento de materiales en obras congestionadas y extensas.

En la construcción también se utiliza la logística inversa o RL (por sus siglas en inglés, Reverse Logistics). Las limitaciones del entorno en la construcción en términos del agotamiento de los recursos naturales y la absorción de los residuos generados se conocen ampliamente. Bajo este

⁸ Cfr. Said, H.y El-Rayes, K. 2014:110

contexto, muchas empresas de todos los sectores económicos han mostrado un creciente interés en la mejora de la eficiencia ecológica de su gestión de los sistemas de cadena de suministro (SCM: Supply Chain Management). Una de las medidas disponibles para hacer frente a estas preocupaciones ha sido la aplicación de los principios de RL, lo que también culminaría en notables ahorros de costos para las organizaciones en diferentes etapas de su SMC. RL ha sido considerado como una fuente clave de competitividad y una innovadora oportunidad de negocio para las organizaciones contemporáneas. RL se está convirtiendo en un elemento inseparable de los sistemas SCM o, como se ha dicho por algunos autores, una necesidad para las organizaciones.⁹

La definición de la Logística Inversa (RL) de acuerdo a la Asociación de Logística Inversa (Reverse Logistics Association) es cualquier actividad asociada a un producto/servicio después del punto de venta, el último propósito es optimizar o hacer más eficiente la actividad posterior a la comercialización, ahorrando así dinero y recursos.¹⁰

⁹ Cfr. Hosseini y otros 2014:75

¹⁰ Cfr. Reverse Logistics Association 2016

Figura 2: Logística inversa vs. tradicional

Fuente: Hosseini y otros 2015:76

PMBOK

El PMBOK “Project Management Body of Knowledge”, es un estándar del PMI que recopila las mejores prácticas de diversas metodologías del mercado para la gestión de proyectos y una de ellas es la gestión de abastecimiento, siendo una metodología de reconocimiento global.¹¹

El PMBOK divide la gestión de proyectos en nueve áreas de conocimiento teniendo en cuenta que no todos los proyectos ejecutan los 42 procesos. Estos procesos se analizan para que el proyecto se ejecute de forma correcta en sus fases de estudios, suministro y ejecución de obras,

¹¹ Cfr. Stackpole, C. S. 2013

cumpliendo con las Normas y Especificaciones Técnicas locales e internacionales y con las buenas prácticas de la Ingeniería.¹²

Modelo de gestión

La definición de Modelo se aplica a ingeniería como el esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja. Gestión, es gestionar o de administrar, por lo tanto, se define como el conjunto de procesos destinados al logro de una actividad. Un modelo de gestión es un esquema o marco de referencia para la administración de una entidad.¹³

Gestión de proyectos

La administración de proyectos se utiliza en una gran diversidad de campos, los cambios tecnológicos, la necesidad de introducir nuevos productos al mercado, las cambiantes exigencias de los consumidores de productos, entre otras cosas, incrementan el fluido de operaciones en una organización, provocando que los métodos de administrativos convencionales sean inadecuados. Por esta razón la administración de proyectos es importante, ya que ofrece nuevas alternativas de organización.¹⁴

Sirve para aprovechar de mejor manera los recursos críticos cuando están limitados en cantidad y/o tiempo de disponibilidad. También ayuda a realizar acciones concisas y efectivas para obtener el máximo beneficio durante el ciclo de vida del proyecto.

Ciclo de vida del Proyecto

Una definición del ciclo de vida de un proyecto se puede plantear, teniendo como punto de partida el considerar que todo proyecto de ingeniería tiene por finalidad la obtención de un

¹² Cfr. Richter, W. 2015, Abril.

¹³ Cfr. Prado y Fischer, 2013:35.

¹⁴ Cfr. Andrew y otros. 2015:1.

producto, proceso o servicio y que además este producto tiene una duración limitada, pasando por una serie de actividades (nacimiento, crecimiento y maduración).¹⁵

Algunas de estas actividades pueden agruparse en fases que integralmente contribuyen a obtener un producto básico, el cual es necesario para continuar hacia el producto final y facilitar la gestión del proyecto. A este conjunto de las fases empleadas podría denominarse como el ciclo de vida del proyecto.¹⁶

Según la Guía del PMBOK “El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin...La definición del ciclo de vida del proyecto también identificará qué tareas de transición al final del proyecto están incluidas y cuáles no, a fin de vincular el proyecto con las operaciones de la organización ejecutante”¹⁷

Y según Farje (2011) plasma el significado de Maynard indicando que "un proyecto es un proceso de trabajo grupal que se extiende por una determinada cantidad de tiempo y que debe llevar como resultado una facilidad tecnológica que puede ir desde una construcción civil o industrial, hasta un complejo productivo o de servicios pasando por una solución tecnológica de cualquier índole”¹⁸

Sin embargo, tanto las fases que integran el proyecto, como los objetivos de cada fase y los tipos de productos que se generan, etc. pueden ser muy diferentes dependiendo del tipo de producto o proceso a generar y de las tecnologías empleadas.

Gestión de las Adquisiciones o Compras del Proyecto – Pmbok

La gestión de las adquisiciones del Proyecto (compras, aprovisionamiento, procuraduría, etc.) se realiza a través de procesos de contratación. Un contrato es un acuerdo establecido entre un comprador-cliente y un vendedor-proveedor que está blindado legalmente, es vinculante para las partes en virtud del cual el vendedor se obliga a entregar los productos o servicios

¹⁵ Cfr. Riol, H., & Thuillier, D. 2015:7(3), 251-269.

¹⁶ Cfr. Ledesma 2011:21.

¹⁷ Cfr. PMBok, 2014

¹⁸ Cfr. Farje, Julio 2011:10.

especificados y el comprador se obliga a proporcionar una adecuada contraprestación, generalmente de tipo monetario.¹⁹

Según la guía Pmbok de PMI “la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto. La organización puede ser la compradora o vendedora de los productos, servicios o resultados de un proyecto. La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de gestión del contrato y de control de cambios requeridos para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra emitidas por miembros autorizados del equipo del proyecto”.²⁰ En el proceso de compras es importante el acuerdo a que lleguen las partes para la compra y venta de los materiales.

PMBOK incluye en la gestión de adquisiciones, el área de conocimiento y técnicas explicadas para la gestión eficaz de los contratos, y los procesos de contrataciones integradas dentro de grupos de procesos. Por esta razón, es útil aplicar el manejo de áreas de conocimiento del PMBOK para los proyectos que requieren alto nivel de subcontratación y contratos integrales.²¹

La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto también incluye la administración de cualquier contrato emitido por el comprador que adquiera un proyecto al vendedor, así como la administración de las obligaciones contractuales contraídas por el equipo del proyecto en virtud del contrato.

La actividad de compras es importante papel en la mayor parte de las organizaciones, dado que los materiales adquiridos generalmente representan entre el 40 y el 60 % del valor de las ventas de productos finales o de servicios. Esto significa que las reducciones de costos relativamente pequeñas pueden tener un mayor impacto sobre los beneficios que iguales mejoras en otras áreas de la organización.²²

La figura 3 presenta una descripción general de los procesos de Gestión de las Adquisiciones del Proyecto, a saber²³:

¹⁹ Cfr. Richter, W. (2015, April).

²⁰ Cfr. Pmbok 2014

²¹ Cfr. Karaman, E., & Kurt, M. (2015).

²² Cfr. Loosemore, M. 2016: 133-144.

²³ Cfr. Pmbok 2014: 331-375

1. Planificar las Adquisiciones—Documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificando la forma de hacerlo e identificando a posibles vendedores.
2. Efectuar las Adquisiciones—Obtener respuestas de los vendedores, seleccionar un vendedor y adjudicar un contrato.
3. Administrar las Adquisiciones—Gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos, y efectuar cambios y correcciones según sea necesario.
4. Cerrar las Adquisiciones—Completar cada adquisición para el proyecto.

Estos procesos interactúan entre sí y con los procesos de las otras áreas de conocimiento.

Figura 3: Descripción general de las adquisiciones del proyecto

Fuente: Pmbok (2014: 331-375)

Los procesos de Gestión de las Adquisiciones del Proyecto implican contratos, que son documentos legales que se establecen entre un comprador y un vendedor. Un contrato representa un acuerdo vinculante para las partes en virtud del cual el vendedor se obliga a

proveer los productos, servicios o resultados especificados, y el comprador se obliga a proporcionar dinero o cualquier otra contraprestación válida.

El equipo de dirección del proyecto puede buscar el respaldo temprano de especialistas en contratación, adquisiciones, derecho y asuntos técnicos. Dicha participación puede ser mandatorio según la política de cada organización.

Un proyecto complejo puede implicar la gestión simultánea o secuencial de múltiples contratos o subcontratos. En tales casos, el ciclo de vida de cada contrato puede finalizar durante cualquier fase del ciclo de vida del proyecto.

a. Beneficios de la implementación de la gestión de adquisiciones de PMBok

Las organizaciones que implementen la metodología PMBOK pueden esperar los siguientes beneficios:²⁴

- Mayor productividad por el uso de una metodología estándar.
- Incremento de las utilidades del proyecto debido a la mejora en los procesos de planeamiento y control de recursos del proyecto.
- Reducción de los recursos sin valor agregado.
- Estandarización de las prácticas en todas las áreas.
- Su metodología orientada a procesos define el conocimiento necesario para administrar el ciclo de vida de cualquier proyecto, programa y portafolio.

²⁴ Cfr. de Carvalho, y otros 2015.

b. Los Desafíos de implementar la gestión de adquisiciones de la guía PMBok

Los siguientes desafíos pueden afectar a la empresa en sus esfuerzos de implantación:²⁵

- Numerosos proyectos para los recursos limitados de la empresa.
- Dificultad al determinar el impacto del programa de implementación de administración del proyecto, en comparación con otras iniciativas de mejora de gran porte.
- Comprometer a toda la organización en la ejecución del programa.
- Mantener procesos de desarrollo a corto plazo.
- Considerar solo los beneficios financieros y no tomar en cuenta los beneficios no financieros, como el retorno de la inversión.

Planificación de las Adquisiciones

Esta fase consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificar la forma de llevarlo a cabo e identificar posibles proveedores. Al identificar las necesidades del proyecto pueden satisfacerse las necesidades del proyecto.²⁶

Este proceso incluye determinar apoyo externo, si fuera necesario y, si fuera el caso, lo que se debe adquirir, la forma de adquirirlo, cantidad y cuándo. Cuando el proyecto adquiere productos, servicios y resultados necesarios para la ejecución del proyecto fuera de la organización ejecutante, los procesos desde Planificar las Adquisiciones hasta Cerrar las Adquisiciones se ejecutan para cada elemento.²⁷

En la figura 4, se muestra el subproceso de planificación de adquisiciones:²⁸

²⁵ Cfr. de Carvalho, y otros 2015.

²⁶ Cfr. PMBok 2014:331-375

²⁷ Cfr. Loosemore, M. 2016:34(2), 133-144.

²⁸ Cfr. PMBok 2014:331-375

Figura 4: Planificación de las adquisiciones

Fuente: Pmbok 2014

En la figura 5, mostramos un ejemplo del diagrama de flujo de la planificación de adquisiciones, de acuerdo a PMBok. La empresa ejecutante podrá llevar a cabo sólo los pasos necesarios para su proceso.

Figura 5: Flujo de la planificación de adquisiciones

Fuente: Pmbok

Los beneficios de la planificación de las adquisiciones ayudarán a conseguir los objetivos estratégicos de la organización, obtener precios más competitivos, realizar compras oportunas y aumentar productividad de la organización. Además, una planificación ordenada sirve para guiar, y controlar los gastos.

Planificar las compras significa definir lo que la organización necesita, cuánto y para cuándo, en un período de tiempo determinado. Se identifican los proveedores de cada compra y un cálculo de sus principales parámetros, como precio, tiempo de entrega, calidad, etc. Se programan con anticipación las compras requeridas, lo que permite organizar de mejor manera el trabajo de la logística interna y externa.²⁹

Según Martínez, la planificación de las adquisiciones tiene tres etapas:

- Levantamiento de requerimientos
- Programación de las compras
- Control y seguimiento de la ejecución del plan.

Prieto y Sandoval recomiendan que se analicen los avances y resultados al menos trimestralmente, para identificar:

- Compras realizadas según el plan.
- Compras no realizadas según el plan.
- Compras realizadas, con modificaciones (cantidad, calidad, precio)
- Otras compras realizadas no previstas en el plan y sus causas.³⁰

Al implementar mejoras en este proceso evitarán la ocurrencia de este tipo de errores en el futuro. Finalmente, es preciso enfatizar que el debido seguimiento permitirá detectar a tiempo el o los problemas en la ejecución del plan, como atrasos o errores en las estimaciones de cantidades o precios.³¹ “La mala planificación por parte de la empresa ocasiona que se generen actualmente menores utilidades en cada uno de los proyectos”.³²

²⁹ Cfr. Martínez 2014

³⁰ Cfr. Prieto Herrera, W., y Sandoval Manya, M. F. 2015.

³¹ Cfr. Prieto Herrera, W., y Sandoval Manya, M. F. 2015.

³² Cfr. Vargas Marín, A. I. (2014)

Formalización de las Adquisiciones

Consiste en obtener las respuestas de los proveedores, seleccionar un proveedor y adjudicar un contrato. Se recibirán ofertas y propuestas, y aplicarán criterios de selección definidos previamente con el objetivo de seleccionar uno o más proveedores calificados para efectuar el trabajo y que sean aceptables como tales.³³ En esta etapa se debe analizar cada respuesta para así adjudicar un contrato de acuerdo a los parámetros de precio, calidad, tiempo de entrega, inventario.

Figura 6: Formalización de las Adquisiciones

Fuente: Pmbok 2014

Administración de las Adquisiciones

Consiste en gestionar las adquisiciones, supervisar el desempeño del contrato y efectuar cambios y correcciones según sea necesario³⁴. El comprador y el proveedor administran el contrato de adquisición con objetivos similares. Cada parte debe asegurar el cumplimiento de sus respectivas obligaciones y que sus derechos legales se encuentren protegidos. Este proceso

³³ Cfr. PMBok 2014:331-375

³⁴ Cfr. PMBok 2014:331-375

garantiza que el desempeño del proveedor satisfaga los requisitos de adquisición y que el comprador actúe de acuerdo a los términos del contrato legal.

El propósito es tener un control mayor de los materiales y equipos que se adquieren y se encuentran dentro de la obra, además de tener un registro de la utilización de los materiales.³⁵

Figura 7: Administración de las Adquisiciones

Fuente: Pmbok 2014

Cierre de las Adquisiciones

Es término del proceso de cada adquisición para el proyecto. Se debe verificar que la totalidad del trabajo y de los entregables sean aceptables.³⁶ Se debe finalizar con los reclamos abiertos, actualizar registros y archivar dicha información para su posterior uso. En los proyectos de múltiples fases, puede ocurrir que el plazo de vigencia de un contrato sea aplicable únicamente a una fase determinada del proyecto, por lo tanto, en estos casos, se debe cerrar las adquisiciones aplicables únicamente a dicha fase del proyecto. Los reclamos no resueltos pueden estar sujetos a litigios posteriores al cierre. Los términos y condiciones del contrato pueden prescribir procedimientos específicos para el cierre del contrato.

³⁵ Cfr. Vargas Marín, A. I. 2014

³⁶ Cfr. PMBok 2014: 331-275

Figura 8: Cierre de Adquisiciones

Fuente: Pmbok 2014

Cerrar la fase de Gestión de las Adquisiciones es la entrega ordenada de todos los documentos generados durante el desarrollo del proyecto, así como el cierre profesional de todos los acuerdos legales y evaluaciones de desempeño. Dicho proceso comienza después de que el proyecto o su etapa cumplen con sus objetivos o es suspendido o cancelado por otras razones. Existen dos tipos de cierre: contractual y administrativo.³⁷

Supply Chain Management

El objetivo de la gestión de aprovisionamiento es la de proveer mejor valor junto con una reducción estable de costos. Bajo esta técnica, la entrega de Just In Time, en donde los inventarios y retrasos de suministros se evitan, intenta ofrecer la solución óptima por cumplir inmediatamente y continuamente con los requerimientos de los clientes. Este enfoque, para su eficiencia, hace que todas las partes importantes de los procesos cooperen por completo en la planeación de los cronogramas, limitando los cuellos de botella o retrasos de los recursos al mínimo para una demanda incierta. Esencialmente, Supply Chain Management se enfoca en los siguientes aspectos importantes³⁸:

1. Relación de los proveedores existentes y la selección de los socios confiables para un compromiso a largo plazo.
2. Los proveedores deben involucrarse desde el inicio del proceso de diseño
3. Desarrollo de los sistemas para permitir compartir los planos de construcción
4. Gestión de la integración de diseño con los proveedores

³⁷ Cfr. Donayre y Malásquez 2015

³⁸ Cfr. Gao, S., & Low, S. P. 2014: 1

5. Desarrollo de los procedimientos e información de costos
6. Determinación de las mediciones de rendimiento para valor, calidad, salud y seguridad y sostenibilidad
7. Fomento del trabajo en equipo y solución de problemas con los socios de la cadena de suministro
8. Determinación de los procedimientos de comunicación de cambios rápidamente
9. Monitoreo del progreso y determinar e identificar los problemas rápidamente
10. Establecimiento de mecanismos de revisión para la retroalimentación, ideas e intercambio de conocimiento.

Generalmente, la locación geográfica de las instalaciones productivas, rango de productos/capacidad de recursos, niveles de inventarios, provisión de transporte, instalaciones de comunicaciones y consideraciones de riesgos, etc. varían según el tipo de función de suministro que se utiliza. La técnica Supply Chain Management tiene la capacidad de generar continuamente utilidades aceptables en las relaciones de cliente-proveedor. Pero se debe tener cuidado que algunos de los proveedores intentarán esconder de los clientes los detalles de las transacciones con abastecedores vía facturación inescrupulosa y fraudes similares salvo que se mantenga un control de vigilancia exhaustiva³⁹.

Figura 9: Proceso de gestión de valor del SCM

³⁹ Cfr. Kim, y otros 2013: 647

Fuente: Harris, F., y McCaffer, R. 2013: 73

La primera fase Value Planning (planeamiento de valor) se definen los problemas, se establecen las funciones, se realiza una tormenta de ideas además del uso de otras herramientas como el análisis de Pareto, se jerarquizan las funciones. En la segunda fase, Value Engineering (ingeniería de valor), se confirman los objetivos del proyecto, se analizan las funciones y criterios, se determinan las soluciones alternativas, se clasifican las soluciones versus los criterios de las funciones, se dan un peso a cada solución, y se selecciona la solución para cumplir los objetivos y presupuesto. Por último en la fase Value Review (Revisión de valor) se monitorea el proceso de valor o cadena de valor, se corrigen los defectos, se provee retroalimentación en el trabajo subsecuente y se configuran las contingencias.⁴⁰

Teorías de control de inventarios

Definición

⁴⁰ Cfr. Harris, F., y McCaffer, R. 2013:73

Las teorías de control de inventarios surgen de dos preguntas básicas (1) ¿Cuándo debe colocarse la orden de compra? y (2) ¿Cuánto debe ordenarse? La complejidad de los modelos resultantes depende de las suposiciones que el investigador realiza sobre los diferentes parámetros del sistema.⁴¹ La diferencia principal entre los modelos es asumir una demanda conocida y una demanda al azar, pero también los costos y determinación de desperdicios son importantes para determinar la complejidad del modelo resultante.

Las grandes empresas utilizan una variedad de teorías de control de inventario y fórmulas matemáticas para ayudar a optimizar la producción y el almacenamiento de miles de unidades de productos y ayudar a minimizar los costos. Los propietarios de pequeñas empresas pueden utilizar las ideas de varios métodos de control de inventario para controlar su producción y almacenamiento basados en sus necesidades de contención de costos y servicio al cliente.

Para el pronóstico de las demandas se utiliza la función de EXCEL “Pronóstico ()” como en el caso de estudio de Evaluación y Mapeo de Aguas Subterráneas Ivy en el estado de Virginia EE.UU. recolectaron el número de conexiones de agua públicos para el año 1990 a 2006 para ser utilizado como una base para futuras conexiones. La función de Pronóstico () en Excel se utilizó para calcular las proyecciones para el número de conexiones de agua pública hasta el año 2030. El uso de esta información censal de personas por hogar y los datos, se determinó una estimación de población proyectada utilizando agua pública. Estos datos son la base para calcular las estimaciones de la población que utiliza los pozos privados. Una vez que todos los datos se calculó la población, el consumo de agua por persona estándar estimado en 100 litros / día a B & B Consultores. Utilizando esta estimación de galones / día y las estimaciones para la población que utiliza los pozos privados, se determinó el uso de agua de pozos privados.⁴²

Just-In-Time (Justo a tiempo)

La herramienta de Just-In-Time se aplica sólo cuando es necesario cumplir con los pedidos, en lugar de hacer el inventario de antelación y guardarla. Esto ayuda a reducir costos de transporte. Esto puede ser una propuesta arriesgada si una parte de su cadena de suministro, tales como su capacidad para obtener los materiales o mano de obra, se interrumpe. También podría tener

⁴¹ Cfr. Nahmias, 2015, 134-145

⁴² Cfr. French y otros 2007:4

mayores costos de producción y de envío si se espera hasta el último minuto combinándose satisfactoriamente con la guía Pmbok de PMI.⁴³

En el mercado global orientado al cliente de hoy en día, la satisfacción del cliente surge como una necesidad de empuje de cualquier industria para sobresalir en la competencia. El estudio de Kumar, y otros encuentra la variedad de productos, producto innovador y de respuesta rápida a la demanda de los clientes, como el ingrediente esencial de la satisfacción del cliente. La herramienta de "Just-in-time", significa la producción instantánea de mercancías perfectas de calidad con un mínimo de desperdicio; parece abarcar todos estos temas. Sin embargo, la principal preocupación es la aplicación de los elementos de JIT para lograr la satisfacción del cliente. Este documento sugiere dos modelos de implementación JIT teniendo en cuenta los últimos números de la cadena de suministro. En primer lugar, un modelo de tres etapas que se desarrolló para correlacionar la satisfacción del cliente con los varios elementos de JIT. El segundo modelo es un modelo perpetuo que indica cómo implementar estos elementos de una manera más estructurada. Colectivamente los modelos propuestos abrazan imagen completa de la implementación JIT.⁴⁴

Just-In-Time (JIT) es una estrategia de inventario que las empresas emplean para aumentar la eficiencia y disminuir los desperdicios mediante la recepción de las mercancías sólo cuando sean necesarias en el proceso de producción o de un proyecto de obra de construcción, lo que reduce los costos de inventario. Este método requiere que las empresas pronostiquen la demanda con exactitud. Este sistema de suministro de inventario representa un alejamiento de la estrategia previa "Just-in-case", en el que las empresas requieren grandes inventarios en caso de una mayor demanda que debe cumplirse, almacenando suministros no necesarios inmediatamente⁴⁵. De acuerdo a Sharma y otros (2016), introducen las ventajas y desventajas de la herramienta Just-in-Time, como se resume a continuación:

Ventajas

Just-in-Time para el control de inventario tiene varias ventajas sobre los modelos tradicionales ya que reduce los costos mediante la eliminación de las necesidades de almacenamiento. Las

⁴³ Cfr. Teixeira, Bruno Afonso. (2013).

⁴⁴ Cfr. Kumar y otros 2014, July:2608

⁴⁵ Cfr. Sharma y otros. 2016:11(2).

empresas también gastan menos dinero en materias primas debido a que compran sólo lo suficiente para hacer operativos sus proyectos.

Desventajas

Las desventajas Just-In-Time implican interrupciones en la cadena de suministro. Si un proveedor de materias primas tiene una avería y no puede entregar la mercancía a tiempo, un proveedor puede cerrar todo el proceso de producción. Una orden repentina para las mercancías que supera las expectativas puede retrasar la entrega de los productos terminados a los clientes.

EOQ

El modelo EOQ se aplica sólo cuando la demanda de un producto es constante a lo largo del año y cada nuevo pedido se entrega en su totalidad cuando el inventario llega a cero. De acuerdo al estudio de Dave (2013) indique que existe un costo fijo por cada pedido realizado, independientemente del número de unidades pedidas. También existe un costo de cada unidad en almacenamiento, a veces expresa como un porcentaje del coste de compra del artículo. Queremos determinar el número óptimo de unidades para ordenar de manera que se minimiza el costo total asociado con la compra, entrega y almacenamiento del producto. Para utilizar el modelo se debe tener conocimiento de los parámetros necesarios para la solución como la demanda total para el año, el costo de compra de cada producto, el costo fijo para colocar la orden y el costo de almacenamiento para cada elemento por año. Se debe considerar que el número de veces de un pedido también afectará el costo total, aunque este número puede determinarse a partir de los otros parámetros⁴⁶.

El mismo estudio indica las variables requeridas para utilizar el modelo EOQ, las cuales son las siguientes:

Variables

P = precio de compra de la unidad, costo unitario de producción

Q = cantidad de la orden

⁴⁶ Cfr. Dave, B. A. 2013

$Q^* =$ cantidad óptima de pedido

D = cantidad anual de la demanda

K = costo fijo, el costo de instalación (no por unidad, por lo general el costo de ordenar y gastos de envío. Este no es el costo de los bienes)

h = costo del mantenimiento anual por unidad, también conocida como la realización de costo o costo de almacenamiento (costo de capital, espacio de almacenamiento, refrigeración, seguros, etc. generalmente no relacionado con el costo de producción)

Priyadarshi, H., & Sameersinh, V. indican que se debe enfatizar en el modelo EOQ y técnicas similares de ordenación y manejo de materiales con ayuda de los proveedores, teniendo en cuenta el diseño del proyecto y la construcción, para evitar los desperdicios, considerándose lo siguiente para la elaboración de un modelo de mejora continua⁴⁷:

1. Empaque eficiente para minimizar los residuos.
2. Evitar el desperdicio en el transporte.
3. Asegurar que la cantidad correcta de cada material se entrega en el lugar correcto.
4. Dirección de reciclado y el contenido reciclado de los productos.
5. Especificaciones para denotar la eficiencia en el uso del producto.
6. Control estricto sobre el suministro oportuno.
7. Adhesión a la calidad.
8. Compra de productos rescatados, por reciclarse o reciclar materiales.
9. Retirar productos de calidad inferior, rechazados o elementos no utilizados.

Figura 10: Plan de gestión de desperdicios con el modelo EOQ

⁴⁷ Cfr. Priyadarshi, H., & Sameersinh, V. 2013: 9

Fuente: Priyadarshi, H., & Sameersinh, V. 2013: 10

De acuerdo a la figura de arriba, se debe determinar los materiales como desperdicios o por lo contrario reutilizarlos, reciclarlos o eliminarlos de acuerdo a la gestión de calidad si son aptos o no para su uso en otros proyectos. En general es la reducción de desperdicios de inventarios.

Gestión de Calidad Total

Es la integración de todas las funciones y procesos en una organización con la finalidad de lograr una mejora continua de la calidad de bienes y servicios. El objetivo final es la satisfacción del cliente.⁴⁸ Existe una relación entre calidad y productividad según el Dr. Tsuda

⁴⁸ Cfr. Omachonu, V y Fischgrund, J. 2014: 3(2), 65-73.

indica que en Japón, mantienen un gran interés en la mejora de la calidad al utilizar los métodos que se iniciaron, cuando se mejora la calidad también mejoramos la productividad⁴⁹.

Herramientas de la calidad

Existen siete herramientas científicas para el análisis y mejoramiento del desarrollo de los procesos⁵⁰. En la siguiente tabla se muestra una clasificación según el tipo de datos según el trabajo de Eastham.

Hojas de verificación

Una hoja de verificación es una herramienta básica de calidad que se utiliza para recopilar datos. Una hoja de verificación podría utilizarse para rastrear el número de veces que un determinado evento ocurre. Por ejemplo, un departamento de recursos humanos puede realizar un seguimiento del número de preguntas por los empleados, por categoría, por día. En esta hoja de verificación particular, las herramientas muestran el número total de preguntas recibidas por el departamento de recursos humanos. Esta información ayuda a que el departamento de identificar oportunidades para compartir de forma proactiva información con los empleados en un esfuerzo por reducir el número de preguntas formuladas.

Figura 11: Ejemplo de Hojas de Verificación

Human Resource Questions						
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Total
Health Insurance	### //	### ###	////	### /	### ///	35
Disability Insurance	///	////	/	### /	//	16
Sick Time	###	### ///	///	////	###	25
Paid Time Off	### ###	### ###	### ////	### ////	### ///	47
Tuition Reimbursement	///	//	////	///	////	16
Payroll Error	//	/	///	/	//	9
Total	30	35	25	29	29	148

Fuente: Lotich, P. (2015)

Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo de las relaciones de subordinación en las estructuras organizativas. Los diagramas de flujo también se utilizan para documentar los flujos de procesos de trabajo. Esta

⁴⁹ Cfr. Omachonu, 2014: 2(01), 2.

⁵⁰ Cfr. Eastham y otros 2014: 3-22

herramienta se utiliza cuando se trata de determinar en dónde se encuentran los cuellos de botella o averías en los procesos de trabajo. Los diagramas de flujo de un proceso proporcionan una imagen de lo que el proceso se parece y puede arrojar sobre los despilfarros dentro del proceso. También se utilizan para mostrar los cambios en un proceso cuando se realizan mejoras o para mostrar un nuevo proceso de flujo de trabajo.

Figura 12: Ejemplo de un Diagrama de Flujo

Fuente: Lotich, P. (2015)

Gráficos de Control

Los gráficos de control o gráficos de series se utilizan para trazar los puntos de datos en el tiempo y dar una imagen de la circulación de esos datos. Estos gráficos demuestran cuando los datos son consistentes o cuando hay valores extremos altos o bajos en las ocurrencias de datos.

Se centra en la supervisión del rendimiento con el tiempo mirando a la variación en puntos de datos. Y, distingue entre causa común y variaciones de causa especial.

Figura 13: Ejemplo de un Gráfico de Control

Fuente: Lotich, P. (2015)

Histogramas

Los histogramas son gráficos de barras de datos que muestran los patrones que caen bajo las condiciones de los procesos típicos. Los cambios en un proceso deben dar lugar a la nueva colección de datos. Un mínimo de 50-75 puntos de datos se debe reunir para asegurar un número suficiente de puntos de datos aceptables recolectados. Los patrones que son detectados demuestran un análisis que ayuda a comprender la variación.

Figura 14: Ejemplo de un Histograma

Fuente: Lotich, P. (2015)

Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras de los datos que muestran el mayor número de frecuencias a los más pequeños, implicando la regla de Pareto 80-20. En este ejemplo, estamos buscando en el número de defectos del producto en cada una de las categorías enumeradas. Cuando nos fijamos en el número de defectos desde el más grande hasta los sucesos más pequeños, es fácil ver cómo priorizar las mejoras esfuerzos. Los problemas más importantes se destacan y pueden solucionarse en primer lugar (80-20).

Figura 15: Ejemplo de Diagrama de Pareto

Fuente: Lotich, P. (2015)

Diagramas de causa y efecto

Un diagrama de causa y efecto, también conocido como un diagrama de espina de pescado o de Ishikawa, muestra las muchas posibles causas de un problema. Para utilizar esta herramienta, es necesario identificar en primer lugar el problema que está tratando de resolver y simplemente lo escribe en la caja (cabeza del pez) a la derecha.

Luego, se muestra una lista de las principales causas del problema en la espina dorsal de los peces. Las causas suelen ser separados en categorías por personas, procesos, materiales y equipos. Las causas son luego identificadas a través de la reunión de reflexión con un grupo de trabajo familiarizado con el problema. Una vez que todas las causas posibles son identificadas, se puede utilizar para desarrollar un plan de mejora para ayudar a resolver el problema identificado.

Figura 16: Ejemplo de Diagrama Causa-Efecto

Fuente: Lotich, P. (2015)

Diagramas de control de procesos o dispersión

Los diagramas de dispersión son gráficos que muestran la relación entre las variables. Las variables a menudo representan posibles causas y efectos. Por ejemplo, un diagrama de dispersión podría mostrar la relación entre cómo los voluntarios se encuentran satisfechos por la formación de orientación a la que asisten. El diagrama muestra la relación entre las puntuaciones de satisfacción de voluntarios y la formación de orientación para voluntarios.

Figura 17: Ejemplo de un Diagrama de Dispersión

Fuente: Lotich, P. (2015)

Por lo tanto, cada una de estas herramientas de calidad tiene ventajas únicas para ciertas situaciones. Y, no todas las herramientas se utilizan para la resolución de problemas.

Matriz AHP

La matriz del proceso jerárquico analítico (Analytic Hierarchy Process – AHP) es el proceso de ponderar los criterios y alternativas, tanto cualitativamente como cuantitativamente. Es una herramienta del despliegue de control de la calidad (QFD) y se utiliza para comparar las necesidades de los clientes. La construcción de la matriz AHP puede basarse del Pmbok, Lean Manufacturing, Gestión por Procesos, es para la toma de decisiones.⁵¹

La toma de decisiones implica el uso de la inteligencia, la sabiduría y la creatividad a fin de que los seres humanos satisfagan las necesidades básicas para sobrevivir. La evaluación de una decisión requiere varias consideraciones tales como los beneficios derivados de tomar la

⁵¹ Cfr. Hossen, y otros 2015: 47(3), 362-379.

decisión correcta, los costos, los riesgos y las pérdidas resultantes de las acciones tomadas (o inacciones) si se toma la decisión equivocada⁵².

Según el estudio de Alexander, indica que los métodos de toma de decisiones van desde la dependencia del azar (como lanzar monedas) al uso de herramientas para la toma de decisiones más estructuradas. La correcta toma de decisiones implica un peso de todos los factores que son importantes. Los investigadores deben sopesar cuidadosamente las ventajas y desventajas de las opciones de toma de manera que el éxito en el futuro y la supervivencia en los negocios o la vida se pueden optimizar, nada está garantizado.

Indica también que, la toma de decisiones moderna ha sido inherentemente compleja cuando se sopesan muchos factores frente a las prioridades que compiten. Una de las herramientas modernas desarrolladas en los últimos 30 años que se utilizan para evaluar, priorizar, clasificar y evaluar las opciones de decisiones es el proceso analítico jerárquico (AHP) desarrollado por Thomas Saaty.

Alexander explica que la herramienta AHP toma los juicios de los investigadores para formar una descomposición de problemas en jerarquías. La complejidad del problema está representada por el número de niveles en la jerarquía que se combinan con el modelo de la de la toma de decisiones del problema a resolver.

La jerarquía se utiliza para derivar medidas de razón en escala de alternativas de decisión y determina las alternativas de valor relativo tienen contra objetivos de la organización (la satisfacción del cliente, productos / servicios, recursos humanos y financieros, y la eficacia de la organización) y los riesgos del proyecto. AHP usa el álgebra de matrices para resolver factores para llegar a una solución matemática óptima⁵³.

De acuerdo a Umar y otros, el AHP deriva escalas de razón de las comparaciones pareadas de los factores y las opciones de elección. Se utiliza la siguiente tabla para sopesar las causas y efectos y realizar la matriz AHP:

⁵² Cfr. Alexander 2015:2

⁵³ Cfr. Umar y otros 2014: 5

Tabla 1: Tabla de preferencias en una escala de 1 a 9

AHP Scale of Importance for comparison pair (aij)	Numeric Rating	Reciprocal (decimal)
Extreme Importance	9	1/9 (0.111)
Very strong to extremely	8	1/8 (0.125)
Very strong Importance	7	1/7 (0.143)
Strongly to to very strong	6	1/6(0.167)
Strong Importance	5	1/5(0.200)
Moderately to Strong	4	1/4(0.250)
Moderate Importance	3	1/3(0.333)
Equally to Moderately	2	1/2(0.500)
Equal Importance	1	1 (1.000)

Fuente: Alexander 2015:3

Las aplicaciones típicas donde se ha utilizado AHP son⁵⁴:

- Dar prioridad a los factores y requisitos que el desarrollo de software impacto y la productividad,
- La elección entre varias estrategias para mejorar las características de seguridad en los vehículos de motor,
- Estimación de costos y opciones de programación para la planificación de necesidades de material (MRP),
- Selección de componentes de software deseado de varios proveedores de software,
- Evaluación de la calidad de las propuestas de investigación y de inversión.
- AHP utiliza medidas reales como de precios, cuentas, u opiniones subjetivas como entradas en una matriz numérica. Las salidas incluyen escalas de razón e índices de consistencia obtenidos por el cálculo de valores y vectores propios.

En la primera fase se utilizan los diagramas relacionales para colocar las jerarquías como la siguiente:

⁵⁴ Bhosale, S., y Daruwala, R. 2014:36

Figura 18: Ejemplo de Diagrama relacional

Fuente: Saaty, 2010

En la segunda fase se sopesa según las características, problemas cualitativos según los pesos de la tabla 1.

Tabla 2: Ejemplo de la asignación de pesos para elaborar la matriz AHP

Tom	1	Dick	4	Dick has a big advantage in length & variety of experience in our company, but is light outside it. Tom has more experience outside. Overall, his experience much narrower than Dick's. Dick's experience is more than moderately preferred to Tom's. Weight: 4
Tom	4	Harry	1	Overall, Harry is much less experienced than Tom. Both are rather specialized. Tom knows the company much better than Harry, and has heavy experience outside it. Tom's experience is somewhat more than moderately preferred to Harry's. Weight: 4
Dick	9	Harry	1	Harry is a relatively junior executive. Dick is an experienced senior. Harry has a slight edge in experience outside the company, but it is minor compared to Dick's grasp of our organization. Dick's experience is extremely preferred to Harry's. Weight: 9

Fuente: Saaty, 2010

Posteriormente se transfieren los pesos a una matriz, como sigue:

Figura 19: Ejemplo de matriz de pesos

Experience	Tom	Dick	Harry
Tom	1	1/4	4
Dick	4	1	9
Harry	1/4	1/9	1

Fuente: Saaty, 2010

Luego se suman los pesos para determinar la prioridad y el factor de inconsistencia, como sigue:

Figura 20: Ejemplo de prioridades de la matriz

Experience	Tom	Dick	Harry	Priority
Tom	1	1/4	4	0.217
Dick	4	1	9	0.717
Harry	1/4	1/9	1	0.066
Sum of Priorities				1.000
Inconsistency				0.035

Fuente: Saaty, 2010

Por último, se calculan todos los pesos, de todos los problemas o herramientas que se deseen utilizar al obtener los ponderados, de acuerdo al objetivo:

Tabla 3: Ejemplo Tabla de pesos

Candidate	Priority with Respect to				
	Experience	Education	Charisma	Age	Goal
Tom	0.119	0.024	0.201	0.015	0.358
Dick	0.392	0.010	0.052	0.038	0.492
Harry	0.036	0.093	0.017	0.004	0.149
Totals:	0.547	0.127	0.270	0.056	1.000

Fuente: Saaty, 2010

Ciclo Deming

También llamado PDCA (por sus siglas en inglés plan-do-check-act o plan-do-check-adjust) es un método de gestión de cuatro pasos iterativo utilizado para el control y la mejora continua de los procesos y productos. El ciclo se refiere a la identificación de todas las acciones necesarias para poder corregir una situación que opera fuera de los rangos permitidos, de esta forma se obtiene una mejora, y si esta acción a su vez generó otros cambios, se debe evaluar de forma continua los efectos producidos.⁵⁵

Figura 21: Ciclo de Deming – Mejora Continua

Fuente: Gershon, y Rajashekharaiiah 2013

⁵⁵ Cfr. Gershon, y Rajashekharaiiah 2013:11(4), 475-489.

Relación entre PMBOK y Lean Construction

Existe una relación entre el PMBOK y Lean construction, Nesensohn, indica que la madurez en lean construction se puede medir mediante un conjunto de herramientas, es decir, que la madurez se mide con las mejores prácticas y herramientas del PMBOK.⁵⁶

Howell, en la siguiente tabla considera que la construcción tradicional se enfoca en la innovación individual dentro del PMBOK de PMI es tradicional y Lean construction se basa en el PMBOK hacia un enfoque diferente de la gestión de proyectos.⁵⁷

Debemos tener en cuenta como Howell (2011) que la industria de la construcción utiliza diferentes términos y un modelo conceptual diferente. En la construcción, la "planificación" es la producción de los presupuestos, horarios y otra especificación detallada de los pasos a seguir y las restricciones para ser obedecido en la ejecución del proyecto.⁵⁸

Se puede utilizar ambos para mejorar los procesos de adquisiciones y logística en general en un proyecto de construcción empleando herramientas de calidad para la filosofía Lean, como Matriz AHP, Ciclo Deming, y las herramientas de gestión de calidad total.

⁵⁶ Cfr. Nesensohn y otros (2014). 14(1), 45-59.

⁵⁷ Cfr. Howell, J. 2014: 1(9), 5.

⁵⁸ Cfr. Howell, 2011

Tabla 4: Construcción tradicional vs. lean construction

Construcción tradicional	Lean Construction
Control reactivo	Control activo
Optimización a un nivel individual activamente – premios individuales al personal por su rendimiento	Optimización a un nivel de proyecto – premios a varios grupos de personal involucrados en la entrega de principales paquetes de trabajo
Depende de la innovación individual dentro del Cuerpo de Gestión del Proyecto de Conocimiento (PMBOK)	Se construye según la infraestructura básica de PMBOK institucionalizando un nuevo enfoque de la gestión de proyectos
Métodos de Práctica y de programación tradicionales tales como el CPM (Critical Path Method) que juega un rol importante en la programación del proyecto e identificación de los puntos críticos. Mayor énfasis en toda la programación del proyecto, con poca atención en los flujos de trabajo a corto plazo.	Planeamiento a corto plazo y control de los trabajos mejoran el término en tiempos de las tareas. El énfasis en los flujos de trabajo sin interrupción – sin intereses propios (conflictivo)
El planeamiento visto como la clave al éxito y gestión por el control como lo más importante para organizar los costos y tiempos y lograr el alcance del trabajo, flexibilidad marginal.	Reconoce la ocurrencia de los eventos no planeados dentro de cada proyecto e instituye el control hacia abajo para facilitar las decisiones de la administración en la fuente del problema. Utiliza la técnica de programación “Last Planner System”
Altamente eficiente para los proyectos simples y predecibles	Altamente eficaz para los proyectos complejos e inciertos.

Fuente: Howell, J.

Lean Construction

La filosofía Lean se aplica también a la construcción llamado Lean Construction. Según Sarhan y Fox, indican en su estudio de Lean Construction (LC) es un enfoque de la gestión del proyecto diferente porque tiene un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega, está orientado a maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de proyectos, diseños simultáneos de productos y procesos, y se aplica el control de la producción durante toda la vida del producto desde el diseño hasta la entrega. Consideran que la idea central de LC es reducir o eliminar el desperdicio, representadas en las actividades que no añaden valor, y aumentar la eficiencia de las actividades de valor añadido.⁵⁹

⁵⁹ Cfr. Sarhan, y Fox, A. 2013: 6(1).

Banawi, en su investigación propone el siguiente método para poder determinar los desperdicios o despilfarros en la construcción, aplicando Lean Construction.⁶⁰

Figura 22: Metodología DMAIC propuesta para implementar Lean Construction

Fuente: Banawi 2013:

En la figura 22 se observa la herramienta DMAIC desde el proceso actual de la construcción al proceso mejorado. Utiliza VSM (Value Stream Mapping – mapeo de valor), el diagrama de causa y efecto y Pareto, para luego utilizar VSM.

Filosofía Lean

El término de producción ajustada se aplica a la reducción de actividades innecesarias dentro del ciclo productivo en la obtención del producto terminado y sin dejar de cumplir con los

⁶⁰ Cfr. Banawi 2013:5

requerimientos solicitados por el cliente. Este concepto se aplica a la erradicación de los despilfarros o desperdicios. Un desperdicio es todo proceso o actividad que consume un excedente de recursos innecesariamente⁶¹.

Para lograr este cometido la filosofía Lean supone la implantación de un sistema y técnicas de mejora continua tanto en las actividades primarias como en las secundarias o de soporte, y todo esto en coordinación con los líderes del proyecto de implantación del sistema, sistema considerado como una faceta estratégica del sistema de fabricación ágil que aborda las dimensiones claves competitivas de fabricación⁶².

La implantación de un sistema lean no sólo debe entenderse como la reducción de productos terminados en inventario (almacén) o la reducción de tiempos de espera. Puesto que en algunos contextos puede asumirse en culminar prontamente una atención de pedido u orden de compra sin hacer hincapié en la Gestión de la Calidad, o si el proceso de fabricación de una unidad tiene un tiempo largo de producción podría dejar inválida una venta por falta de stock.⁶³

Así como la filosofía lean se aplica en la producción, de igual manera debe capacitarse a los empleados con el mismo método. En el estudio de Dalto (2015), muestra la aplicación de los principios Lean para las cuatro etapas de aprendizaje para una mejor Capacitación Efectiva. Siendo el objetivo principal de aumentar el valor para el cliente. Cuyo valor que busca es el entrenamiento más eficaz de formación que lleva a que el trabajador aplique los conocimientos y habilidades lean que desee en el lugar de trabajo. Y que los objetivos de la empresa se alineen con los del trabajador capacitado en lean manufacturing y calidad⁶⁴.

Estructura del Sistema Lean

El sistema apunta a la obtención de la mejor calidad del producto terminado, los más bajos costos internos y externos y la entrega a tiempo del producto final al usuario. Como principales pilares de estas metas se encuentran las herramientas JIT y JIDOKA. La primera consiste en

⁶¹ Cfr. Carreras 2010:4

⁶² Cfr. Elmoselhy, 2015

⁶³ Cfr. Gorman y otros 2009: 542

⁶⁴ Cfr. Dalto, 2015

poder producir los requerimientos de un cliente en el momento adecuado, en el tiempo establecido y en cantidades exactas. La herramienta JIDOKA consiste en poder darle autonomía a todo el personal que participe en el proceso productivo para poder identificar algún problema en la línea de producción y detener la máquina o proceso para poder darle una solución de raíz y evitar que este problema genere otros.⁶⁵

La base del Sistema Lean consta de la estabilidad y estandarización de los procesos, la herramienta HEIJUNKA o nivelación de procesos es la supresión de desniveles en las variables operativas lo que conlleva a una producción continua. Así como también se debe planificar la utilización de herramientas como lo indica, con el fin de cumplir con el requisito del sistema de fabricación flexible, la gestión de herramientas, incluyendo la preparación de herramientas y regulación de herramientas, tiene que planificarse sistemáticamente al inicio de la fabricación de la planificación de la ingeniería y la planificación de la línea de fabricación flexible basado en los principios de lean manufacturing⁶⁶.

Concepto de despilfarro y valor agregado

Un despilfarro o desperdicio es cualquier uso o pérdida de un recurso que no conduce a que el producto tenga una mejora de la calidad, o un menor costo de fabricación o que agilice el su manufactura.⁶⁷

El estudio de Onix (2015) presenta lo que se necesita para acelerar la velocidad de comercialización, mejorar la calidad del producto, reducir los costos y aumentar la productividad. Sin embargo, las ineficiencias o despilfarros pueden estar dentro del ciclo de vida de desarrollo del producto lo cual impedirá e interrumpirá su éxito. Cuando no pueden encontrar rápidamente los datos dispares (despilfarros) en los sistemas de toda la empresa, resulta en los reprocesos, baja productividad, baja calidad y ciclos de trabajo más largos.

Un valor añadido es una característica que la materia prima adquiere en cada etapa de su proceso de transformación hasta obtenerse el producto terminado. Esta cadena de valor añadido también debe identificarse claramente, pues finalmente deberá transferirse de manera clara al

⁶⁵ Cfr. Liker y Morgan 2006:7

⁶⁶ Cfr. Li, B y Li, G. 2015

⁶⁷ Cfr. Vendan y Sakthidhasan 2010: 580

cliente para que este pueda asumir el costo final del producto con la suma de todos los valores añadidos obtenidos a lo largo de su transformación⁶⁸.

En todo proceso habrá actividades que no añadan un valor agregado, pero sin embargo se deben mantener como actividades necesarias como parte de la línea de manufactura. Por lo tanto, es necesario entender la relación de los desperdicios y la identificación oportuna de la clasificación de los mismos que necesitemos erradicar de una línea de producción.⁶⁹

Según Freiheit la clasificación de desperdicios es la siguiente⁷⁰:

- Despilfarro por sobreproducción
- Despilfarro por defectos
- Despilfarro por transporte
- Despilfarro por tiempo de espera
- Despilfarro por inventario
- Despilfarro por movimientos innecesarios
- Despilfarro por tratamiento innecesario

Herramientas de la filosofía Lean

Estos sistemas lean integra muchas herramientas y técnicas. Algunas de las más importantes son: la cadena de valor (VSM), 5S, Gestión de la calidad total (TQM), Mantenimiento productivo total (TPM), SMED, Kanban, Kaizen, Poka Yoke, JIT etc⁷¹. Kulkarni, y Deore (2015), explican que la participación de los empleados a través de Kaizen, esquemas de sugerencias y 5-S proyectan la reducción de costos, medidos y reportados con los siguientes tres indicadores que se mantiene constantemente en perspectiva: 1) el beneficio que se logra a través de la actividad de reducción de costos, 2) la reducción de costos como % de las ventas totales y 3) la reducción de costo en % de los costos de materiales⁷².

A continuación, se describirán las principales técnicas del sistema lean.

⁶⁸ Cfr. Onix 2015

⁶⁹ Cfr. Freiheit y Gopinath 2012: 136

⁷⁰ Freiheit y Gopinath 2012: 136

⁷¹ Anvari y otros 2014: 2170

⁷² Kulkarni, y Deore 2015

Metodología de las 5S

Una de las más poderosas herramientas del lean, y que puede ser aplicable a cualquier tipo de proceso, ya sea de manufactura o de servicios, es la herramienta de las 5S. Proveniente de las palabras japonesas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitzuke. Las 5S son una herramienta simple de implementar pero que prepara adecuadamente el área de trabajo en lugar limpio, eficiente y hace más sencilla el trabajo de estandarización.⁷³

Michalska y Szewieczek. (2014), indican que la gestión moderna de la empresa no sólo es el sistema de gestión de calidad basado en la serie de normas ISO 9000: 2000, para la búsqueda de la mejora continua, sino también la filosofía de la Gestión de Calidad Total. En los marcos de aplicación de la Gestión de Calidad Total en el nivel operativo más popular se convierte en la idea de las llamadas 5S.

Seiri – Clasificación de los elementos necesarios e innecesarios

Seiton – Organización de los elementos bajo un mismo criterio.

Seiso – Limpieza de las áreas de trabajo

Seiketsu – Estandarización de las actividades que participan del proceso productivo.

Shitzuke – Sostenibilidad o disciplina es el cumplimiento de la estandarización de procesos⁷⁴.

⁷³ Stickley 2013: 10

⁷⁴ Cfr. Michalska y Szewieczek 2014

Figura 23: Explicación de las 5S

Fuente: Marshall (2015)

Cambio rápido de herramientas SMED

La herramienta SMED (por sus siglas en inglés, Single Minute Exchange of Die) es una de las herramientas más utilizadas para reducir el tiempo de configuración de las máquinas que intervienen en el proceso de manufactura. Está enfocada en la reducción de los tiempos de configuración de las máquinas convirtiendo actividades internas en actividades externas, y a su vez, reducir el número y duración de estas actividades.⁷⁵

Das continúa e indica que, las actividades internas son todas las actividades que requieren una parada de la máquina para poder realizar su respectiva configuración, y las actividades externas son todas las actividades que se pueden realizar mientras la máquina se encuentra en operación dentro de la línea de producción. La implementación de este Sistema SMED se debe realizar en cuatro etapas. La primera etapa consiste en analizar al detalle todos los procedimientos de configuración de una máquina, incluso se puede realizar una grabación de video para poder dividir en actividades más pequeñas todo el proceso. La segunda etapa se debe identificar las actividades internas y externas. En la tercera etapa todos los esfuerzos deben orientarse a

⁷⁵ Cfr. Das y otros 2014: 309

convertir la mayor cantidad de actividades internas en externas, realizando cambios en el diseño o método de trabajo. Finalmente, en la cuarta etapa se debe documentar y difundir los nuevos métodos de configuración de las máquinas.

La siguiente figura muestra las fases de la herramienta SMED:

Figura 24: Fases de la herramienta SMED

Fuente: Bavota (2015)

Mantenimiento productivo total (TPM)

Es un enfoque de la Gestión del Mantenimiento centrado en la participación de todos los empleados de la organización para la mejora de los equipos. Se basa en una serie de métodos orientados a eliminar las averías. La principal idea es que la mejora y buena conservación de todos los activos de la empresa es una tarea que incluye desde los directivos de la organización hasta el personal operativo. Los pilares del TPM se muestran en la siguiente figura:⁷⁶

⁷⁶ Cfr. Das y otros 2014: 309

Figura 25: Pilares del TPM

Fuente: Acevedo 2015

Just in Time (JIT)

JIT es una herramienta enfocada en la mejora de la eficiencia mediante la eliminación de desperdicios que no tienen un valor añadido y que nos permite minimizar el inventario. La implementación exitosa de la herramienta JIT depende de la participación de personas, la formación y capacitación de las mismas, la relación con los proveedores, la eliminación de residuos, el flujo de trabajo estandarizado y sin interrupciones y una Gestión de la calidad total.⁷⁷ Los objetivos principales del JIT son evidenciar los problemas que se presentan en la línea productiva, eliminar los despilfarros, simplificar los procesos productivos y diseñar métodos para poder encontrar más errores y así continuar con las mejoras. (Véase párrafo 1.7.2 de la presente tesis).

Six Sigma

⁷⁷ Cfr. El Dabee y otros 2013: 140

El enfoque de Six Sigma es una aplicación sistemática de los negocios y conceptos estadísticos y técnicas para el propósito de reducir las variaciones de los procesos y prevención de deficiencias en un producto o servicio. Six Sigma es una técnica y una filosofía basado en el deseo de eliminar los desperdicios y mejorar el rendimiento tan técnicamente como sea posible. El concepto de Six Sigma se introdujo por GE Aircraft Engines, presentó una metodología de cuatro fases – Medición, Analizar, Mejorar y Control (MAIC por sus siglas en inglés Measure, Analyze, Improve y Control). La fase de Definición se implementó posteriormente, es decir DMAIC.⁷⁸ (Véase posteriormente su explicación).

Metodología DMAIC

Es una metodología que busca la mejora de los procesos o la resolución de problemas mediante la ejecución de 5 pasos. Estas etapas son:

- Definir: Se define el proceso que se requiere mejorar.
- Medir: valores cuantificables para evaluar posteriormente su progreso o mejora.
- Analizar: hallar causas raíz de los problemas, y se trazan las metas de desarrollo
- Mejorar: Evaluar cambios e implementar la mejor opción para eliminar desperdicios.
- Controlar: Se estandarizan las mejoras realizadas y se monitorea constantemente al proceso.⁷⁹

Figura 26: Proceso DMAIC

⁷⁸ Cfr. Omachonu 2014:446

⁷⁹ Cfr. Dreachslin y Lee 2007: 363

Fuente: Graves 2012

Cadena de valor (VSM)

Es una herramienta que nos permite identificar las actividades que añaden un valor y las que generan un consumo de recursos innecesarios (despilfarros). Es una herramienta simple pero bastante útil, sin embargo si no se aplica correctamente puede generar complicaciones en la identificación de desperdicios y las etapas de valor añadido.⁸⁰

Según Dreachslin y Lee, algunos beneficios de la aplicación de esta herramienta son:

- Permite una visión amplia de todo el flujo productivo y de esta forma facilita la identificación de desperdicios o despilfarros.
- Nos muestra la relación existente entre la materia prima y el flujo de información.
- Proporciona una forma simple y estandarizada de los tratamientos de los procesos productivos
- Permite que las decisiones sean más visibles, lo cual fomenta una discusión previa entre los involucrados antes de realizar los cambios o mejoras.

⁸⁰ Cfr. Dal Forno 2014: 779

Figura 27: Ejemplo de la herramienta VSM

Fuente: Software ConceptDraw (2015)

Poka Yoke

Poka Yoke o la prevención de errores es una técnica sencilla que se desarrolló a partir del sistema de producción de Toyota a través Jidoka y Autonomation. Normalmente es un dispositivo simple y con frecuencia de bajo costo que previene los defectos que se realicen o pone de manifiesto un defecto de forma que no se pasa a la siguiente operación⁸¹.

Vinod y otros en su estudio indican que Poka-Yoke fue desarrollado y clasificada por Shigeo Shingo, quien escribió las obras definitivas sobre esta técnica, aunque no es el que inventó la idea. La idea de la prevención de errores ha existido durante mucho tiempo antes de que fuera identificado como una herramienta específica de Lean. A continuación, se muestra un resumen de la diferencia entre errores y defectos, así como la diferencia entre el control de calidad y Poka Yoke, de acuerdo al estudio de Vinod y otros en el año 2015.

⁸¹ Cfr. Vinod y otros 2015:315

Errores y defectos

Se distingue entre errores que en la mayoría de los casos son inevitables y defectos son errores que se obtienen a través del sistema y llega al cliente. Poka Yoke busca prevenir los errores que se conviertan en defectos.

Control de Calidad y Poka-Yoke

Shigeo Shingo vio el control de calidad como una jerarquía de tres niveles de eficacia;

Juicio de Inspección - Inspectores Inspeccionan

Inspección informativa - El uso de SPC para monitorear las condiciones del proceso

Antes del hecho - Poka Yoke

La forma menos eficaz de control de la calidad es el uso de la inspección y el más eficaz es el uso de automatización y dispositivos Poka-Yoke para prevenir o identificar algunos defectos sin ningún tipo de juicio o de confiar en el operador.

Kanban

El Kanban es un método para gestionar la creación de productos con énfasis en la entrega continua mientras no sobrecargar el equipo de desarrollo. El Kanban es un proceso diseñado para ayudar a los equipos trabajar juntos de manera más eficaz.

El Kanban se basa en 3 principios básicos:

- Visualiza lo que haces hoy (flujo de trabajo): ver todos los artículos en el contexto de unos a otros puede ser muy informativo
- Limitar la cantidad de trabajo en curso (WIP): esto ayuda a equilibrar el enfoque basado en el flujo para que los equipos no empiecen ni se comprometan con demasiado trabajo a la vez
- Mejorar el flujo

Beneficios de Kanban:

- Tiempos de ciclo más cortos pueden ofrecer características más rápido.

- La capacidad de respuesta al cambio: Cuando las prioridades cambian muy frecuentemente, Kanban es ideal.
- Equilibrar la demanda en contra de las garantías de rendimiento que la mayoría de las características centradas en el cliente siempre se está trabajando.
- Requiere menos cambios en los reglajes para empezar
- La reducción de residuos y la eliminación de actividades que no añaden valor al equipo / departamento / organización
- Ciclos de retroalimentación rápidos mejoran las posibilidades de que los miembros del equipo más motivados, capacitados y de mayor rendimiento

Métodos de evaluación económica

El propósito de las evaluaciones es seleccionar las medidas de la carretera, que dan el mayor retorno de efectos positivos. Esto se puede hacer mediante el cálculo de los efectos individuales, efectos múltiples ponderados, utilizando los valores económicos para diferentes efectos o análisis multicriterio. Utilizando⁸²:

- Los efectos individuales, significa que se calcula un efecto solamente y no tienen en cuenta otros efectos,
- Los efectos de ponderados múltiples, significa que se calcula cada efecto por separado y luego se sopesan con ellos con el fin de obtener un solo valor de la unidad,
- Los valores económicos, significa que usted da un valor monetario a cada uno de los efectos calculados, que luego pueden sumarse,
- análisis multicriterio significa que utilice algún tipo de sistema de clasificación no monetario por cada efecto, que en algunos casos se puede añadir hasta un dato.

Continúa Drummond y otros, los métodos económicos de cálculo (o indicadores) que se utilizan en su mayoría son los siguientes:

- Valor Actual Neto (VAN)

⁸² Cfr. Drummond, y otros 2015:150

- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Relación beneficio / costo (RBC)
- Relación Beneficio / costo neto (RBCN)

Si el indicador VAN es mayor que 0, el proyecto es viable⁸³.

KPI⁸⁴

Los KPI por sus siglas en inglés son los Indicadores clave de Rendimiento, es un valor medible que demuestra la eficacia de cómo una empresa logra sus objetivos clave del negocio. Las organizaciones utilizan indicadores clave de rendimiento para evaluar su éxito en el logro de las metas.

La selección de los KPI depende del sector económico que comprende la empresa, y de la misma empresa según el control que desea tener para lograr sus objetivos. Cada área o departamento también utilizará diferentes tipos de KPI para medir el éxito basado en las metas y objetivos de los negocios específicos.

Una vez que se ha seleccionado los indicadores clave del negocio, tendrá que realizar un seguimiento de estos KPI con una herramienta de información en tiempo real. El seguimiento de KPI se puede realizar utilizando un software especializado para ello, informado sus puntos de vista de toda la organización sobre el desempeño actual.

Buenas Prácticas de KPI

La medición y el monitoreo del desempeño del negocio es importante, pero centrándose en los KPI equivocados puede ser perjudicial. Se debe tener cuidado si los KPI son muy poco estructurados, o muy difíciles, costosos de obtener, o difíciles de monitorear de forma regular. Los KPIs adecuados deben considerar estas buenas prácticas de los KPI:

⁸³ Cfr. Ayyub, B. M. 2014

⁸⁴ Cfr. Resinas y otros 2014:1

- Alineado - Asegúrese de que los KPIs que se elijan deben alinearse con las metas y objetivos estratégicos de la organización.
- Alcanzable - Los KPIs que se seleccionen para medir deben tener datos que se puedan obtener fácilmente.
- Crítico – Los KPIs deben mantener a todos en el mismo camino de la organización y deben moverse hacia la misma dirección.
- Preciso - Los datos que fluyen en los KPIs deben ser fiables y precisos.
- Accionable - Los KPIs deben dar una idea de que el negocio es factible o no
- Vivo - Los negocios siempre están creciendo y cambiando por lo tanto los KPIs también deben evolucionar.

Índice de Productividad⁸⁵

El índice de productividad, es un indicador de efectividad y eficiencia. Se mide la eficiencia de las entradas que se convierten en salidas. Se calcula como una proporción de productos (bienes y servicios) a los insumos (mano de obra y materiales). La empresa más productiva es, utiliza mejor sus recursos. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Índice de Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

Existen diferentes niveles de índices de productividad, se llaman productividad parcial, como la productividad de un trabajador o todos, así como la productividad de una máquina, un departamento, toda la empresa, o incluso una nación. La productividad total se utiliza en la medición de la productividad para todas las entradas combinadas, como el trabajo, las máquinas y el capital.

La interpretación de la productividad no es tan fácil como se podría pensar. La productividad es una medida relativa que debe rastrearse a través del tiempo. Esto nos provee un punto de referencia contra nosotros mismos, nuestros competidores, y nuestra industria. Mediante la

⁸⁵ Cfr. Färe y otros 2012:219

comparación de nuestra productividad en el tiempo y en contra de las operaciones similares, se tiene una mejor idea de qué tan alta es realmente nuestra productividad.

Ciclo de construcción por obra⁸⁶

El índice de eficiencia del ciclo de proceso es el ciclo del proceso actual comparado con el propuesto. Para esta medida se requiere:

1. Mapear el proceso.
2. Identificar los pasos de valor añadido, las etapas sin valor agregado, y la falta de valor añadido, pero sí incluir las medidas necesarias.
3. Estratificar el mapeo de acuerdo a los ítems en # 2
4. Añadir una dimensión de tiempo a las etapas del proceso.

Se podrá comparar los tiempos de los ciclos actual y propuesto. Una vez que se obtenga el propuesto, se podrá calcular la eficiencia del ciclo de proceso.

$$\text{Eficiencia del ciclo del proceso} = 1 - \frac{\text{ciclo propuesto}}{\text{ciclo actual}}$$

El resultado se leerá como el porcentaje de valor agregado. Por ejemplo, si un proceso es de 678 segundos y el propuesto es de 127 segundos. El índice de eficiencia del ciclo del proceso es de 0.82 u 82%.

Horas de trabajo⁸⁷

Las horas de trabajo son las horas hombre, las cuales se deberán comparar con el resultado del método propuesto, para determinar la eficiencia del trabajo. Generalmente se busca disminuir las horas hombre al reducir los desperdicios.

⁸⁶ Cfr. Agrahari y otros 2015:43

⁸⁷ Shioji, E. 2015:68

$$Eficiencia\ horas\ de\ trabajo = 1 - \frac{horas\ hombre\ propuesto}{horas\ hombre\ actual}$$

Costos por despilfarros⁸⁸

Los siete desperdicios se determinan en horas y luego se convierten en Soles, para determinar sus gastos. Los cuales deben reducirse en la propuesta de mejora continua. También se puede hallar la eficiencia una vez que se determine la propuesta de la siguiente manera:

$$Eficiencia\ reducción\ costos\ despilfarros = 1 - \frac{Costos\ despilfarros\ propuesto}{Costos\ despilfarros\ actual}$$

Número de ocurrencias⁸⁹

Las ocurrencias se miden como control de la reducción de los despilfarros. Se tabulan y posteriormente se contabilizan por un determinado periodo o ciclo.

Índice de utilidad operativa⁹⁰

El índice de utilidad operativa es la relación de la utilidad operativa, la cual se calcula después de restar los costos de producción o costos directos, y las ventas netas o facturación, en un determinado periodo. Se expresa como un porcentaje, y la fórmula para calcular el índice de utilidad operativa es:

$$Índice\ de\ utilidad\ operativa = \frac{Utilidad\ Operativa}{Ventas\ netas}$$

⁸⁸ Koskela, 2013:8

⁸⁹ Bhosale y otros 2013:834

⁹⁰ Cfr. Lyandres 2013:2

También se conoce como "margen de beneficio operativo", "margen de operación", "retorno de ventas" o como "margen de beneficio neto."

VAN⁹¹

El VAN por sus siglas valor actual neto, es un índice económico para determinar si un proyecto es factible o no. El valor actual neto es un cálculo de la cantidad invertida se compara con las futuras cantidades de efectivo después de que son descontados por una tasa específica de retorno.

Casos de éxito en la aplicación de herramientas Lean - JIT⁹²

Este estudio abarca las actividades de pre-requisitos para establecer un sistema Kanban, comenzando desde el diseño de flujo Kanban, la recopilación de datos de fabricación, el cálculo óptimo de los Kanban en los sistemas, el establecimiento de mecanismo de tracción y la regla y, finalmente, evaluar el desempeño de Kanban. En este trabajo se estudió la aplicación del sistema Kanban en una empresa de auto-componente local en Malasia. El ámbito de aplicación se centra en el proceso de montaje de la Cubierta de la cabeza del cilindro BLM. Este documento concluye que la aplicación del sistema Kanban reduce el tiempo de entrega, inventario reducido al mínimo en el piso y área de almacenamiento optimizado. El objetivo de este estudio fue demostrar que el sistema Kanban mejora un sistema de fabricación, así como el logro de JIT en la práctica.

El estudio presenta el método para desarrollar el sistema Kanban. Por lo tanto, la evaluación del rendimiento se llevó a cabo una vez que el sistema Kanban se adoptó en el área de fabricación. La adopción del sistema de flujo continuo es esencial antes de cualquier implementación del sistema Kanban. De hecho, la fábrica de Siemens del Mecanismo Estándar Congleton implementó inicialmente sistema de flujo continuo con el fin de reducir el problema de la estabilidad del sistema antes de que se adoptara Kanban. Por lo tanto, la línea de

⁹¹ Cfr. Drummond, y otros 2015:150

⁹² Cfr. Adnam y otros 2013

producción ha adoptado el sistema de flujo continuo, lo que significa que, los despilfarros se eliminaron.

Para lograr el objetivo del estudio de caso, el método se ha estructurado de la siguiente manera;

- i. El diseño de flujo Kanban
- ii. La recopilación de los parámetros relevantes de la fabricación y el cliente
- iii. El cálculo de número de Kanbans para determinar el nivel óptimo de inventario
- iv. El establecimiento de mecanismo de tracción y el gobierno para ayudar colaborador de producción en la operación diaria
- v. La evaluación de Kanban con el parámetro lean

Obteniendo los siguientes resultados:

Figura 28: Resultados de la aplicación Kanban – Pull

Fuente: Adnan y otros (2013)

La figura anterior muestra que la fábrica ha disminuido el tiempo de trabajo, el inventario en proceso por pieza, el inventario de los productos terminados y el área de acabado con la aplicación de Kanban y sistema Pull.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN

En el presente capítulo, en primer lugar, se analiza el sector económico de la empresa en el Perú, además se utilizarán las herramientas de ingeniería para determinar, identificar y analizar los problemas que, reducen la utilidad de la empresa, como los procesos excesivos, reprocesos, ciclo de tiempo del proceso.

Se determinará el problema, principal y secundarios, estableciendo sus causas y efectos. Se medirá los despilfarros en tiempo y soles (moneda de Perú). Los despilfarros generan costos excesivos en el proceso logístico de la empresa, los cuales indicarán el área de trabajo para poder solucionar primero dichos problemas.

Para finalmente poder aplicar las herramientas de ingeniería en la mejora continua del proceso y proporcionando un modelo de mejora.

Antecedentes de la industria

El sector construcción en Perú ha tenido altibajos en los últimos años, en el 2015 ha logrado tener estadísticas estables, sin embargo, el PBI acumulado del sector fue de -6.96% para ese mismo año lo cual indica la disminución de la demanda habiendo mayor oferta. El precio de los materiales ha incrementado 2.90% con respecto al año 2014, sin embargo, la producción de ladrillos ha disminuido considerablemente en un -16.90% con respecto al año anterior. Véase tabla 5: Columna acumulados, los porcentajes que se observan son la variación con respecto al periodo anterior ya sea mes u año.

Actualizado con información disponible hasta el 31 de diciembre de 2015	2015						
	Junio	3er Trimestre			4to Trimestre		ACUMULADO 2015
		Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	
PBI Nacional ^{(1)*}	3.87% ↑	3.26% ↑	2.57% ↑	2.95% ↑	3.01% ↑	ND	2.62%
Índice de Precios al Consumidor en Lima Met. ⁽²⁾	0.33% ↑	0.45% ↑	0.38% ↑	0.03% ↑	0.14% ↑	0.39% ↑	3.72%
Empleo: Nacional (PEA Ocupada) ⁽³⁾	0.41% ↑	1.09% ↑	-1.81% ↓	1.20% ↑	1.79% ↑	2.15% ↑	0.54%
Precio del barril de Petróleo ⁽⁴⁾	59.805 ↑	51.200 ↑	42.863 ↑	45.481 ↑	46.217 ↑	42.652 ↑	49.799 ^{5/}
Tipo de Cambio Bancario (soles a dólares)	3.162 ↑	3.182 ↑	3.239 ↑	3.219 ↑	3.250 ↑	3.338 ↑	3.167 ^{5/}
PBI de Construcción ⁽¹⁾	-3.15% ↓	-6.69% ↓	-8.12% ↓	-4.87% ↓	-1.26% ↓	ND	-6.96%
IPMC: Precios de Materiales de Construcción ⁽²⁾	-0.31% ↓	-0.18% ↓	0.11% ↑	0.62% ↑	0.14% ↑	0.23% ↑	2.90%
Empleo: Sector Construcción (PEA Ocupada) ⁽³⁾	2.15% ↑	1.00% ↑	-4.50% ↓	7.40% ↑	1.00% ↑	6.30% ↑	2.20%
Despacho Nacional de Cemento - ASOCCEM ⁽¹⁾	-2.96% ↓	-5.19% ↓	-3.80% ↓	-1.97% ↓	-0.54% ↓	-4.84% ↓	-3.20%
Producción de Ladrillos ⁽¹⁾	-25.50% ↓	-10.80% ↓	-19.90% ↓	-55.40% ↓	-5.70% ↓	-18.60% ↓	-16.10%
Créditos hipotecarios privados para vivienda ^{(1) S/.}	-12.20% ↓	-5.50% ↓	7.40% ↑	-9.40% ↓	-2.70% ↓	7.20% ↑	-0.30%

Fuente: INEI, BCRP, ASOCCEM, PRODUCE, SBS, MVCS Subió ↑ Bajó ↓ Igual =
 Elaboración: MVCS - OGEI - Oficina de Estudios Estadísticos y Económicos
Actualización: 31/12/2015
 Estimado BCRP
 Estimado por OGEI
 ND No disponible

(1) Variación porcentual (%) respecto a igual mes del año anterior
 (2) Variación % en comparación del mes anterior
 (3) Se refiere al trimestre móvil que se publica en el mes indicado
 (4) Petróleo West Texas Intermediate, US\$/bl. Precio promedio del mes
 (5) Es promedio del año

***Nota: El dato oficial es publicado por el INEI con 1 mes y medio de retraso.**

Tabla 5: Sector Construcción en Perú

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016)

Procesos y herramientas de ingeniería utilizados en construcción

El estado del arte de las herramientas y procesos que se utilizarán en este estudio es necesario incluirlo para lograr el objetivo de elaborar una propuesta de mejora del área de logística.

Según la Corporación de Desarrollo Tecnológico en su manual para los procesos de logística en la construcción identifica el proceso como logística integral la cual comprende la logística interna y externa. La logística interna es la gestión de sus operaciones en conjunto y la externa es la cadena de abastecimiento, incluyendo a proveedores y otros por el bien de la obra y enfrentar el mercado de una manera competitiva.⁹³

Según Arévalo indica que los procesos desarrollados en el PMBok deben aplicarse para evaluar de manera metódica los procesos de la empresa constructora, así como los ingresos y salidas

⁹³ Cfr. Corporación de Desarrollo Tecnológico 2014:3

de cada una de las fases de la obra. Indica también que PMI por medio del PMBok ha recolectado el conocimiento de las gestiones de proyectos, buenas prácticas de gestión lo cual es el punto focal del cual se puede aplicar en toda una organización.⁹⁴

Fonseca y Triana indican que ha desarrollado una guía en base al PMBok de PMI para el manejo y gestión de proyectos, ha mejorado y modificado algunos de los procesos para el formato y exigencias de una compañía constructora.⁹⁵ Por lo tanto el autor, nos da a entender que el PMBok como guía es manejable y se utiliza según sean las necesidades de nuestra empresa constructora.

Acevedo y otros, indican en su estudio de la empresa SÁNCHEZ FOLIACO INGENIEROS S.A.S, no hay un proceso definido de adquisiciones, sus resultados muestran que se limitan a adquirir lo que necesita, es decir ingreso de necesidad solicitud de cotización y compra. Al implementar la gestión de adquisiciones del PMBok, estandarizará los procesos para incrementar productividad y se coordine conjuntamente con terceros, es decir la logística interna y externa del proyecto u obra.⁹⁶

Botero y Álvarez, indican en sus conclusiones del estudio que la acción de identificar las pérdidas o desperdicios es la aplicación básico de la filosofía lean construction, lo cual es una construcción sin despilfarros), es conveniente para su evolución del sistema tradicional a una gestión de procesos de la construcción controlando principalmente los tiempos de entrega y plazos para la medición del desempeño, eficacia⁹⁷.

Información de la empresa

La empresa YICONGESAC - Yikanomi Contratistas Generales SAC, es una empresa constructora mediana establecida en el año 1997 se dedica a la construcción y remodelación de viviendas y locales comerciales, su actividad económica registrada en SUNAT es Construcción de Edificios Completos, mostrando un promedio de 200 empleados al mes en planilla para los

⁹⁴ Cfr. Arévalo y Nieto 2014:20-48.

⁹⁵ Cfr. Fonseca y Triana 2013:

⁹⁶ Cfr. Acevedo y otros 2014

⁹⁷ Cfr. Botero y Villa 2012:14

proyectos de obras⁹⁸. Se encuentra ubicada en Av. Javier Prado Este No. 3479 Int. 2. San Borja Lima.

A continuación, en la figura 29, se muestra el organigrama de la empresa YICONGESAC.

Figura 29: Organigrama de la empresa constructora YICONGESAC

Fuente: YICONGESAC. Elaboración Propia.

⁹⁸ Sunat 2016

Misión

La misión de la empresa es satisfacer las necesidades del cliente ofreciendo calidad y precios competitivos, buscando relaciones de largo plazo con nuestros clientes y el desarrollo de nuestros colaboradores.

Visión

La visión es ser una empresa líder en el sector de la construcción a nivel nacional, con capacidad de competir exitosamente en el mercado internacional, con un equipo comprometido, generando productos innovadores que satisfagan las necesidades de los clientes, con altos estándares de calidad, cumplimiento, diseño y conciencia de servicio al cliente que garanticen solidez y reconocimiento de la empresa, contribuyendo al desarrollo del país.

Ventaja competitiva

- La empresa YICONGESAC, cuenta con la especialidad y el know-how de construcciones y remodelaciones de viviendas unifamiliares y multifamiliares hasta de 20 unidades.
- La empresa identifica cuidadosamente cada requerimiento del cliente, desde el inicio hasta el fin de la construcción, para un debido estudio de factibilidad.
- Personal capacitado para todo el proceso del proyecto de la obra.
- Programa de prevención de accidentes.

Descripción de los servicios

Los servicios que brinda YICONGESAC bajo su actividad económica de construcción de edificios completos, el cual incluye desde las obras más pequeñas a las construcciones completas de edificios, son los siguientes:

- Construcción de viviendas unifamiliares: generalmente es la demolición de una vivienda antigua, preparación del terreno para la nueva edificación, construcción de la estructura, y finalmente acabados.
- Construcción de viviendas multifamiliares: se dedica a la construcción de edificios de 6 a 20 unidades de viviendas, en distritos como Miraflores, San Isidro; San Borja y Surco.
- Remodelación de viviendas unifamiliares: Comprende la demolición parcial de las edificaciones y construcción de nuevas áreas, remoción y reemplazo de acabados.
- Remodelación de locales comerciales: Comprende la remoción de las estructuras y acabados de los inquilinos anteriores y remodelar a las exigencias y necesidades del nuevo cliente, como cadenas de tiendas de ropa (GAP), oftalmológicas (GMO) entre otros.
- Servicios Generales: Incluye los arreglos parciales, acabados, pintura, electricidad y plomería.

Ingresos

La empresa constructora YICONGESAC, presenta para sus operaciones ingresos anuales de un promedio de siete millones de soles. Los años con mayores ingresos, son las construcciones completas de edificios de 6 a 20 unidades.

VENTAS ANUALES

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Facturación anual	S/. 1,325,048	S/. 8,478,254	S/. 2,257,847	S/. 13,698,176	S/. 3,750,125	S/. 11,593,596
Costo directo	S/. 622,773	S/. 3,984,779	S/. 1,061,188	S/. 6,438,143	S/. 1,762,559	S/. 5,448,990
Utilidad bruta	S/. 702,275	S/. 4,493,475	S/. 1,196,659	S/. 7,260,033	S/. 1,987,566	S/. 6,144,606

Tabla 6: Ventas anuales del periodo 2010-2015

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se muestra la facturación anual de S/. 11,593,596 soles para el año 2015, teniendo un costo directo de S/. 5,448,990, teniendo como resultado una utilidad bruta de S/. 6,144,606. A este monto, todavía debe reducirse los gastos y excesos de gastos por reprocesos, tiempo de espera, planilla y carga de planilla mermando la utilidad neta.

La cantidad de proyectos u obras por año en paralelo, aprobadas por los clientes para su ejecución es un aproximado de 5. A continuación se muestra las obras en paralelo para el periodo 2010-2015.

PROYECTOS EN PARALELO POR AÑO: 2010 – 2015

Proyectos u obras	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Viviendas unifamiliares						
demolición y construcción	1	2	2	1	2	1
remodelación	2	2	3	3	2	1
	3	4	5	4	4	2
Edificios de 6 a 20 unidades						
completo	0	1	0	1	0	1
remodelación (pintura y acabados)	2	2	1	4	2	1
	2	3	1	5	2	2
Total de obras por año	5	7	6	9	6	4

Tabla 7: Proyectos u obras en paralelo periodo 2010-2015

Fuente: elaboración propia

En la tabla 7 se observa la cantidad de obras por cada año, las ejecuciones de ellas son en paralelo, es decir se ejecutan más de 2 obras a la vez.

EJECUCIÓN DE OBRAS/PROYECTOS EN PARALELO

[illegible]

Tabla 8: Ejecución de obras/proyectos en paralelo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa la ejecución de obras/proyectos en paralelo. El primer proyecto fue la ejecución completa de un edificio multifamiliar de 20 unidades. Se programó la entrega para el mes de febrero de 2016. Sin embargo, la entrega se ha extendido por 3 meses más, por reprocesos y tiempo de espera en los diferentes subprocesos. A la vez, se ingresó para la ejecución de la demolición y construcción de una vivienda unifamiliar, observándose el mismo problema de extensión del plazo de entrega por los mismos problemas indicados anteriormente.

Procesos generales de la empresa

El proceso general de la empresa constructora YICONGESAC se muestra en la siguiente figura, el proceso se ha resumido en subprocesos generales y/o más importantes, ya que se debe tener en cuenta que cada área cuenta con subprocesos más complejos. Para esta investigación se hará un estudio en el área de logística.

Figura 30: Diagrama de flujo general de la empresa YICONGESAC.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra el mapa de procesos de la empresa YICONGESAC.

Figura 31: Mapa de Procesos de la empresa constructora YICONGESAC

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31, se aprecia el mapa de procesos de la empresa en estudio, muestra los procesos operativos, estratégicos y de apoyo para la ejecución de una obra, desde la solicitud del cliente a su satisfacción.

El diagrama de flujo del proceso de la ejecución de obras es como sigue:

Figura 32: Fases de la ejecución de obra

Fuente: Elaboración propia

Procesos del área

El proceso del proceso logístico de la empresa constructora es complejo y largo en duración ya que existen demoras por la espera de clientes, proveedores y otros.

Descripción del proceso logístico y cadena de valor actual de la empresa

El proceso logístico consta de las siguientes actividades principales para cada una de las fases del proyecto, véase el proceso o proceso logístico:

- Solicitud de cotizaciones a proveedores: Una vez aprobada la ejecución de obra por el cliente y durante la etapa de finalización de los trámites de los permisos por construcción, se inicia la actividad o subproceso de preparación de solicitud de cotizaciones, revisión de la base de datos de proveedores, envío de solicitud de cotizaciones a proveedores, espera de las respuestas a las solicitudes, incluyendo el tiempo de la comunicación a proveedores para que coticen.
- Selección de proveedores para la adjudicación de los contratos, según precio, calidad de los materiales, tiempo de entrega, disponibilidad de materiales, transporte de materiales.
- Coordinación y programación de fechas de entrega con proveedores en locación del proyecto de acuerdo a las fases de construcción, tanto de equipos como materiales. Comunicación constante para que se entregue los materiales y/o equipos el día programado.

- Entrega de materiales. Revisión de materiales por cantidad y calidad. Ingreso a almacén temporal. Cuantificar exceso o escasez de materiales.

Fases del proyecto de construcción

Un proyecto de obra consta de cuatro fases principales y para cada una de ellas se requiere de materiales y/o equipos de buena calidad y entrega según lo acordado con los proveedores.

- Movimiento de tierra (excavación, demolición, etc.)
- Construcción de estructura (vivienda unifamiliar, multifamiliar, remodelación)
- Acabados (remodelación o nuevo)
- Reprocesos

En la figura 33, se observa la cadena de valor de un proyecto de obra en general, sólo mencionando las demoras que se generan en cada fase por las diferentes ocurrencias.

Figura 33: Proceso o Proceso logístico

Fuente: Elaboración Propia basado en los datos de la empresa

Figura 34: VSM Cadena de Valor Actual

Fuente: Elaboración propia basado en los datos de la empresa.

Diagrama analítico del proceso – DAP

Figura 35: Diagrama Analítico del Proceso – DAP

DAP Logística															
CURSOGRAMA ANALÍTICO				OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO											
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/01				RESUMEN											
Objeto:				ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA					
Actividad: Proceso logístico				Operación		21									
				Transporte		03									
Método: Propuesto				Espera		06									
				Inspección		11									
Lugar: Oficina y Proyecto				Almacenamiento		03									
Operarios(s): Ficha num:				Distancia											
				Tiempo											
Compuesto por: O. Cayetano Fecha: 18-02-2016				Costo											
Aprobado por: O. Cayetano Fecha: 18-02-2016				Mano de obra											
				Material											
DESCRIPCIÓN				C	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones			
							○	◻	D	◻	▽				
Aceptación de cliente por servicio							x								
Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores							x								
Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases							x								
Orden de compra (fase: movimiento de tierras)							x								
Programación de entrega							x								
Traslado de materiales (fase: movimiento de tierras)								x							
Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)										x					
Almacenamiento de materiales (fase: movimiento de tierras)											x				
Ejecución de obras							x								
Espera en ejecución de obras										x					
Inspeccion en la ejecución de obras											x				
Cierre fase							x				x				
Reprocesos							x								
Espera por el reproceso											x				
Orden de compra (fase: Estructura)							x								
Programación de entrega							x								
Traslado de materiales (fase: estructura)								x							
Entrega de materiales (fase: estructura)											x				
Almacenamiento de materiales (fase: estructura)												x			
Ejecución de obras							x								
Espera en la ejecución de obras											x				
Inspeccion en la ejecución de obras												x			
Cierre fase							x					x			
Reprocesos							x								
Espera por el reproceso												x			
Orden de compra (fase: acabados)							x								
Programación de entrega							x								
Traslado de materiales (fase: acabados)								x							
Entrega de materiales (fase: acabados)												x			
Almacenamiento de materiales (fase: acabados)													x		
Ejecución de obras							x								
Espera en la ejecucion de obras												x			
Inspección en la ejecución de obras													x		
Cierre fase							x						x		
Reprocesos							x								
Espera por el reproceso													x		
Inspección final														x	
Inspección cliente															x
Gestión de reclamos							x								
Reprocesos							x								
Entrega							x								
Total							21	03	06	11	03				

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35, se observa el diagrama analítico del proceso.

Diagrama de análisis del proceso – DAP (Tiempo del Proyecto)

A continuación, se muestra el diagrama de operaciones del proceso del proceso logístico.

Figura 36: Diagrama de Análisis del Proceso – DAP

1		Aceptación de cliente por servicio	2 a 7 días
1		Espera	
2		Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	7 días
2		Espera	
3		Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases	30 días
3		Espera	
4		Orden de compra (fase: movimiento de tierras)	7 días
5		Programación de entrega	7 días
6		Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)	7-15 días
6		Inspección	
6		Almacenaje	
7		Ejecución de obras	según proyecto
8		Cierre fase	
9		Reprocesos	según proyecto
10		Orden de compra (fase: Estructura)	7 días
11		Programación de entrega	7 días
12		Entrega de materiales (fase: estructura)	7-15 días
12		Inspección	
12		Almacenaje	

Fuente: Elaboración propia

13		Ejecución de obras	según proyecto	
14		Cierre fase		
15		Reprocesos	según proyecto	
16		Orden de compra (fase: acabados)	7 días	
17		Programación de entrega	7 días	
18		Entrega de materiales (fase: acabados)	7-15 días	
18		Inspección		
18		Almacenaje		
19		Ejecución de obras	según proyecto	
20		Cierre fase		
21		Reprocesos	según proyecto	
22		Inspección final	según proyecto	
23		Inspección cliente	según proyecto	
24		Gestión de reclamos	según proyecto	
25		Reprocesos	según proyecto	
26		Entrega	según proyecto	

Figura 36: Diagrama de Análisis del Proceso – DAP - Continúa

Fuente: Elaboración propia

En la figura 36, se muestra el diagrama de análisis, el cual incluye demoras, inspecciones, transporte y operaciones. Los tiempos dependen de cada proyecto u obra.

Diagrama de Recorrido

Figura 37: Diagrama de Recorrido

Fuente: Elaboración propia

En la figura 37, se muestra el recorrido de las operaciones desde la oficina a la obra.

Determinación de la Problemática

En general, el proceso logístico de un proyecto de construcción se define como ineficaz teniendo como resultado una baja productividad, baja calidad y por lo tanto aumento en los costos por los desperdicios existentes durante el proceso generando el retraso de la entrega y clientes insatisfechos.

En el año 2015, el sector de la construcción ha tenido una desaceleración importante, por el incremento en la oferta del sector inmobiliario, ocasionando la reducción de la demanda en el sector de construcción.⁹⁹

Por lo tanto, el presente estudio busca la mejora específicamente del proceso de compras o adquisiciones y así eliminar o reducir el tiempo por reprocesos, inactividad y retrasos en las entregas.

En cada proyecto/obra se debe considerar lo siguiente:

- Cada proyecto es único, demanda material durante un periodo determinado, los que cambian con cada proyecto
- Cada proyecto se ejecuta en fases de obra los cuales requieren diferentes tipos de materiales
- En épocas de auge económico, la demanda de construcción aumenta y la demanda de los materiales también aumenta.
- Demora en la entrega de la obra
- Gestión de proveedores
- Gestión de maquinarias

Como podemos apreciar en la lista indicada previamente, las principales causas del problema es la logística generando inactividad por la programación de los materiales.

⁹⁹ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Determinación del Problema

De acuerdo a los datos entregados por la empresa YICONGESAC para el periodo 2010-2015, los problemas que generan los reclamos de los clientes por el retraso de la entrega de la obra

5 Por qué

1. ¿Por qué? Exceso de inventario: pedidos demasiado grandes.
2. ¿Por qué? Tiempo de espera: Materiales pedidos fuera de tiempo, llegan a obra y son innecesarios por un largo tiempo, generando un problema en el almacenaje.
3. ¿Por qué? Entrega de materiales: Retraso en la entrega por los proveedores (mala calidad, cantidad de materiales inexacta)
4. ¿Por qué? Fecha de Programación: Cambios en la programación de obra, por licencias municipales, por falta de financiamiento por parte del cliente.
5. ¿Por qué? Reprocesos: Malos acabados, operarios deben de realizar nuevamente un proceso como pintura, arreglo de puerta mal colocada.

Generando incremento de costos por:

1. Inventario excesivo (capital inmovilizado y demandan espacio extra de almacenaje)
2. Pedidos de pequeñas cantidades (aumento en los costos administrativos)
3. Entrega de pedidos retrasados
4. Pedidos con demasiada anticipación (acumulación innecesaria de materiales).

Se concluye que la causa raíz del problema es el proceso logístico de los proyectos u obras de la empresa, ya que la empresa no cuenta con un sistema de gestión de las actividades del almacén, el cual le permita planificar las actividades (desde el diseño hasta los pronósticos), estandarizar las actividades, controlar los productos en el inventarios y verificar los resultados de la gestión de logística con la finalidad de aumentar la rentabilidad de la operación y su integración con las actividades de ventas y distribuidores. En la tabla 17 se muestra la relación entre estos factores:

Tabla 9 Relación problema-causa-efecto

Problema	Causas/Puntos críticos	Efecto
Tiempo de espera Reprocesos	<ul style="list-style-type: none"> • Compras sin planificación: Inventario excesivo (capital inmovilizado y demandan espacio extra de almacenaje) • Verificación de cantidad y calidad de materiales: Productos de mala calidad o por debajo de la calidad requerida. • Daños, pérdidas y robos en general: Pedidos incompletos (por falta de políticas de seguridad). • Falta de materiales: Por equivocación del proveedor por falta de verificación y políticas de calidad. • Orden incompleta: Pedidos parciales (Por retraso de entrega de materiales por parte del proveedor y por falta de penalidades). 	Gestión deficiente del proceso logístico

Fuente: Elaboración propia

Análisis FODA

Se ha elaborado una matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) para entender la situación actual de la empresa en estudio frente a su entorno local siendo el primer paso para la toma de decisión de elaborar un nuevo modelo de flujo de logística, según el cuestionario que se realizó al Sr. Miguel Navarrete, Gerente General de la empresa YICONGESAC. Véase Anexo 2.

Tabla 10: Análisis FODA de la empresa en estudio

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Personal capacitado • Maquinarias modernas • Experiencia de colaboradores • Aspectos innovadores • Buen financiamiento • Decisión de inversión para mejora de procesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de fuerza competitiva • Liderazgo • Motivación al personal • Compromiso • Incumplimiento de tiempos de entrega por terceros o proveedores. Riesgo de responsabilidad compartida • Personal operador sin motivación para el cambio (reacción al cambio)
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento futuro del sector construcción • Apoyo del gobierno a través de la promoción de programas habitacionales (Techo Propio, mi vivienda) e inversión en infraestructura. • Tasas de interés aun relativamente bajas para créditos hipotecarios y para financiar proyectos de infraestructura. • Utiliza nuevas tecnologías para sus procesos de logística 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado nivel de informalidad, pues el 70% de las obras que se realizan en Lima y el 90% a nivel nacional, carecen de licencia de construcción (autoconstrucción) según CAPECO. • Mayor oferta inmobiliaria y por lo tanto menor demanda en construcción • Trabas burocráticas para habilitaciones urbanas y licencias de construcción. • Fuerte competencia del autoconstrucción en el segmento de viviendas tradicionales unifamiliares. • Intensa competencia entre empresas constructoras, lo que afecta los márgenes de utilidad. • Presencia de mafias al interior de sindicatos de trabajadores de construcción civil y escasez de personal técnico calificado.

Fuente: Elaboración Propia (véase anexo 2)

En la tabla 10 se observa que la empresa tiene la decisión de optimizar sus procesos de logística para reducir los desperdicios e incrementar ganancias y productividad, así como la calidad y poder cumplir con los tiempos de entrega.

Después de haber elaborado la matriz FODA y determinar que la empresa en estudio se encuentra dispuesta a invertir para la mejora de los procesos del proceso logístico, se debe realizar el diagrama de la estrategia de éxito en el mercado y en base a estos puntos se hallan los problemas, sus causas y los desperdicios para poder proponer un nuevo modelo para incrementar productividad y mejorar la calidad de los procesos a satisfacción del cliente. Este diagrama de éxito es el método perfecto para un proceso logístico.

Diseño de productos y procesos <ul style="list-style-type: none">• Estructura del producto• Estructura de producción• Estructura de la red de suministros• Estrategias de planeamiento		Control de procesos <ul style="list-style-type: none">• Planeamiento de recursos• Gestión de inventarios• Control de fabricación y ensamblaje• Control de procura	
Capacidad de proceso logístico	Eficiencia		Confiabilidad del proceso logístico
Mercado relacionado al periodo de entrega	Altos índices de utilización, poco trabajo en procesos y almacenamiento		Tiempos bajos y estables de producción, alta confiabilidad en el cronograma
Capacidad de entrega	Precio		Confiabilidad de entrega
Capacidad de cumplir la fecha requerida de entrega	Mercado relacionado a los costos de producción		Adherencia a la fecha de entrega
ÉXITO EN EL MERCADO			

Tabla 11: Éxito en el mercado de la empresa en estudio

Fuente: Michlowicz Edward. “Value Stream Mapping (VSM) Method in Small and Medium Enterprises SME”

Diagrama de Control

Se han tomado 25 datos por cada año del periodo 2010-2015, con respecto al ciclo del proceso en días, incluye los proyectos u obras en paralelo.

Tabla 12: Datos históricos – Ciclo de procesos en días

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	144	164	238	105	199	380
2	139	162	166	530	223	311
3	209	720	196	338	116	205
4	66	232	144	438	124	324
5	64	86	46	44	412	158
6	273	36	79	257	132	251
7	282	136	109	481	104	867
8	132	251	273	104	305	486
9	115	84	120	138	208	282
10	76	73	760	109	66	30
11	45	79	239	162	513	504
12	126	85	98	245	452	535
13	265	87	282	523	146	531
14	43	291	261	158	258	203
15	54	213	67	56	517	437
16	105	153	53	387	191	433
17	120	256	275	294	425	36
18	182	227	257	241	385	191
19	242	269	41	785	331	142
20	188	231	146	455	142	184
21	274	155	728	87	858	426
22	135	166	157	420	485	444
23	259	229	136	464	366	104
24	276	277	141	476	431	254
25	124	70	143	191	455	102

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestran los diagramas de control X y R.

Figura 38: Diagramas de Control – Datos históricos 2010-2015

Fuente: Elaboración Propia

En el Diagrama X hay 6 eventos fuera de control estadístico fuera del límite superior 3 Sigma, 7 eventos fuera de los límites inferior y superior 1 Sigma. En el diagrama R, hay 9 eventos fuera del límite 3 Sigma. Indica que los ciclos son mayores a los proyectados. Razón de la demora en la entrega del producto o proyecto finalizado.

Se debe controlar el ciclo de los procesos en forma permanente como parte de la mejora continua.

Análisis de causas

Conforme a los datos entregados por la empresa YICONGESAC durante el año 2015, las principales ocurrencias o desperdicios que generan los reclamos de los clientes (internos y externos) por el retraso de la entrega de la obra son los siguientes:

Materiales

- Materiales entregados después de la fecha programada, genera tiempo de inactividad o de espera, por la demora ya que el personal no puede continuar con su trabajo programado.
- Materiales de mala calidad. Retorno de materiales.
- Cantidad incompleta.
- Otros daños, pérdidas y robos
- Daños por clima
- Daños por apilamiento
- Materiales llegan a obra antes de tiempo, y son innecesarios por un tiempo adicional, generando un problema en el almacenaje.

Equipos

- Fecha de entrega de equipos diferente a lo programado.
- Fallas mecánicas, cambio de equipos con proveedores.

- Falta de mantenimiento.
- Personal

Capacitación

- Falta de experiencia (algunos, sin embargo, la empresa trata de contratar especialistas cada uno en su área de especialidad para evitar contratiempos). Esta ocurrencia es mínima.
- Falta de motivación
- Presión para terminar sus labores

Proceso: Compras

- Sin planificación
- Falta de documentación sobre el manual del proceso
- Mala selección de proveedores
- Proveedores no cumplen con fechas pactadas, entregan materiales y/o equipo de menor calidad a la especificada en la cotización aceptada, cambio de materiales de una marca a otra.

Obra

- Falta de inventario
- Falta de espacio para almacenaje, se deja en la intemperie
- Malos acabados como pintura, instalación de puertas y ventanas, mayólicas, pisos. Generan reprocesos.

Llegando a la conclusión que el problema principal es la gestión deficiente del proceso logístico. La definición del problema puede observarse en el Diagrama de Ishikawa, Figura 39, y la totalidad de las causas generadas para el periodo 2010-2015 en la tabla 6, las que se han indicado en el Diagrama de Ishikawa.

Figura 39: Identificación del Problema: Diagrama de Ishikawa

Fuente: YICONGESAC. Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se muestra el número de las ocurrencias por cada una de las causas del problema de acuerdo a los datos históricos provistos por la empresa constructora, de los cuales se estudiarán las causas principales al aplicar la regla de Pareto 80-20, un total del 80% acumulado del número de ocurrencias. Teniendo como resultado que las principales causas del problema son:

- Compras sin planificación (informal): Sin programación sólo cuando se requiere o existe algún problema con un proveedor, de acuerdo a la tabla es la causa con mayor número de ocurrencias.
- Error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad: La ocurrencia surge cuando llegan los materiales o insumos a la ubicación del proyecto u obra, el encargado de la verificación, por falta de conocimiento pasa o no los materiales por cantidad (menor o mayor cantidad del pedido) o calidad (rotos, etc.)
- Daños, pérdidas y robos: Los daños surgen por el mal manejo de los materiales por parte de los trabajadores en obra. Las pérdidas surgen cuando ha llegado la cantidad exacta, pero por colocar algunas en otro lugar, genera el tiempo de búsqueda. Los robos, por otra parte, son los materiales que desaparecen de un día a otro, sin ubicarlos en otra área de la obra.
- Interrupción de trabajo por falta de materiales requeridos: Esta ocurrencia surge cuando se ha ordenado cantidad menor a la requerida desde el área de compras, genera la interrupción del trabajo hasta que el mismo departamento ordene y realice las gestiones pertinentes para abastecer el proyecto.
- Proceso deficiente de selección de proveedores: Esta ocurrencia surge por el mal servicio de los proveedores, al entregar los materiales, por ejemplo, al indicar que tienen el pedido completo, sin embargo, entregan una cantidad menor, o de menor calidad a los productos requeridos.

- Llega orden incompleta: El proveedor entrega un pedido menor al acordado con el área de compras, originando que el área de compras deba buscar otro proveedor o entablar una comunicación con el proveedor en falta para determinar la próxima entrega de la orden solicitada.
- Daños por apilamiento deficiente: Esta ocurrencia surge cuando los materiales llegan a obra o proyecto, y se apilan de manera deficiente y la mala manipulación de los operarios, generando que los materiales puedan romperse, maltratarse y así ya no tienen la calidad requerida.
- Daños por clima en obra: Esta ocurrencia surge cuando los materiales deben almacenarse en el área de obra y se colocan en la intemperie sin ningún tipo de recubrimiento, generando que los materiales puedan deteriorarse por el clima, como las bolsas de cemento y la lluvia produciendo la pérdida del cemento, los cerámicos y la luz solar directa produciendo un descoloramiento, entre otros.

Además, se ha detectado que el mayor número de ocurrencias de las causas del problema se generan entre el área de compras y la locación de la obra o proyecto.

NÚMERO DE OCURRENCIAS DE LAS CAUSAS DEL PROBLEMA

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total ocurrencias	Acumulado de ocurrencias	Porcentaie	Porcentaje Acumulado
Causas generales										
Compras sin planificación (informal)	9	11	12	11	9	4	56	56	17%	17%
Error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad	9	9	8	9	8	4	47	103	14%	31%
Daños, pérdidas y robos	9	9	6	9	6	4	43	146	13%	44%
Interrupción de trabajo por falta de materiales requeridos	5	7	7	9	5	3	36	182	11%	55%
Proceso deficiente de selección de proveedores	6	5	6	6	2	2	27	209	8%	63%
Llega orden incompleta	5	6	5	4	4	2	26	235	8%	71%
Daños por apilamiento deficiente	3	6	3	4	2	1	19	254	6%	76%
Daños por clima en obra	1	5	4	2	1	1	14	268	4%	80%
Demora de las cotizaciones por parte de los proveedores	2	1	3	1	2	1	10	278	3%	83%
Paralización de obra por seguridad de los trabajadores (equipos personales de seguridad)	1	1	1	3	1	1	8	286	2%	86%
Selección de proveedores por menor precio	1	1	1	1	2	1	7	293	2%	88%
Búsqueda de otro proveedor por orden incompleta	3	0	2	1	0	1	7	300	2%	90%
Almacenero en obra desconoce procedimientos de inventarios	1	1	2	1	1	1	7	307	2%	92%
Selección de proveedores sin considerar calidad y garantía de productos	2	1	0	1	1	1	6	313	2%	94%
No llega a tiempo la orden completa	1	0	2	1	2	0	6	319	2%	96%
Demora de maquinarias pesadas para movimiento de tierras	0	1	2	1	2	0	6	325	2%	98%
Cliente no acepta acabados (pintura, jardines, etc.)	0	0	1	1	0	1	3	328	1%	98%
Demora en las licencias municipalidad	0	1	1	0	1	0	3	331	1%	99%
Demora en la gestión para retomar obra	0	0	0	1	1	0	2	333	1%	100%
Total	58	65	66	66	50	28	333		100%	

Tabla 13: Número de ocurrencias de las causas del problema

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13 se observa las ocurrencias en general de todas las causas de diferentes problemas, de las cuales se han analizado las principales del año 2015, coincidiendo con las acumulativas para el rango de años de 2010 a 2015, los que se muestran en el diagrama de Pareto siguiente:

Figura 40: Diagrama de Pareto: Principales causas del problema año 2015

Fuente: Elaboración Propia.

Analizando el diagrama de Pareto, se observa que las causas o puntos críticos que originan mayor costo y gasto a la empresa constructora son:

- Compras sin planificación: genera tiempo de espera
- Verificación de cantidad y calidad de materiales: genera reprocesos
- Daños, pérdidas y robos en general: genera tiempo de espera y reprocesos
- Falta de materiales: genera tiempo de espera
- Orden incompleta: genera tiempo de espera

Comprendidos entre las áreas de compras y locación, con interacción de los proveedores

Generando incremento de costos por:

- Inventario excesivo, mínimo o cero (compras sin planificación, falta de materiales, orden incompleta, daños, pérdidas y robos)
- Pedidos de pequeñas o grandes cantidades (compras sin planificación, falta de materiales)
- Entrega de pedidos retrasados (compras sin planificación, falta de materiales, orden incompleta)
- Mala calidad (verificación de materiales en obra)
- Mala manipulación de materiales

Por lo tanto, se debe analizar cada una de las causas principales, del problema para determinar el segundo nivel de causas por cada una de ellas

Compras sin planificación

Las compras sin planificación surgen por las causas también indicadas en la tabla 13, comprende directamente el área de compras y obras:

- Demora de las cotizaciones por parte de los proveedores
- Selección de proveedores por menor precio
- Selección de proveedores sin considerar calidad y garantía de productos
- No llega a tiempo la orden completa
- Búsqueda de otro proveedor por orden incompleta

A continuación, se presenta el segundo nivel del diagrama de causa efecto para este problema

Figura 41: Causa y Efecto - Compras sin planificación

Fuente: Elaboración Propia

De la figura 41, se indican varias causas para el problema de “Compras sin planificación”, sin embargo, no cuentan con una medición histórica por parte de la empresa, las causas medidas por el número de ocurrencias son:

- Demora de las cotizaciones por parte de los proveedores
- Selección de proveedores por menor precio
- Selección de proveedores sin considerar calidad y garantía de productos
- No llega a tiempo la orden completa
- Búsqueda de otro proveedor por orden incompleta

A continuación, se muestra la tabla del número de ocurrencias aplicado a esta causal para los años 2010-2015.

CAUSA Y EFECTO: COMPRAS SIN PLANIFICACIÓN

Causas generales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total ocurrencias	Acumulado de ocurrencias	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Demora de las cotizaciones por parte de los proveedores	2	1	3	1	2	1	10	10	28%	28%
Selección de proveedores por menor precio	1	1	1	1	2	1	7	17	19%	47%
Búsqueda de otro proveedor por orden incompleta	3	0	2	1	0	1	7	24	19%	67%
Selección de proveedores sin considerar calidad y garantía de productos	2	1	0	1	1	1	6	30	17%	83%
No llega a tiempo la orden completa	1	0	2	1	2	0	6	36	17%	100%
Total	9	3	8	5	7	4	36		100%	

Tabla 14: Número de ocurrencias de las causas del problema compras sin planificación

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar el análisis de Pareto (80-20) se observa que las principales causas de las compras sin planificación surgen del área de compras como:

- Demora de las cotizaciones por parte de los proveedores (programación deficiente)
- Selección de proveedores por menor precio
- Selección de proveedores sin considerar calidad y garantía de productos

Figura 42: Diagrama de Pareto - Compras sin planificación

Fuente: Elaboración Propia

Error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad

El error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad surge en el momento de recepción de dichos materiales o insumos en la locación de la obra o proyecto. El encargado de la verificación en obra surge por:

- Falta de conocimiento
- Falta de estandarización de procesos
- Falta de comunicación con el área de compras y otras áreas
- Inexperiencia, entre otros.

Como se observa en el siguiente diagrama de Ishikawa, la cual incluye el número de ocurrencias por cada causa:

Figura 43: Causa y Efecto - Error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el número de ocurrencias para este efecto: Error en la verificación de los materiales en obra, en el momento de la recepción de dichos materiales.

Error de Verificación de Materiales en Obra											
Causas generales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total ocurrencias	Acumulado de ocurrencias	Porcentaje	Porcentaje Acumulado	
Inexperiencia	3	3	3	2	2	3	16	16	20%	20%	
Falta de conocimiento general	2	1	2	2	2	3	12	28	15%	35%	
Desconocimiento de calidad de materiales	2	4	3	1	0	2	12	40	15%	50%	
Reprocesos por ineficiencia de recepción de materiales en obra	3	2	3	2	1	1	12	52	15%	65%	
Falta de estandarización de procesos	3	1	2	1	2	2	11	63	14%	79%	
Falta de comunicación con el área de compras y otras áreas	2	0	1	2	2	2	9	72	11%	90%	
Inactividad horas hombre	1	1	2	1	2	1	8	80	10%	100%	
Total	16	12	16	11	11	14	80				

Tabla 15: Número de ocurrencias de las causas del problema error de verificación en obra

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se observa el Diagrama de Pareto de este efecto:

Figura 44: Diagrama de Pareto – Error de Verificación de Materiales en Obra

Fuente: Elaboración Propia

Según el diagrama de Pareto, se determina que las principales causas por el error de verificación de materiales en obra son:

- Inexperiencia
- Falta de conocimiento general
- Desconocimiento de calidad de materiales
- Reprocesos por ineficiencia de recepción de materiales en obra
- Falta de estandarización de procesos

Daños, pérdidas y robos

Los daños, pérdidas y robos representan el 9% de las pérdidas monetarias de la empresa. A continuación, se observa el segundo nivel de causas para esta causal como se muestra en el siguiente diagrama de Ishikawa.

Figura 45: Causa y Efecto – Daños, Pérdidas y Robos

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se observa el número de ocurrencias bajo este causal, demostrándose que el área comprendida es el área de compras.

DAÑOS, PÉRDIDAS Y ROBOS

Daños, pérdidas y robos											
Causas generales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total ocurrencias	Acumulado de ocurrencias	Porcentaje	Porcentaje Acumulado	
Ineficiencia en la selección de proveedores: Búsqueda de nuevos proveedores	4	2	1	3	1	2	13	13	27%	27%	
Personal de proveedores daña, pierde o roba materiales	2	4	3	1	0	1	11	24	23%	50%	
Problema legal (con personal y proveedores)	3	2	1	2	1	1	10	34	21%	71%	
Falta de estandarización de procesos	3	1	2	1	2	1	10	44	21%	92%	
Falta de conocimiento	2	1	0	1	0	0	4	48	8%	100%	
Total	14	10	7	8	4	5	48		100%		

Tabla 16: Daños, Pérdidas y Robos

Fuente: Elaboración Propia

Bajo el análisis de Pareto, las causas principales son:

- Ineficiencia en la selección de proveedores: Búsqueda de nuevos proveedores
- Personal de proveedores daña, pierde o roba materiales
- Problema legal (con personal y proveedores)

Como se muestra en el siguiente diagrama de Pareto

Figura 46: Diagrama de Pareto – Daños, Pérdidas y Robos

Fuente: Elaboración Propia

Costos por causas del problema

A continuación, se ha elaborado la relación entre los factores de la problemática, las causas del problema, la generación de costos horas-hombre y horas-máquina por tiempo de espera y reprocesos, llegando a determinarse el problema principal es la gestión deficiente del proceso logístico.

Figura 47: Diagrama de relación de factores, causas, costos y problema en general

Fuente: Elaboración propia

Los costos que generan estos retrasos se deben de analizar de dos maneras:

- Calculando las pérdidas en el área de compras, área que emplea a 3 empleados (jefe de compras, asistente 1 y asistente 2, quienes deben de solucionar el problema originado por sus diferentes causas es de S/848,429, mermando la utilidad de la empresa y su capacidad de crecimiento.
- Calculando las pérdidas en obra por las mismas causas, es decir el retraso por las 4 obras ejecutadas en paralelo son de 7 meses, por 200 empleados contratados es de S/3,640,000, disminuyendo su capacidad de crecimiento, productividad y calidad. Véase tabla 16.
- Por lo que se demuestra en la figura 46 que, las más grandes pérdidas se encuentran en obra por la gestión deficiente del área de compras.

PÉRDIDAS DEL PROCESO LOGÍSTICO (HH Y SOLES)

Pérdidas en Logística en Soles									
Causas	Áreas comprometidas	Número ocurrencias	Ocurrencias acumulado	horas hombre	Pérdidas S/.	Pérdidas acumuladas	Porcentaje	% acumulado	
Compras sin planificación (informal)	Compras	4	4	4521	S/. 361,680.00	S/. 361,680.00	8.06%	8.06%	
Verificación de cantidad y calidad de materiales	Obra	4	8	480	S/. 38,400.00	S/. 400,080.00	0.86%	8.91%	
Daños, pérdidas y robos	Compras y Obra	4	12	978	S/. 78,264.00	S/. 478,344.00	1.74%	10.66%	
Interrupción de trabajos por falta de materiales	Obra	3	15	1113	S/. 66,780.00	S/. 545,124.00	1.49%	12.15%	
Falta de proceso de selección de proveedores	Compras	2	17	2595	S/. 103,800.00	S/. 648,924.00	2.31%	14.46%	
Llega orden incompleta	Obra	2	19	1745	S/. 69,800.00	S/. 718,724.00	1.56%	16.01%	
Daños por apilamiento deficiente	Obra	1	20	1923	S/. 38,451.00	S/. 757,175.00	0.86%	16.87%	
Daños por clima	Obra	1	21	4563	S/. 91,254.00	S/. 848,429.00	2.03%	18.90%	
Obra - horas hombre personal	Obra			280000	S/. 3,640,000.00	S/. 4,488,429.00	81.10%	100.00%	
Pérdidas S/.				297918	S/. 4,488,429.00		100.00%		
Facturación					S/. 11,593,596.00				
Pérdidas % de la facturación					38.71%				

Tabla 17: Ocurrencias Cuantificadas - Pérdidas del Proceso de Logística (HH y Soles)

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 48: Diagrama Ocurrencias Cuantificadas - Pérdidas del Proceso de Logística (HH y Soles)

Fuente: Elaboración Propia

Factor de Impacto

El factor de impacto, en este caso se refiere a la relación del número de horas desperdiciadas en cada área por causa del problema y el total de ellos para la empresa en total. Es decir, si se solucionan los problemas o las causas de los problemas en dichas áreas tendrá mayor impacto en todos los procesos.

Tabla 18: Factor de Impacto

Causas	Áreas comprometidas	horas hombre	Factor de impacto
Compras sin planificación (informal)	Compras	4521	1.52%
Verificación de cantidad y calidad de materiales	Obra	480	0.16%
Daños, pérdidas y robos	Compras y Obra	978.3	0.33%
Interrupción de trabajos por falta de materiales	Obra	1113	0.37%
Falta de proceso de selección de proveedores	Compras	2595	0.87%
Llega orden incompleta	Obra	1745	0.59%
Daños por apilamiento deficiente	Obra	1923	0.65%
Daños por clima	Obra	4563	1.53%
Obra - horas hombre personal	Obra	280000	93.99%
		297918	

Por la tabla, se interpreta que al solucionar los problemas en el proceso entre Compras y Obra se solucionaría el 95.51% de los problemas.

Cronograma

Se ha calculado el tiempo de estudio e implementación de la propuesta de mejora del modelo teniendo como resultado de 555 días o aproximadamente 18.5 meses en total entre la recolección de datos y el tiempo de implementación de dicha propuesta.

Recolección de datos

La recolección de datos tanto en oficina como en proyectos, exigirá la presencia del investigador en cada proyecto programado y en oficina, siendo un total de 225 días o 7.5 meses. Esta etapa incluye las fases de Definición, medición y análisis de la metodología DMAIC.

Tabla 19: Duración de recolección de datos para la propuesta de mejora

Área	Personal (hombres)	Total de obras en paralelo	Eliminación desperdicios	Duración de implementación días
Logística				
Compras	3			20
Almacén	5			20
Transporte	6			20
Obras (proyectos)	200	4		120
Recepción de materiales	2			15
Calidad de productos terminados	2			15
Almacén	2			15
TOTAL				225

Fuente: Elaboración propia

Implementación

La logística incluye todas las áreas de la empresa. Por ejemplo, la gerencia tiene que estar de acuerdo, compras, obras, contabilidad etc., deben tener el conocimiento de los procedimientos que se implementarán para lograr un proceso logístico eficiente, eficaz y efectivo. Para la implementación de la propuesta de mejora, tendrá un periodo de 330 días (11 meses), lo que comprende las gerencias y otras áreas como contabilidad, el área de logística (compras, almacén, transporte) y en 4 obras promedio por año, no es sólo un edificio son 4 obras diferentes en paralelo, incluyendo personal de recepción de materiales, inspección de productos terminado y almacén siendo un total de 226 personas, a las que se le debe enseñar y capacitar sobre la propuesta de mejora ya que todos deben estar involucrados en el procesos como la filosofía lean lo exigen para lograr sus objetivos de reducción de horas y reprocesos. Esta etapa incluye las fases de Mejora y Control de la metodología DMAIC.

Tabla 20: Duración de implementación de la propuesta de mejora

Área	Personal (hombres)	Total de obras en paralelo	Eliminación desperdicios	Duración de implementación días
Gerencias	6			15
Logística				
Compras	3			15
Almacén	5			15
Transporte	6			15
Obras (proyectos)	200	4		180
Recepción de materiales	2			30
Calidad de productos terminados	2			30
Almacén	2			30
TOTAL				330

Fuente: Elaboración propia

Objetivos

Objetivo General

Elaborar una propuesta de mejora del proceso logístico entre las áreas de compras y obra de la empresa constructora al implementar la filosofía Lean, reduciendo y eliminando paulatinamente desperdicios y reprocesos (mejora continua), así la empresa YICONGESAC logrando el crecimiento, incremento de productividad y calidad, satisfaciendo los requerimientos del cliente en cada proyecto u obra como la mejora de los tiempos de entrega de una obra.

Objetivos Específicos

1. Definir el proceso actual de compras y los puntos exactos en su flujo de desperdicios o reprocesos.
2. Medir y recolectar los datos requeridos para el estudio, tanto en el área de compras y en obra, horas hombre y horas máquina y sus costos, costos de materiales por pérdidas, daños y robos y sus horas hombre para la adquisición de dichos materiales
3. Analizar proceso actual, horas y costos para determinar el nuevo proceso, analizando las diferentes herramientas de la filosofía Lean, que se utilizarán.

4. Mejorar el proceso aplicando e implementando las herramientas Lean, para identificar, verificar y ejecutar la propuesta, validando los indicadores horas hombre, horas máquina, productividad, costo-beneficio, VAN y TIR.
5. Controlar la implementación de la propuesta al verificar su factibilidad de implementación y proyecciones al año 2020 para garantizar el éxito continuo y sostenible reduciendo despilfarros, subprocesos y por lo tanto gastos.

Hipótesis

Mejora del proceso logístico entre las áreas de compras y obra de la empresa constructora al implementar la filosofía Lean, reduciendo y eliminando paulatinamente desperdicios y reprocesos.

Indicadores

Los indicadores que se evalúan en este proyecto son:

- Aumentar Índice de productividad, para determinar la eficiencia y eficacia del modelo propuesto al reducir los despilfarros.
- Optimización del tiempo del proceso
- Disminuir inactividad Horas hombre y horas máquina, actual vs. propuesto, reflejado en la reducción de costos por tiempos no productivos
- Disminuir costos
- Factibilidad del proyecto al analizar los indicadores de costo beneficio, VAN y TIR.

Índice de productividad

Se ha calculado el índice de productividad se encuentra por debajo del nivel deseado

Los índices de productividad se han calculado de acuerdo a las obras realizadas, por el tiempo de demora de entrega debido a la gestión deficiente del proceso logístico, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21: Índice de productividad actual - 2015

[illegible]

Productividad	Actual	Proyectada	Resultado	
Viviendas unifamiliares	0.308	0.400	Por debajo del nivel deseado	30%
Viviendas multifamiliares	0.182	0.222	Por debajo del nivel deseado	22%
Total	0.262	0.333	Por debajo del nivel deseado	27%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se ha establecido que el índice de productividad total es de 0.262 por debajo del nivel deseado del 27%, siendo lo teórico de 0.333, lo cual con el modelo propuesto debe incrementar el teórico.

Otros indicadores

Tabla 22: Indicadores Actuales y Teóricos de la empresa

Indicadores	Unidad	Actual	En teoría	Resultado	Solución
Ciclo de construcción por obra	meses	8.75	7	Por sobre el nivel deseado	Disminuir el ciclo de producción
Horas de trabajo	horas hombre	640000	520000	Por sobre el nivel deseado	Disminuir horas hombre
Costos por despilfarros	soles	S/. 4,488,429	S/. 3,646,849	Por sobre el nivel deseado	Reducir costo de despilfarros
Número de ocurrencias	número	333	271	Por sobre el nivel deseado	Reducir problemas
Índice de utilidad operativa	número	0.09	0.06	Por debajo del nivel deseado	Aumentar utilidad operativa
VAN	soles	S/. -3,066,033	S/. 266,528	Es negativo el proceso actual no es viable	Aumentar VAN
TIR	porcentaje	16%		Por debajo del nivel deseado	Aumentar TIR

Fuente: Elaboración Propia

Variables

Se han determinado las siguientes variables independientes y dependientes:

Tabla 23: Variables Independientes y Dependientes

Objetivos	Variables f(X) = Y	Medición	Indicadores
Objetivo General	Independientes (Y)	Unidades	
Elaborar una propuesta de mejora del proceso logístico entre las áreas de compras y obra	Mejora del proceso logístico (Y)		
Objetivos Específicos	Dependientes (X)	Unidades	
Definir el proceso actual de compras y los puntos exactos en su flujo de desperdicios o reprocesos.	Tiempo (X1) Recorrido (X2)	Hora Hombre Metros	Horas de trabajo Productividad Número de ocurrencias
Medir y recolectar los datos requeridos para el estudio, tanto en el área de compras y en obra, horas hombre y horas máquina y sus costos, costos de materiales por pérdidas, daños y robos y sus horas hombre para la adquisición de dichos materiales	Tiempo (X1) Recorrido (X2)	Hora Hombre Metros	Horas de trabajo Productividad Costos por depilfarros Número de ocurrencias Ciclo de construcción por obra
Analizar proceso actual, horas y costos para determinar el nuevo proceso, analizando las diferentes herramientas de la filosofía Lean, que se utilizarán.	Tiempo (X1) Recorrido (X2) Costos (X3)	Hora Hombre Metros Soles	Horas de trabajo Productividad Costos por depilfarros Número de ocurrencias Ciclo de construcción por obra Utilidad operativa
Mejorar el proceso aplicando e implementando las herramientas Lean, para identificar, verificar y ejecutar la propuesta, validando los indicadores horas hombre, horas máquina, productividad, costo-beneficio, VAN y TIR.	Tiempo (X1) Recorrido (X2) Costos (X3) Ventas Netas (X4) Ahorros (X5) Unidades (X6)	Hora Hombre Metros Soles Soles Soles Unidades	Horas de trabajo Productividad Costos por depilfarros Número de ocurrencias Ciclo de construcción por obra Utilidad operativa VAN
Controlar la implementación de la propuesta al verificar su factibilidad de implementación y proyecciones al año 2020 para garantizar el éxito continuo y sostenible reduciendo depilfarros, subprocesos y por lo tanto gastos.	Tiempo (X1) Recorrido (X2) Costos (X3) Ventas Netas (X4) Ahorros (X5) Unidades (X6)	Hora Hombre Metros Soles Soles Soles Unidades	Horas de trabajo Productividad Costos por depilfarros Número de ocurrencias Ciclo de construcción por obra Utilidad operativa VAN

Fuente: Elaboración Propia

Línea de Base

Para determinar la línea de base se toma los resultados de los indicadores actuales como grupo de proyecto y los teóricos como grupo de control en los dos canos proyectado al año 2020. Los resultados de los indicadores de la mejora propuesta no pueden ser menos que los presentados en esta línea base.

Tabla 24: Línea Base

Indicadores	Proyecto		Control		Unidades
	Año 2015	Año 2020	Año 2015	Año 2020	
Productividad					
Viviendas unifamiliares	0.308	0.376	0.400	0.489	
Viviendas multifamiliares	0.182	0.222	0.222	0.272	
Total	0.262	0.321	0.333	0.407	
Ciclo de construcción por obra	8.75	10.694	7.00	8.556	meses
Horas de trabajo	640000	782222	520000	635556	horas hombre
Costos por despilfarros	S/. 4,488,429	S/. 5,485,858	S/. 3,646,849	S/. 4,457,259	soles
Número de ocurrencias	333	107	271	81	número
Índice de utilidad operativa	0.143	0.175	0.415	0.507	número
VAN	S/. -100,910	S/. 123,334	S/. 13,009,204	S/. 15,900,138	soles

Fuente: Elaboración Propia

Beneficios tangibles e intangibles

A continuación, se observan los beneficios tangibles e intangibles en relación a la mejora continua teórica.

Tabla 25: Beneficios Tangibles e Intangibles

Beneficios Tangibles	Beneficios
Reducción de costos al estandarizar los procesos de compras e inspección y verificación de materiales.	3.45%
Reducción de costos al optimizar los inventarios	2.97%
Reducción de costos del ciclo de los procesos	38.71%
Optimización de las horas hombre y hora máquina	46.55%
Mejora de la productividad a nivel de empresa	27.08%
Reducción de errores y reprocesos	35.41%
Aumento de utilidades	29.70%
Beneficios Intangibles	Beneficios
Optimización de la producción del personal y operarios	46.55%
Optimización del centro de trabajo.	38.71%
Mayor satisfacción del cliente	80.00%
Aumento de la calidad del servicio	53.85%

Fuente: Elaboración Propia

Los beneficios tangibles e intangibles se determinan en la mejora en porcentaje con la siguiente fórmula de acuerdo a lo proyectado (teórico)

$$\text{Beneficio Tangible} = \frac{\text{Ahorros}}{\text{Facturación Total}}$$

$$\text{Beneficio Intangible} = \frac{\text{Beneficio en horas}}{\text{Horas hombre total}}$$

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

En el presente capítulo se evaluarán las metodologías y herramientas que se aplicarán para lograr la mejora del proceso logístico de la empresa bajo estudio. Se analiza y propone un diseño para la gestión de la logística de entrada en la empresa YICONGESAC, dentro de los procesos de almacenamiento, en base al enfoque de la metodología Lean, optando por 3 herramientas: JIT-Kanban, sistema de pronóstico tipo pull y rediseño de procesos, los cuales garantizan un incremento de la eficiencia del proceso con la finalidad de conseguir reducir el costo operativo de la empresa.

Evaluación de propuestas

A continuación, resumiremos los problemas que ocasionan la deficiente gestión del proceso logístico de la empresa constructora, incluyendo las alternativas de solución.

Figura 49: Objetivo, criterios y alternativas

Fuente: Elaboración Propia

Iniciaremos el proceso utilizando la metodología DMAIC, para un proceso ordenado de implementación de la metodología y herramienta seleccionada.

Aplicación de la metodología - DMAIC

Para la resolución de los problemas de la empresa en estudio se utilizó la metodología DMAIC, el desarrollo de la evaluación de la alternativa de solución es el siguiente esquema.

Figura 50. Esquema DMAIC para la resolución de problemas

Fuente: Elaboración propia

Etapas de definición

Se definen los requerimientos del cliente interno, basados en los registros de reclamos, siendo el cumplimiento de los plazos de entrega del proyecto terminado sin presentar los problemas registrados.

Se ha determinado que la mayor cantidad de actividades de reprocesos y/o tiempo de espera se registraron en el proceso de logística, por lo tanto, esta investigación se basa en la mejora u optimización de esta gestión.

Los principales problemas que se identificaron son:

- Compras sin planificación: genera tiempo de espera
- Verificación de cantidad y calidad de materiales: genera reprocesos
- Daños, pérdidas y robos en general: genera tiempo de espera y reprocesos
- Falta de materiales: genera tiempo de espera
- Orden incompleta: genera tiempo de espera

Etapa de medición.

Se realiza la medición de los índices de productividad. La perspectiva de la productividad se centra en la tasa de producción en una estación de trabajo, y se enfoca en la cantidad y el tiempo consumido por cada producto.

La ecuación general de medición de la productividad está dada por la siguiente ecuación

$$Q = \frac{z}{\theta}$$

Dónde: Q: Productividad, z: Número de proyectos producidos y Θ : Tiempo de producción

Para el análisis de productividad para la empresa en estudio en un mes de trabajo, se tomará como promedio la recepción de proyectos unifamiliares y multifamiliares, además del total.

Cantidad de proyectos unifamiliares = 2

Cantidad de proyectos multifamiliares = 2

Total = 4

Los tiempos aproximados término de los proyectos son:

Proyectos unifamiliares: 6.5 meses

Proyectos multifamiliares: 11 meses

Total = 8.75 meses

Por lo tanto:

Los proyectos unifamiliares tienen un índice de productividad de

$Q_1 = 2/6.5 = 0.308$ proyectos/meses

Los proyectos multifamiliares tienen un índice de productividad de

$Q_2 = 2/11 = 0.182$ proyectos/meses

El total de los proyectos tiene un índice de productividad de

$Q_3 = 4/8.75 = 0.262$ proyectos/meses

Se ha determinado que las especificaciones deseadas son:

Proyectos unifamiliares: 5 meses

Proyectos multifamiliares: 9 meses

Total = 7 meses

Para estos niveles deseados, los índices de productividad actuales y deseados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 26. Productividad actual vs teórica o deseada

Productividad	Actual	Deseada	Resultados
Viviendas unifamiliares	0.308	0.400	Por debajo del nivel deseado
Viviendas multifamiliares	0.182	0.222	Por debajo del nivel deseado
Total	0.262	0.333	Por debajo del nivel deseado

Fuente: Elaboración propia

Etapa de análisis

Con la finalidad de seleccionar la metodología más adecuada para la solución del problema en el proceso de almacenamiento de la empresa YICONGESAC, se han comparado factores en los cuales las metodologías tienen un impacto de menor o mayor grado, estos factores se han clasificado según el proceso jerárquico analítico (Analytic Hierarchy Process – AHP):

- Recursos necesarios para realizar proyecto
- Simplicidad en ejecución del proyecto
- Enfoque en estandarización
- Tiempo necesario para llevar a cabo la implementación
- Enfoque en procesos
- Enfoque en el personal

Tabla 27 Ponderación de los factores para la valorización de la metodología

Factores	Recursos	Simplicidad	Enfoque en estandarización	Tiempos necesario	Enfoque en procesos	Enfoque en el personal	Suma	Ponderación
Recursos	0	3	5	5	4	3	20	20%
Simplicidad	3	0	3	3	3	2	14	14%
Enfoque en estandarización	5	3	0	4	3	3	18	18%
Tiempo necesario	3	2	5	0	5	3	18	18%
Enfoque en procesos	5	4	5	3	0	1	18	18%
Enfoque en el personal	1	3	4	3	3	0	14	14%
							102	100%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se muestra la ponderación final de los factores, los cuales han sido elegidos de acuerdo a su impacto esperado de aplicación tomando en cuenta el fundamento teórico de cada una de las alternativas, de esta manera para hallar una solución a nuestro problema la metodología aplicada debe ser muy eficiente en el uso de recursos, además de facilitar a través de su enfoque la estandarización y desarrollo de procesos, los cuales han sido los factores con mayor prioridad en nuestro análisis.

En la tabla 28, se ha tomado las metodologías que se ponderarán para la evaluación posterior de sus herramientas.

Tabla 28 Valorización de las metodologías evaluadas

Factores	Ponderación	PMBOK		LEAN		SCM	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Recursos	20	2	40	4	80	3	60
Simplicidad	14	1	14	5	70	1	14
Enfoque en estandarización	18	4	72	5	90	5	90
Tiempos necesario	18	3	54	4	72	1	18
Enfoque en procesos	18	3	54	3	54	3	54
Enfoque en el personal	14	1	14	3	42	1	14
Total			248		408		250

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 29 se muestra los resultados de la puntuación de las metodologías que pueden contribuir mediante su implementación en la solución de nuestro problema, para aumentar la eficiencia del proceso de almacenamiento de la empresa YICONGESAC, la metodología Lean

tiene diversas herramientas. La que destaca según la valoración es la herramienta JIT, la importancia de la aplicación de esta metodología puede eliminar las inconsistencias y los desperdicios, lo que resulta en una mayor productividad, gracias a su enfoque en los procesos, ahorro en recursos y que favorece la estandarización.

Tabla 29 Valorización de las herramientas evaluadas

Factores	Ponderación	KAIZEN		JIT		SIX SIGMA	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Recursos	20	3	60	3	60	3	60
Simplicidad	14	1	14	5	70	1	14
Enfoque en estandarización	18	3	54	5	90	5	90
Tiempos necesario	18	3	54	3	54	1	18
Enfoque en procesos	18	3	54	3	54	3	54
Enfoque en el personal	14	1	14	3	42	1	14
Total			250		370		250

Fuente: Elaboración Propia

Actualmente todas las empresas buscan reducir costos de una forma manera eficiente, ante la actual crisis mundial, una de las maneras de lograr este objetivo puede ser el enfocarse a reducir los costos en cuanto a logística se refieren, ya que muchas veces estos pueden impactar hasta el 30% o 40% sobre el precio final del producto. Esto se puede lograr a través de una eficiente gestión del almacén de una empresa, ya que esta acción no sólo impacta en cuanto al costo de logística sino también en el costo de inventarios.

La implementación de la filosofía Lean pone énfasis en minimizar los inventarios y contar con un flujo de materiales que lleguen en el momento justo, cuando se necesiten.¹⁰⁰ Debido a que este sistema se ve como una filosofía de administración que incluye el diseño de productos, los procesos, el equipo, las instalaciones, la coordinación de la cadena de suministro, el diseño de los puestos y la mejoría de la productividad, enmarcando todo el sistema organizacional de la empresa. Por ello esta metodología nos permitirá identificar las herramientas de la filosofía JIT que tengan mayores beneficios para contrarrestar las causas originarias de los problemas del inventario y elaborar propuestas para el rediseño del flujo logístico de la empresa con la finalidad de generar ahorros de espacio y, por lo tanto, reducir los costos de la empresa.

¹⁰⁰Cfr. Russell- Taylor 2006

Etapa de mejora

Para la construcción de la propuesta de mejora del proceso de almacenamiento de la empresa YICONGESAC, se utilizarán los principios y herramientas del sistema JIT, en la tabla 30 se muestran entre las causas raíces definidas que producen la baja eficiencia del proceso de la empresa con las herramientas que utilizaremos para definir el plan de acción en cada proceso. Se procede a definir las herramientas de la metodología elegida JIT, que se utilizarán para elaborar la propuesta de mejora del proceso.

Tabla 30 Herramientas de la Metodología JIT a utilizar

N°	CAUSA	HERRAMIENTA JIT
1	Falta de planificación compras	Sistema pull (Clasificación ABC)
		Kanban (Mapeo del proceso, Flujo continuo de trabajo)
2	Verificación de materiales e inventario	Control de Calidad/ Control de Inventarios
3	Daños, pérdidas y robos	Control de Calidad/ Control de Inventarios

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las herramientas definidas para la elaboración del plan de acción se han definido los objetivos en los cuales se enfocarán las mejoras, y los indicadores que nos permitirán medir el éxito del uso de las herramientas en la consecución de los objetivos planteados.

En esta etapa es necesario plantear una alternativa que permita solucionar los problemas y que también produzca una optimización en los procesos. Para el cumplimiento de este objetivo se han utilizado algunas herramientas del sistema Lean, poniendo en práctica la teoría revisada en el Marco Teórico.

Modelo de planificación en el área de compras

Para solucionar la falta de planificación en el área de compras, se debe estandarizar el proceso y para ello se debe analizar la demanda futura y mejorar el proceso. Se implementa primero Kanban y luego el sistema de pronósticos tipo pull.

Implementación de la herramienta Kanban en el manejo de inventarios

La herramienta Kanban se implementará en el área de compras de la empresa bajo estudio para la gestión de inventarios JIT, conjuntamente con el nuevo proceso indicado en el acápite anterior. La implementación de Kanban ordena el proceso para lograr los siguientes objetivos:

- Visualizar el trabajo en proceso
- Priorizar la búsqueda en función a su importancia, pero a la vez que el proceso soporte búsquedas urgentes sin que se desenfoque todo el resto.
- Poner límites al trabajo en proceso para no perderse en la cantidad de búsquedas abiertas, dado que las mismas son muchas y el proceso no puede evitar esto, pero si ordenarlas.

Para la implementación del Kanban se realizan las siguientes fases, de acuerdo a lo explicado bajo el título Casos de Éxito:

Fase 1: Mapeo del flujo kanban

Fase 2: Recolección de los parámetros relevantes de la producción y cliente

Fase 3: Cálculo del número de Kanbans para determinar el nivel óptimo de inventario

Fase 4: Establecer el mecanismo Pull y reglas para apoyar la producción asociada en una operación diaria

Fase 5: Evaluación de la herramienta Kanban

A) Fase 1: Mapeo del flujo Kanban

A continuación, se muestra el proceso logístico propuesto, y se ha marcado la parte del proceso en donde se aplicará Kanban.

Figura 51: Diagrama de flujo del proceso de compras propuesto

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el flujo de la implementación de Kanban debe iniciarse una vez que se termine una etapa de construcción como movimiento de tierras, construcción de estructuras y acabados, con el objetivo de tener el inventario mínimo indispensable en obra, se debe programar el pedido por parte de obra antes de que finalice la previa etapa, de lo contrario termina el proceso:

Figura 52: Flujo Kanban

Fuente: Elaboración Propia

Las tarjetas que se utilizarán son:

Figura 53: Tarjeta Kanban

Fecha de entrega:	Proyecto: _ VUC _ VUR _ VMC _ VMR
Dirección:	
Control de Calidad: Firma	Control de Calidad: Nombre
Fase: _ MovT _ Const _ Acabados

Fuente: Elaboración Propia

Estas tarjetas se enviarán a compras antes de finalizar una fase de construcción, solicitando los materiales para la siguiente fase, si es que el proceso continúa de lo contrario, se entrega la obra a ingeniería para su inspección.

El área de compras utiliza esta misma tarjeta para enviar el requerimiento solicitado por obra si el proceso continúa, de lo contrario se entrega a Ingeniería para inspección y entrega a cliente.

El proceso es simple, y con este sistema los cuellos de botella se anulan, así como el sobre inventario en obra.

Los pedidos deberán realizarse para la fase completa o determinar las sub fases de cada proyecto según sea conveniente.

El tablero Kanban, debe ser manual ya que uno computarizado exigiría un punto de cómputo en Obra, lo cual podría darse para la construcción completa de viviendas multifamiliares.

El Tablero Kanban se elabora de los requerimientos de obra y la confección de las cajas Kanban o Kanban boxes en oficina (Figura 53), para elaborar el tablero Kanban (Figura 54), con la finalidad de llevar el seguimiento del proceso en cada estado determinado, además de determinar las condiciones de control de cada estado y los límites de capacidad de cada estado.

Figura 54: Requerimiento de obra y Kanban Boxes en Área de Compras

Fuente: Elaboración propia

Luego se elabora el tablero Kanban como se observa a continuación:

	Pendiente				En Curso				Hecho			
	Movimiento	Construcción	Acabados	Reprocesos	Movimiento	Construcción	Acabados	Reprocesos	Movimiento	Construcción	Acabados	Reprocesos
Vivienda Multifamiliar Completo
Vivienda Multifamiliar Remodelación
Vivienda Unifamiliar Completo
Vivienda Unifamiliar Remodelación

Figura 55: Tablero Kanban Área de Compras

Fuente: Elaboración Propia

En esta parte se realiza la implementación del Kanban informando a todos los involucrados con las herramientas y se debe asegurar que entiendan los principios y el nivel de visualización del tablero, en visto que es importante informarles cuando se va estar realizar el seguimiento de su trabajo usando esta herramienta.

Para facilitar el proceso se utilizó un solo tablero mostrado en la figura 55, el sistema Kanban desarrollado se basa en que cada proyecto debe almacenar su inventario en los cajones y cada uno contiene la cantidad de material para cada proyecto. Se reordenan en los Kanban Boxes, las solicitudes cambian de prioridad o las que están demoradas, poniendo énfasis en las etapas donde existen tarjetas acumuladas para poner foco en estos cuellos de botella. De acuerdo a las oportunidades se van materializando pudiendo acelerar o desacelerar contrataciones dentro del proceso, los colores y prioridades facilitan la gestión visual y ponen a vista de todos los cuellos de botella.

El sistema Kanban en el almacén funcionaría de la siguiente manera: El coordinador de compras fabrica las tarjetas de acuerdo al pedido de los clientes (programa de despacho), coloca la información en cada tarjeta clasificándola de acuerdo a su importancia en cuanto al tipo de cliente, urgencia de atención del pedido etc., debido a esto se tienen diversos colores de tarjetas que le permiten identificar los lotes que están a punto de incumplir alguna fecha de entrega o que ya no cumplieron los tiempos estandarizados.

Este sistema también se completa de manera digital en el tablero Kanban digitalizado, el cual permite al coordinador de compras o logística un completo seguimiento de las actividades en tiempo real, refleja la misma información que el kanban en el área de logística, pero permitiría su control fuera de oficina.

Sistema de pronósticos tipo pull

Una vez establecido el método Kanban, se trabajará el pronóstico de inventarios de acuerdo a la demanda el cual depende de varios factores, como datos históricos y el esfuerzo de marketing que realiza la empresa constructora. El pronóstico de demanda de construcción depende de los siguientes factores:

Tabla 31: Factores que determinan el patrón de la demanda en la empresa constructora

Materiales de Construcción a nivel nacional	
Condiciones del mercado de construcción	Competencia
	Requerimientos del cliente (final o intermediario)
	Estación del año
Economía del país	Situación del ciclo del sector de construcción
	Indicadores como precios de materiales de construcción, oferta y demanda, cierre de negocios.
Otros factores	Situación legal, política, social y cultural
Constructora	
Marketing	Publicidad
	Área de ventas
	Precio
	Datos históricos
Producción	Calidad en el proceso de producción (construcción en sus diferentes fases)
	Servicio al cliente
	Límite de capacidad de producción (construcción)
Financiero	Crédito
	Facturación
	Recursos

Fuente: Elaboración propia

Para este estudio se tomará como base sólo los datos históricos de los años 2010 al 2015 de la empresa constructora, como se muestra en la siguiente tabla. Se ha calculado una demanda con respecto al total de proyectos anuales, se ha tomado como periodo anual, ya que un proyecto tiene una duración de días a meses como es el caso de la construcción completa de un proyecto multifamiliar de 6 a 20 viviendas. No se ha tomado la capacidad, ya que existe una oferta en el mercado de profesionales y operarios en el sector de construcción, por lo tanto, la capacidad de producción depende de los contratos que podrán tomarse al año con respecto a la demanda.

Tabla 32: Patrón de demanda

Patrón de demanda											
Proyectos u obras	Datos históricos						Pronóstico de Demanda				
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Viviendas unifamiliares											
demolición y construcción	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2
remodelación	2	2	3	3	2	1	2	2	2	2	3
	3	4	5	4	4	2	4	4	4	4	5
Edificios de 6 a 20 unidades											
completo	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
remodelación (pintura y acabados)	2	2	1	4	2	1	2	2	2	2	3
	2	3	1	5	2	2	3	3	3	3	4
Total de obras por año	5	7	6	9	6	4	7	7	7	7	9

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se observa que el patrón de la demanda de demolición y construcción de viviendas unifamiliares se mantiene constante hasta el 2020, pero la remodelación tiende a subir para el año 2020. Así como la construcción completa de viviendas multifamiliares es constante hasta el 2020, sin embargo, la remodelación tiende a subir para el mismo año. Como se muestra en la siguiente figura:

Figura 56: Patrón de Demanda al Año 2020

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la figura anterior, la tendencia es estable, es decir que se encuentra dentro de su capacidad medida de acuerdo a los proyectos realizados por los datos históricos. Con la mejora podrán incrementar la demanda por medio de las áreas de marketing y ventas. Es un patrón horizontal estadísticamente hablando, se le conoce como estacionalidad. Cuando existe este patrón, generalmente se hace referencia a las series como estacionario, es decir, no tiende a aumentar o disminuir a través del tiempo de ninguna manera sistemática, salvo que ingresen otros factores externos como la búsqueda de clientes nuevos, publicidad, incremento de la demanda en el sector de la construcción, la economía nacional y el valor agregado que podría diferenciar a esta empresa con la competencia.

A continuación, se muestra la demanda en otro diagrama,

Figura 57: Patrón de Demanda en Números al año 2020

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, al realizar un pronóstico de la demanda se podrá tener una mejor gestión de los inventarios al aplicar Just In Time, con la herramienta Tipo Pull.

Clasificación ABC.

La Clasificación ABC es una metodología de segmentación de proyectos de acuerdo a criterios preestablecidos, en nuestro caso el criterio de clasificación será el costo total directo por tipo de proyecto, que es el criterio en el cual se basan la mayoría de expertos en la materia (valor de los inventarios y los porcentajes de clasificación son relativamente arbitrarios). Es decir, la clasificación nos ayuda a establecer la prioridad de los materiales de acuerdo al proyecto.

VMC = Vivienda Multifamiliar Completo

VMR = Vivienda Multifamiliar Remodelación

VUC = Vivienda Unifamiliar Completo

VUR = Vivienda Unifamiliar Remodelación

Tabla 33 Clasificación ABC – Área de Compras

CÓDIGO	Costo Directo Total		PORCENTAJE		CLASIFICACIÓN
			DEL VALOR TOTAL (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
VMC	S/.	4,359,192	80%	80%	A
VMR	S/.	544,899	10%	90%	B
VUC	S/.	435,919	8%	98%	
VUR	S/.	108,980	2%	100%	C
	S/.	5,448,990	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra la nueva clasificación del inventario de acuerdo a la metodología ABC, con respecto a lo relacionado a vivienda multifamiliar completo (demolición y construcción) se encuentra en la clase A. En donde los ítems clase A pertenecen al 80% del total de los costos directos, clase B 18% del total de los costos directos y clase C = 2% del total de los costos directos.

Figura 58: JIT Tipo Pull – Clasificación ABC

Fuente: Elaboración Propia

Control para CLASE "A"

Las unidades pertenecientes a la clase "A" requieren del grado de rigor más alto posible en cuanto a control. Esta zona corresponde a aquellas unidades que presentan una parte importante del valor total del inventario, en ella vamos a ubicar los productos que se encuentren dentro del 80% de valor total del inventario, es decir como prioridad se tienen a la Vivienda Multifamiliar Completa.

Control para CLASE "B"

Las unidades pertenecientes a la zona B deberán ser seguidas y controladas mediante sistemas computarizados con revisiones periódicas, las obras comprenden la Vivienda Multifamiliar Remodelación y Vivienda Unifamiliar Completo

Control para CLASE "C"

Esta es la zona con menor número de unidades de inventario, por ende, un sistema de control diseñado, pero de rutina es adecuado para su seguimiento. Un sistema de punto de reorden (no va referencia: tiempo de entrega, pronóstico de la demanda y nivel del servicio que no requiera de evaluación física de las existencias suele ser suficiente.

Mejora del Proceso de Compras

De acuerdo al pronóstico de demanda se realizarán dos construcciones completas y 2 remodelaciones para viviendas unifamiliares, así como 1 construcción completa y 2 remodelaciones para viviendas multifamiliares para el año 2016.

Tabla 34: Pronóstico 2016, Tipo Pull, Clasificación ABC

	2016 - Pronóstico Tipo Pull												JIT
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Clasificación ABC
Viviendas unifamiliares													
demolición y construcción				2									B
remodelación							2						C
	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	
Edificios de 6 a 20 unidades												4	
completo		1											A
remodelación (pintura y acabados)				2									B
	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
												3	
Total de obras año 2016	7												
Total de facturación año 2016	S/. 11,710,376												

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla de arriba, la prioridad de las compras JIT de acuerdo a la demanda es como sigue:

Tabla 35: Prioridad de tipos de proyectos

Prioridad	Clase	Tipo de Proyecto
1	A	Vivienda multifamiliar construcción completa
2	B	Vivienda unifamiliar construcción completa
2	B	Vivienda multifamiliar remodelación
3	C	Vivienda unifamiliar remodelación

Fuente: Elaboración Propia

Para mejorar el proceso de compras (reduciendo el tiempo estimado) al implementarse la clasificación ABC de control de inventarios JIT, conociendo la demanda de acuerdo a los datos históricos de la empresa como se muestra a continuación:

El periodo actual de compras es de 58 días por proyecto por fase, es decir 7 días para la elaboración y envío de solicitud de presupuestos a proveedores y 30 días para la recepción y evaluación de presupuestos, etc., sin importar el tipo de construcción, el proceso actual de compras es el mismo. Como se observa en parte del DAP incluido en el presente estudio bajo el Capítulo 2.

1		Aceptación de cliente por servicio	2 a 7 días
1		Espera	
2		Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	7 días
2		Espera	
3		Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases	30 días
3		Espera	
4		Orden de compra (fase: movimiento de tierras)	7 días
5		Programación de entrega	7 días
6		Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)	7-15 días
6		Inspección	
6		Almacenaje	

Figura 59: Periodos área de compras

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, el proceso de mejora para el área de compras es como sigue,

Figura 60: Proceso de Compras Propuesto – Diagrama de Flujo

Elaboración Propia

Como se muestra, la confirmación de inventario, así como la inspección de calidad y cantidad de los productos se realiza antes de emitir la orden de compra, al ser aprobado por el área de Ingeniería o Control de Calidad. También se inspecciona calidad y cantidad antes de embarcar a obra y se asegura, se recomienda que se realice esta actividad el mismo día de la programación del transporte. Así, obra recibirá el número total de bultos sellados por el área de Ingeniería antes del transporte para asegurar la integridad de los materiales aprobados y transportados.

Por lo tanto, a continuación, se muestra la comparación entre el proceso actual y la mejora en cuanto a los periodos de tiempo:

Tabla 36: Proceso de Compras Propuesto - Tiempos

Modelo Actual		Modelo Propuesto	
Actividad/Sub proceso	Días	Actividad/Sub proceso	Días
Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	7	Orden por clasificación A, B, C	1
Recepción de cotizaciones	30	Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	2
Evaluación y selección de proveedores	25	Recepción de cotizaciones	15
		Evaluación y selección de proveedores	
		Confirmación de Inventarios	
		Inspección calidad y cantidad - Área de ingeniería	
Orden de compra	7	Orden de compra	1
Programación de entrega	7	Programación de entrega	3
		Inspección calidad y cantidad - Área de ingeniería	
		Sellado de seguridad por integridad de materiales	
Entrega de materiales	7	Entrega de materiales	3
Total días	83	Total días	25
		Ahorro en días	58

Fuente: Elaboración Propia

La tabla indica que se debe educar a los proveedores en cuanto a los tiempos de envío de presupuestos, así como las confirmaciones de inventarios y especialmente sobre la calidad que la empresa constructora requiere. De tal forma que el área de ingeniería o control calidad, pueda inspeccionarlos antes de emitir la orden de compra. Posteriormente, antes de su embarque, el área de ingeniería deberá dar conformidad de lo recibido en planta o locación del proveedor, al sellar para la integridad de calidad durante el transporte. De esta manera, obra recibirá el número de bultos y abrirá los sellos, realizará el conteo, e inspeccionará visualmente y tomará fotos de la calidad de los productos al azar.

Por lo tanto, al utilizar el sistema de inventario Pull se reduce de 83 a 25 días en el proceso, ahorrando 58 días de trabajo por obra.

Análisis de ahorro del proceso propuesto de compras

Para el análisis de ahorro en el proceso de compras se debe suponer que cada una de los proyectos que se han pronosticado debe iniciar diferente mes a los otros como se muestra a continuación:

Tabla 37: Pronóstico Inicio de Proyectos Año 2016

Obras pronóstico 2016													Leyenda				
Tipo	Q	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Tipo	Clase	Obras	Meses
VUC	1													VUC	B	2	5
VUR	1													VUR	C	2	3
VMC	1													VMC	A	1	10
VMR	1													VMR	B	2	4
VUR	1																
VMR	1																
VUC	1																
	7																

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, el ahorro en el proceso propuesto de compras es de 83 días por 7 obras siendo un total de 406 días por empleado en compra, ya que inician en diferentes meses. El hecho de que los 7 proyectos inicien un solo mes al año no es estadísticamente probable. Se considera un inicio aleatorio. Los 406 días indica que los empleados en área de compras han estado trabajando horas extras alrededor de 93 días más al año, contando los domingos.

Tabla 38: Cálculos de los Ahorros del Proceso Propuesto de Compras

Datos										
<p>3 hombres 200 horas hombre/mes S/. 30 soles/hora hombre 8 horas hombre/día</p>										
Ahorro Mejora de Proceso en Compras										
	2016	2017	2018	2019	2020					
Obras	7	7	7	7	9					
Días	406	406	406	406	522					
Horas Hombre	9744	9744	9744	9744	12528					
Soles	S/. 292,320	S/. 292,320	S/. 292,320	S/. 292,320	S/. 375,840					

Fuente: Elaboración Propia

Comparándose de las pérdidas proyectadas como se muestra en la siguiente tabla, el total de horas hombre correspondientes a las causas Compras sin planificación, Interrupción de trabajos por falta de materiales y falta de proceso de selección de proveedores es de 8229 horas hombre,

1515 horas hombre menos de las que se han calculado para el año 2016 como se muestra en la tabla anterior.

Tabla 39: Pérdidas proyectadas año 2015

Pérdidas en Logística en Soles						
Causas	Áreas comprometidas	Número ocurrencias	Ocurrencias acumulado	horas hombre	Pérdidas S/.	
Compras sin planificación (informal)	Compras	4	4	4521	S/.	361,680.00
Verificación de cantidad y calidad de materiales	Obra	4	8	480	S/.	38,400.00
Daños, pérdidas y robos	Compras y Obra	4	12	978	S/.	78,264.00
Interrupción de trabajos por falta de materiales	Compras	3	15	1113	S/.	66,780.00
Falta de proceso de selección de proveedores	Compras	2	17	2595	S/.	103,800.00
Llega orden incompleta	Obra	2	19	1745	S/.	69,800.00
Daños por apilamiento deficiente	Obra	1	20	1923	S/.	38,451.00
Daños por clima	Obra	1	21	4563	S/.	91,254.00
Obra - horas hombre personal	Obra			280000	S/.	3,640,000.00
Pérdidas S/.				297918	S/.	4,488,429.00
Facturación					S/.	11,593,596.00
Pérdidas % de la facturación						38.71%

Fuente: Elaboración Propia

Reconocimiento y Eliminación de Otros Despilfarros

De acuerdo al análisis de costos por despilfarros en el capítulo anterior, en donde se determinó que la pérdida por reprocesos es el 38.71% de las ventas, siendo el área de mayor pérdida la de la obra, siendo el 81.1% del total de los costos de reprocesos:

De la tabla 39 arriba se ha encontrado los ahorros por compras sin planificación, interrupción de trabajos por falta de materiales en compras y falta de un proceso de selección de proveedores.

La implementación de Kanban y el sistema Pull, hará que se reduzcan las horas de desperdicios de los restantes directamente en obra como se muestra a continuación, ya que se reducen por el método.

Tabla 40: Ahorros generados por el modelo propuesto del proceso logístico

Causas	Áreas comprometidas	horas hombre	Ahorros S/.	Ahorros Acumulados	Porcentaje	% acumulado
Compras sin planificación (informal)	Compras	9744 S/.	292,320.00 S/.	292,320.00	6.88%	6.88%
Incluye: Interrupción de trabajos por falta de materiales	Compras					
Falta de proceso de selección de proveedores	Compras					
Verificación de cantidad y calidad de materiales	Obra	480 S/.	38,400.00 S/.	330,720.00	0.90%	7.78%
Daños, pérdidas y robos	Compras y Obra	978 S/.	78,264.00 S/.	408,984.00	1.84%	9.63%
Llega orden incompleta	Obra	1745 S/.	69,800.00 S/.	478,784.00	1.64%	11.27%
Daños por apilamiento deficiente	Obra	1923 S/.	38,451.00 S/.	517,235.00	0.91%	12.17%
Daños por clima	Obra	4563 S/.	91,254.00 S/.	608,489.00	2.15%	14.32%
Obra - horas hombre personal	Obra	280000 S/.	3,640,000.00 S/.	4,248,489.00	85.68%	100.00%
Pérdidas S/.		299433 S/.	4,248,489.00		100.00%	
Facturación			S/. 11,593,596.00			
Pérdidas % de la facturación			36.65%			

Fuente: Elaboración Propia

El nuevo proceso genera la eliminación de verificación de cantidad y calidad (la segunda causa hallada), por el sistema de inspección implementado, así como la causa de daños, pérdidas y robos (tercera causa hallada) ya que se determinó que principalmente se generaba en el momento de entrega, es decir que los proveedores y sus transportistas eran responsables de ello. El apilamiento deficiente, también se ha eliminado por el sistema JIT-Kanban implementado ya que los materiales y herramientas se reciben sólo cuando se requieren en obra. Por la acumulación de inventario, se generaba el daño por clima, lo cual también se ha eliminado. Las horas hombre, lo cual significaba una gran cantidad de costos por la deficiente gestión de inventarios y proceso logístico se ha eliminado ya que la mejora indica la entrega de los proyectos a tiempo.

Tabla 41: Eliminación de despilfarros

Ahorros Proceso Logístico 2016								
Causas	Áreas comprometidas	horas hombre	Ahorros S/.		Ahorros Acumulados		Porcentaje	% acumulado
Compras sin planificación (informal)	Compras	9744	S/.	292,320.00	S/.	292,320.00	100.00%	100.00%
Incluye: Interrupción de trabajos por falta de materiales	Compras							
Falta de proceso de selección de proveedores	Compras							
Verificación de cantidad y calidad de materiales	Obra	0	S/.	-	S/.	-	0.00%	100.00%
Daños, pérdidas y robos	Compras y Obra	0	S/.	-	S/.	-	0.00%	100.00%
Llega orden incompleta	Obra	0	S/.	-	S/.	-	0.00%	100.00%
Daños por apilamiento deficiente	Obra	0	S/.	-	S/.	-	0.00%	100.00%
Daños por clima	Obra	0	S/.	-	S/.	-	0.00%	100.00%
Obra - horas hombre personal	Obra	0	S/.	-	S/.	-	0.00%	100.00%
Pérdidas S/.		9744	S/.	292,320.00			100.00%	
Facturación			S/.	11,593,596.00				
Ahorros				2.52%				

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, al reducir los pasos, las actividades de operación se reducen de 21 a 18, espera se reduce a cero o reduce al mínimo, y se elimina una operación de almacenamiento.

Tabla 42: DAP Resumen Actual Vs. Propuesto

RESUMEN											
ACTIVIDAD			ACTUAL			PROPUESTA			ECONOMÍA		
Operación			21			18					
Transporte			03			3					
Espera			06			0					
Inspección			11			11					
Almacenamiento			03			2					

Fuente: Elaboración Propia

El nuevo DAP se muestra a continuación

Tabla 43: DAP del modelo propuesto del proceso logístico

DAP Logística											
CURSOGRAMA ANALÍTICO				OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO							
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/01				RESUMEN							
Objeto:				ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA	
Actividad: Proceso logístico				Operación		18					
				Transporte		03					
Método: Propuesto				Espera		0					
				Inspección		11					
Lugar: Oficina y Proyecto				Almacenamiento		02					
Operarios(s): Ficha num:				Distancia							
				Tiempo							
Compuesto por: O. Cayetano Fecha: 18-02-2016				Costo							
Aprobado por: O. Cayetano Fecha: 18-02-2016				Mano de obra							
				Material							
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones		
				○	◻	D	◻	▽			
Aceptación de cliente por servicio				x							
Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores				x							
Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases				x							
Orden de compra (fase: movimiento de tierras)				x							
Programación de entrega				x							
Traslado de materiales (fase: movimiento de tierras)					x						
Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)								x		Se elimina almacenamiento JIT	
Ejecución de obras				x				x		Se elimina tiempo de espera entre operación e inspección	
Cierre fase				x				x			
Reprocesos										Se aplica JIT	
Orden de compra (fase: Estructura)				x							
Programación de entrega				x							
Traslado de materiales (fase: estructura)					x						
Entrega de materiales (fase: estructura)								x		JIT, almacenamiento necesario para el trabajo continuo	
Almacenamiento de materiales (fase: estructura)									x		
Ejecución de obras				x				x			
Cierre fase				x				x		Se elimina tiempo de espera entre operación e inspección	
Reprocesos										Se aplica JIT	
Orden de compra (fase: acabados)				x							
Programación de entrega				x							
Traslado de materiales (fase: acabados)					x						
Entrega de materiales (fase: acabados)								x		JIT, almacenamiento necesario para el trabajo continuo	
Almacenamiento de materiales (fase: acabados)									x		
Ejecución de obras				x				x			
Cierre fase				x				x		Se elimina tiempo de espera entre operación e inspección	
Reprocesos										Se aplica JIT	
Inspección final								x			
Inspección cliente									x		
Gestión de reclamos				x							
Reprocesos				x							
Entrega				x							
Total				18	03	0	11	02			

Fuente: Fuente Elaboración Propia

Cuando se compara la parte superior del DAP anterior y el propuesto se ha reducido, por ejemplo, la elaboración y solicitud de presupuestos de 7 a 2 días, la recepción y evaluación de presupuestos de todas las fases de 30 a 15 días, y la entrega de materiales de 7-15 a 3 días.

1		Aceptación de cliente por servicio	2 a 7 días	
1		Espera		
2		Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	7 días	
2		Espera		
3		Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases	30 días	
3		Espera		
4		Orden de compra (fase: movimiento de tierras)	7 días	
5		Programación de entrega	7 días	
6		Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)	7-15 días	
6		Inspección		
6		Almacenaje		

Figura 61: Parte del DAP actual (Tiempo de Proyecto)

Fuente Elaboración Propia

1		Aceptación de cliente por servicio	2 a 7 días
2		Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	2 días
3		Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases	15 días
4		Orden de compra (fase: movimiento de tierras)	3 días
5		Programación de entrega	3 días
6		Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)	3 días
6		Inspección	
7		Ejecución de obras	según proyecto
8		Cierre fase	
10		Orden de compra (fase: Estructura)	3 días
11		Programación de entrega	3 días
12		Entrega de materiales (fase: estructura)	3 días
12		Inspección	
12		Almacenaje	
13		Ejecución de obras	según proyecto
14		Cierre fase	
16		Orden de compra (fase: acabados)	3 días
17		Programación de entrega	3 días
18		Entrega de materiales (fase: acabados)	3 días
18		Inspección	
18		Almacenaje	
19		Ejecución de obras	según proyecto
20		Cierre fase	
22		Inspección final	según proyecto
23		Inspección cliente	según proyecto
24		Gestión de reclamos	según proyecto
25		Reprocesos	según proyecto
26		Entrega	según proyecto

Figura 62: DAP Propuesto (Tiempo del Proyecto)

El recorrido del Modelo Propuesto, varía en la eliminación de los reprocesos durante la obra.

Figura 63: Recorrido del proceso logístico propuesto

Fuente: Elaboración Propia

Implementación de la Estandarización de los procesos – 5S

La implementación de la metodología de las 5S tiene como objetivo principal la mejora en los procesos en cuanto a calidad y productividad, seguridad industrial y ambiente de trabajo, obteniendo rápidos resultados y con un bajo costo de implementación.

El primer paso es definir el área de aplicación de esta herramienta, este debe ser el punto de partida puesto que la implementación de esta metodología considera a toda la organización.

FASES

FASE 1: Seiri – Clasificación

En esta etapa se clasifican los equipos y materiales que intervienen en el proceso de producción. Así como también la lista de productos encontrados que son o generan despilfarros en cada fase.

En el desarrollo de la implementación pueden presentarse nuevos elementos provenientes de distintas áreas o de trabajos auxiliares realizados. Una buena práctica es adicionar tarjetas de clasificación a los elementos que participan en los procesos. Por lo tanto, se asignará una tarjeta de color rojo que denote revisión a los objetos que no se identifiquen claramente como necesarios en el área.

TARJETA ROJA

FECHA: __/__/__

ÁREA:

DESCRIPCIÓN:

RECOMENDACIÓN:.....

.....

COMENTARIO:

.....

.....

Figura 64. Tarjeta de herramienta o material desconocido encontrado en obra

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación visual puede darse incluso para elementos que se reconocen como necesarios dentro del subproceso, cambiando solo el color de la tarjeta. Con el objetivo de retornar cualquier equipo o herramienta al área correspondiente en caso se haya realizado un trabajo con estos fuera del área.

FASE 2: Seiton - Organizar

En esta etapa, se organizan todos los elementos identificados como necesarios en los procesos y/o fases de construcción. Incluso se organizan los elementos que se encuentran sin razón alguna en el área. Esto significa que cada elemento, según la categoría asignada, tendrá una ubicación específica dentro del proyecto. A continuación, se presenta una alternativa de distribución.

Figura 65. Diagrama de bloques de organización de zonas en un proyecto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Clasificación de elementos y equipos

	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA
ZONA 1	Almacén en obra
ZONA 2	Baños
ZONA 3	Oficina provisional
ZONA 4	Edificación/proyecto
ZONA 5	Estación de seguridad
ZONA 6	Gabinete de información
ZONA 7	Depósito de estructuras de seguridad

Fuente: Elaboración propia

Las zonas se implementarán de acuerdo al tipo de construcción y fase de construcción.

FASE 3: Seiso – Limpieza

En esta etapa se asignan los equipos y zonas a limpiar, la frecuencia y las personas responsables de esta actividad. Para los equipos y máquinas especializadas también se realiza un procedimiento de limpieza.

FASE 4: Seiketsu – Estandarizar

En esta etapa se debe fomentar el cumplimiento con lo establecido en el área de logística, incluyendo los procedimientos de trabajo de limpieza del área y el mantenimiento de equipos y herramientas, favorables para el cumplimiento de este propósito.

El comité formado para la mejora continua debe asignar la responsabilidad de realizar auditorías en el proceso relacionadas al cumplimiento de las 5S. La estandarización consiste en mantener las rutinas como parte de los procesos operativos.

El comité de mejora continua puede crear un sistema de incentivos para el personal, por menor cantidad de registro de incidencia, y puntuaciones negativas para las áreas que no se ajusten a esta metodología.

FASE 5: Shitzuke – Disciplina

Esta etapa se enfoca en crear un hábito de trabajo utilizando siempre la metodología de las 5 S, los registros de control ayudan bastante a esta labor.

Se debe realizar capacitaciones al personal sobre temas relacionados a la mejora continua, también se deben programar reuniones semanales para discutir los avances y evaluar los resultados.

MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S

El manual de los procesos para la implementación de las 5S, debe realizarse de acuerdo a cada uno de sus pasos descritos arriba con la participación de los operarios y grupos en el proceso logístico de la empresa constructora.

PROCESO:

Propósito

El propósito de esta lista es proporcionar medidas confiables para la preparación y realización de las actividades de 5S en el área de trabajo (compras y obra).

Tabla 45: Proceso de Implementación de las 5S

Tarea	Guía 5S
1. Desarrollar el plan de implementación _____ <ul style="list-style-type: none">• Crear un sistema de documentación 5S• Determinar la ejecución• Proyecto de Mapa 5S• Determinar la foto de la logística "antes de 5S"• Establecer formas visibles para comunicar las actividades 5S• Coordinar y programar servicios deben presentar las organizaciones de apoyo• Hacer una lista de mecanismos internos• Proyecto de línea de tiempo• Comunicar su plan para la alta dirección	"Desarrollar el Plan de Implementación"
2. Fotografía del área de trabajo _____	"Tomar la fotografía del área"
3. Educar a los grupos de trabajo (información general de 5S) _____	Información general de 5S - Módulo de capacitación de Lean
4. Finalizar 5S Mapa _____	"Finalizar Mapa 5S "
5. Realizar la evaluación del área de trabajo _____	"Realizar Evaluación de la zona"
6. Realizar 5S: a) realizar la clasificación _____ b) Realizar la organización _____ c) Realizar Limpieza _____ d) Realizar actividades de normalización _____ e) Realizar Disciplina _____	"Realizar Técnica de Etiquetado " "Auditar la clasificación" "Preparación de la organización" • "Uso de Técnica de etiquetado " • "Uso Técnica de Esquema " • "Uso de la Técnica de Junta " "Realizar Limpieza" "Realizar actividades de normalización" "Realizar autodisciplina del equipo de trabajo" "Realizar individual autodisciplina"
7. Medir los resultados	"Medir los resultados"
8. Repetir desde Tarea # 6: "Realizar 5S" de acuerdo a cada plan de los grupos de trabajo (Compras y Obra)	

MEDICIÓN

La medición se realizará por medio del método de pesos como sigue:

Tabla 46: Sistema de Ponderación para el cálculo de la Implementación de las 5S

Puntuación		condición observada	Score (check box)				
			0	1	2	3	4
4	Muy Bueno (perfecto estado)						
3	Bueno (1-2) problemas						
2	OK (3-4) problemas						
1	Malo (5-6) problemas						
0	Muy mal (por encima de 7 problemas), o inexistente						

PRODUCCIÓN DE HOJA DE VERIFICACIÓN 5S

Para calcular la puntuación 5S

1. Suma cada columna
2. Añadir cada columna en conjunto para obtener total
3. Divide total 280
4. Multiplicar esta puntuación por 5
5. Este es ahora tus 5S puntuación

Date : _____ **Audited By :** _____ **Area Audited :** _____

Number	Item	Clasificar	Score				Ordenar	Score				Limpiar	Score				Normalizar	Score				Sostener	Score								
			0	1	2	3		4	0	1	2		3	4	0	1		2	3	4	0		1	2	3	4					
1	H & S	¿Hay extintores, salidas de emergencia clara, equipos de protección personal, el lavado de ojos y de primeros auxilios disponibles						Todos los extintores de incendios se cobran, estaciones de lavado de ojos etiquetados y equipo de primeros auxilios disponibles						Los lentes de seguridad limpios y en buen estado						plan del área identifica las estaciones de lavado de ojos, extintores, salidas de emergencia y						Se normas de PPE y de seguridad están cumpliendo todos los empleados en el área de					
2	Ambiental	Son materiales reciclables en contenedores no reciclables						Cada área ha especificado contenedores de reciclaje						Todas las superficies exteriores de los contenedores de reciclaje están limpias						Existen unas normas de eliminación y se muestran						Los empleados de la zona están utilizando los contenedores a nivel					
3	Instalaciones	Son elementos de las instalaciones en la zona de rotura, desperfecto						Se han identificado los elementos de la zona que se ha roto o dañado?						El área ha barrido plantas, maquinaria limpia y limpia en general						Se ha planteado solicitud de mantenimiento?						¿Tiene un área tiene un programa de mantenimiento planeado para todas las cuestiones instalaciones?					
4	Pisos y Pasarelas	Libre de obstrucciones						Planta marcados por estándar de la planta						Clean (sin suciedad, pero no los derrames, sin aceite)						marcado estándar del suelo creado y publicado en el área de						hoja de verificación diaria en su lugar con el signo de fuera y fechas, con elementos de acción de mejora					
5	técnico de guardia	¿El técnico de guardia rota y existen estándar						Rota se muestra y etiquetado						Es rota placa limpia / buen estado						existe estándar técnico de guardia para el área						rota técnico de servicio se lleva a cabo a la norma					
6	De herramientas, accesorios, Jigs	No se necesitan herramientas, accesorios y plantillas en estaciones de trabajo a menos que esté en						Punto de Uso Los productos que han designado y claramente organizada ubicación de almacenamiento						Sin utilizar herramientas (equipo de medición, llaves de torsión, medidores de presión) en la zona fuera de						plan de Área identifica la ubicación de los útiles, accesorios y plantillas						¿Son todas las normas de herramientas adheridas en todo momento?					
7	Alambres, cables y mangueras	No hay cableado productos no utilizados, y las mangueras presentes o finales						Están todo el cableado, cables y mangueras organizados e identificados?						¿Son todas las mangueras, cables y alambres limpio, en buenas condiciones y blanqueado (mangueras)						plan de Área identifica la ubicación de los cables, el cableado y mangueras						Son todos los alambres, los estándares de cableado y mangueras adheridas en todo momento?					
8	Bancos de trabajo y superficies	No hay datos de la ONU-necesario en bancos de trabajo o superficies de trabajo						Bancos de trabajo y superficies de trabajo se organizan						Bancos de trabajo y superficies de trabajo están limpios y en buen estado						¿Existe una norma en la zona que describe lo que los bancos de trabajo y las superficies deben exigir						¿Son todas las mesas de trabajo y las normas de las superficies adheridas en todo momento?					
9	tableros de seguimiento visual	Toda la información está actualizada y necesaria?						Departamento constante con estándar de la planta diseño de la placa seguimiento visual						Todas las publicaciones están ordenadas y ordenada en apariencia						existe norma área y se registró para definir el diseño y formato						¿Son todas las normas de la junta de seguimiento visual adheridos en todo momento?					
10	Etiqueta roja	¿Hay artículos que requieren etiquetas rojas dentro de la zona						Red Tag área se designa y etiquetado, todos los artículos etiquetados con fecha colocan en el área de						área de la etiqueta roja que estaba limpio						plan de área de zona identifica la etiqueta roja						área de la etiqueta roja se mantiene para corregir procedimiento					
11	Equipo móvil	No es necesario un-móvil actual equipo						Las ubicaciones de los equipos móviles están designados y etiquetados						Todos son libres de residuos y ninguno está dañado						plan de área de ubicación identifica a los equipos móviles						El equipo móvil se encuentra en la zona correcta cuando no esté en uso					
12	Almacenamiento	No hay áreas de almacenamiento de materiales se desbordan						Todas las áreas de almacenamiento de materiales están claramente designados y etiquetados						áreas de almacenamiento de materiales sólo contienen WIP y / o artículos pre-kitted						plan de Área identifica la ubicación de almacenamiento de los materiales						Los productos que se devuelven al área designada cuando no está en uso					
13	Normas de limpieza	Limpieza y normas o estación de limpieza existen						normas de limpieza y estación de limpieza están designados y etiquetados						equipo de limpieza se almacena en la posición correcta y en buen estado						Existen normas de limpieza diaria y han firmar y fecha						normas de limpieza diaria se cumplen					
14	Protectores de la máquina, Windows y enclavamientos	Todos los enclavamientos son operativos						Los protectores y escudos en el lugar donde se requiera						Todas las ventanas de la máquina se limpian con regularidad a la norma área						protectores de la máquina, enclavamientos han planeado estándar y programa de mantenimiento						protectores de la máquina, los enclavamientos se mantienen a nivel de mantenimiento planificado					
totales de secciones :			/ 56				/ 56				/ 56				/ 56				/ 56												
																			Gran total				/ 280								
																			5S SCORE												

Etapa de control

En esta etapa se definen los procedimientos del método de control del proceso de logística.

En la etapa de mejora se determinó la alternativa que aporta un mayor valor al producto final, rediseñando el modelo del proceso logístico. Este cambio de tecnología, aplicado a una política de reducción y eliminación de desperdicios debe controlarse con indicadores de producción que permitan medir el avance de la productividad en este nuevo proceso.

Tabla 47. Hoja de verificación 1

Hoja de verificación			
Supervisor: _____	Fecha: __/__/__	Etapas	
Operador a cargo: _____	Hora:		
Parámetros de medición			
Zonas incompletas			
	Óptimo		
	Promedio		
	Deficiente		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Hoja de verificación

Hoja de verificación		
Supervisor: _____	Fecha: __/__/__	Etapas
Operador a cargo: _____	Hora:	
Parámetros de medición		
Zonas incompletas		
Control de Calidad de materiales		
Devolución		
	Óptimo	
	Promedio	
	Deficiente	

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 47 y 48 se observan las Hojas de Verificaciones asociadas a los puntos de control de las Hojas de Procesos. Se evalúa al operador que realiza la labor en ese momento.

Análisis financiero

Se realiza la evaluación económica con el objetivo de sustentar económicamente la viabilidad del proyecto, para lo cual se efectúa un flujo de caja (Véase tabla 49), a realizar la implementación del cambio de procesos, y se calculan los montos por ahorro anual que el cambio de sistema trae consigo, así como también los gastos administrativos. El flujo de caja es resultado de los estados financieros (Véase Tabla 48 a continuación).

Tabla 49: Estados de Resultados de la empresa

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Facturación anual	S/. 1,325,048	S/. 8,478,254	S/. 2,257,847	S/. 13,698,176	S/. 3,750,125	S/. 11,593,596	S/. 11,710,376	S/. 13,098,910	S/. 14,487,443	S/. 15,875,977	S/. 17,264,511
Costo directo											
Materiales de construcción	S/. 323,842	S/. 2,072,085	S/. 551,818	S/. 3,347,834	S/. 916,531	S/. 2,833,475	S/. 2,862,016	S/. 3,201,374	S/. 3,540,731	S/. 3,880,089	S/. 4,219,446
Transporte	S/. 93,416	S/. 597,717	S/. 159,178	S/. 965,721	S/. 264,384	S/. 817,349	S/. 825,581	S/. 923,473	S/. 1,021,365	S/. 1,119,256	S/. 1,217,148
Equipos	S/. 155,693	S/. 996,195	S/. 265,297	S/. 1,609,536	S/. 440,640	S/. 1,362,248	S/. 1,375,969	S/. 1,539,122	S/. 1,702,275	S/. 1,865,427	S/. 2,028,580
Uniformes	S/. 12,455	S/. 79,696	S/. 21,224	S/. 128,763	S/. 35,251	S/. 108,980	S/. 110,078	S/. 123,130	S/. 136,182	S/. 149,234	S/. 162,286
Servicios Públicos	S/. 37,366	S/. 239,087	S/. 63,671	S/. 386,289	S/. 105,754	S/. 326,939	S/. 330,233	S/. 369,389	S/. 408,546	S/. 447,703	S/. 486,859
TOTAL COSTO DIRECTO	S/. 622,773	S/. 3,984,779	S/. 1,061,188	S/. 6,438,143	S/. 1,762,559	S/. 5,448,990	S/. 5,503,877	S/. 6,156,488	S/. 6,809,098	S/. 7,461,709	S/. 8,114,320
Utilidad bruta	S/. 702,275	S/. 4,493,475	S/. 1,196,659	S/. 7,260,033	S/. 1,987,566	S/. 6,144,606	S/. 6,206,499	S/. 6,942,422	S/. 7,678,345	S/. 8,414,268	S/. 9,150,191
Gastos administrativos											
Papelería y otros	S/. 1,405	S/. 8,987	S/. 2,393	S/. 14,520	S/. 3,975	S/. 12,289	S/. 12,413	S/. 13,885	S/. 15,357	S/. 16,829	S/. 18,300
Uniformes	S/. 2,107	S/. 13,480	S/. 3,590	S/. 21,780	S/. 5,963	S/. 18,434	S/. 18,619	S/. 20,827	S/. 23,035	S/. 25,243	S/. 27,451
Limpieza y otros	S/. 12,641	S/. 80,883	S/. 21,540	S/. 130,681	S/. 35,776	S/. 110,603	S/. 111,717	S/. 124,964	S/. 138,210	S/. 151,457	S/. 164,703
Vigilancia	S/. 6,320	S/. 40,441	S/. 10,770	S/. 65,340	S/. 17,888	S/. 55,301	S/. 55,858	S/. 62,482	S/. 69,105	S/. 75,728	S/. 82,352
Renta de Oficina	S/. 47,755	S/. 305,556	S/. 81,373	S/. 493,682	S/. 135,155	S/. 417,833	S/. 422,042	S/. 472,085	S/. 522,127	S/. 572,170	S/. 622,213
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 70,228	S/. 449,347	S/. 119,666	S/. 726,003	S/. 198,757	S/. 614,461	S/. 620,650	S/. 694,242	S/. 767,835	S/. 841,427	S/. 915,019
Planilla y carga de planilla	S/. 1,440,000	S/. 2,016,000	S/. 1,728,000	S/. 2,592,000	S/. 1,728,000	S/. 1,152,000	S/. 2,016,000	S/. 2,016,000	S/. 2,016,000	S/. 2,016,000	S/. 2,304,000
Utilidad Operativa	-S/. 807,952	S/. 2,028,127	-S/. 651,007	S/. 3,942,030	S/. 60,810	S/. 4,378,145	S/. 3,569,849	S/. 4,232,180	S/. 4,894,511	S/. 5,556,841	S/. 5,931,172
Depreciación											
Utilidad antes de impuestos	-S/. 807,952	S/. 2,028,127	-S/. 651,007	S/. 3,942,030	S/. 60,810	S/. 4,378,145	S/. 3,569,849	S/. 4,232,180	S/. 4,894,511	S/. 5,556,841	S/. 5,931,172
Impuestos 30%	S/. 0	-S/. 608,438	S/. 0	-S/. 1,182,609	-S/. 18,243	-S/. 1,313,444	-S/. 1,070,955	-S/. 1,269,654	-S/. 1,468,353	-S/. 1,667,052	-S/. 1,779,352
Depreciación											
Total impuestos	S/. 0	-S/. 608,438	S/. 0	-S/. 1,182,609	-S/. 18,243	-S/. 1,313,444	-S/. 1,070,955	-S/. 1,269,654	-S/. 1,468,353	-S/. 1,667,052	-S/. 1,779,352
Utilidad Neta	-S/. 807,952	S/. 1,419,689	-S/. 651,007	S/. 2,759,421	S/. 42,567	S/. 3,064,702	S/. 2,498,895	S/. 2,962,526	S/. 3,426,157	S/. 3,889,789	S/. 4,151,820

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se muestra los estados financieros de la empresa observándose la utilidad neta actual y proyectada a 2020. Estos datos se tomarán para la elaboración del flujo de caja y así determinar el Valor actual neto y la tasa interna de retorno.

La inversión de la implementación es propia, de la misma empresa por lo tanto no se considera amortizaciones por deuda para el Flujo de Caja, ni depreciación ya que no se considera la compra de activos para dicha implementación. La inversión de la implementación es como sigue:

Tabla 50: Inversión de Implementación

Inversión de Implementación						
Implementación	Horas		Cantidad Hombres	Horas por día	Total	
	S/.				Días	Total S/.
DMAIC						
Identificación áreas	S/.	30	5	2	30	S/. 9,000
Capacitación	S/.	50	200	1	50	S/. 500,000
Sistema de Comunicación	S/.	30	5	1	365	S/. 54,750
Resistencia al cambio	S/.	30	5	2	365	S/. 109,500
Implementación Kaizen	S/.	30	5	2	365	S/. 109,500
Seguimiento y control	S/.	30	5	2	365	S/. 109,500
Kanban - Tipo Pull - ABC						
Identificación áreas	S/.	20	5	2	30	S/. 6,000
Capacitación	S/.	50	200	1	120	S/. 1,200,000
Sistema de Comunicación	S/.	20	5	1	365	S/. 36,500
Resistencia al cambio	S/.	20	5	2	240	S/. 48,000
Implementación	S/.	20	5	2	365	S/. 73,000
Seguimiento y control	S/.	20	5	2	365	S/. 73,000
5S						
Identificación áreas	S/.	15	5	2	120	S/. 18,000
Capacitación	S/.	45	200	1	50	S/. 450,000
Sistema de Comunicación	S/.	15	5	1	365	S/. 27,375
Resistencia al cambio	S/.	15	5	2	240	S/. 36,000
Implementación	S/.	15	5	2	365	S/. 54,750
Seguimiento y control	S/.	15	5	2	365	S/. 54,750
Otros gastos (documentos, murales fotos, entre otros)						S/. 30,375
				TOTAL		S/. 3,000,000

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 50 se muestra el flujo de caja para 5 años, se toma una tasa de descuento o costo de oportunidad de 20% (0.2) y se procede a hallar el VAN (valor actual neto) o VPN (valor presente neto). Se considera al proyecto viable ya que el VAN es mayor que cero. Y la tasa interna de retorno es de 93% mayor al costo de oportunidad del capital, por lo que la mejora es viable.

Tabla 51: Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA						
Supuestos						
Depreciación de capital anual	0%					
Depreciación de capital	3,000,000	0	0	0	0	0
Impuesto (T)	30%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	20%					
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ventas	11,710,376	13,098,910	14,487,443	15,875,977	17,264,511	
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)	-8,140,527	-8,866,730	-9,592,933	-10,319,136	-11,333,339	
(-) Depreciación	0	0	0	0	0	
(=) UAlI = EBIT	3,569,849	4,232,180	4,894,511	5,556,841	5,931,172	
(-) Impuestos	-1,070,955	-1,269,654	-1,468,353	-1,667,052	-1,779,352	
(+) Depreciación	0	0	0	0	0	
Flujo Económico de Operación (FEO)	2,498,895	2,962,526	3,426,157	3,889,789	4,151,820	
Gastos netos de capital	-3,000,000					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-3,000,000	2,498,895	2,962,526	3,426,157	3,889,789	4,151,820
VAN	6,666,838					
TIR	93%					

Fuente: Elaboración Propia

Validación de la propuesta

Para la validación de la propuesta se realizará un análisis de sensibilidad, mostrando los tres casos, pesimista, propuesto y optimista. Posteriormente, se procede con la validación de las muestras de las variables de entrada, tanto para el proceso actual como para el proceso propuesto; luego, se ingresan los datos de las muestras obtenidas en el software de simulación Arena. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos y evalúan la conveniencia de la implementación de la propuesta, con la validación económica por medio del add-in de Excel llamado @Risk.

Escenarios Pesimista y Optimista

Para el análisis de los escenarios pesimista y optimista se maneja a través de suposiciones que relativamente cambien el valor de ventas o facturación de la empresa para que el proyecto propuesto sea viable.

Escenario Pesimista

El escenario pesimista se debe asumir cuando el VAN es cero, por lo tanto, se utiliza la función de GOAL SEEK de Excel para determinarlo de la siguiente manera:

Figura 66: Análisis de escenarios EXCEL: Función Goal Seek

Fuente: Microsoft Excel.

Posteriormente se completan los datos, al suponer que la celda C42, lo cual es el VAN sea cero, para que el proyecto sea viable, al cambiar la celda $\$I\13 correspondiente a las ventas del año 2016 como se muestra a continuación.

Figura 67: Goal Seek, escenario pesimista VAN=0

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, tiene como resultado que los años siguientes, debe tener una facturación constante de S/. 10,803,625 monto dentro del rango de ventas que ya ha manejado la empresa, obteniendo una utilidad operativa anual de S/. 1,864,169.

VAN=0 y un TIR de 20% (retorno de inversión a través de los años al 2020, inversión de S/. 3,000,000.

Tabla 52: Escenario Pesimista

FLUJO DE CAJA - CASO PESIMISTA						
Supuestos						
Depreciación de capital anual	0%					
Depreciación de capital	3,000,000	0	0	0	0	0
Impuesto (T)	30%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	20%					
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ventas	10,803,625	10,803,625	10,803,625	10,803,625	10,803,625	
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)	-8,140,527	-8,866,730	-9,592,933	-10,319,136	-11,333,339	
(-) Depreciación	0	0	0	0	0	
(=) UAI = EBIT	2,663,099	1,936,896	1,210,693	484,489	-529,714	
(-) Impuestos	-798,930	-581,069	-363,208	-145,347	158,914	
(+) Depreciación	0	0	0	0	0	
Flujo Económico de Operación (FEO)	1,864,169	1,355,827	847,485	339,143	-370,800	
Gastos netos de capital	-3,000,000					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-3,000,000	1,864,169	1,355,827	339,143	-370,800	
VAN	0					
TIR	20%					

Fuente: Elaboración Propia

Escenario Optimista

Para el escenario optimista se debe asumir un TIR=50%, por lo tanto, también se utiliza la función de GOAL SEEK de Excel para determinarlo de la siguiente manera:

Al completar los siguientes datos suponiendo que la celda B21, lo cual es el TIR sea 100%, para que el proyecto sea viable, al cambiar la celda \$C\$10 correspondiente a las ventas del año 2016 como se muestra a continuación.

Figura 68: Goal Seek, escenario optimista TIR=100%

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, tiene como resultado que los años siguientes, debe tener una facturación constante de S/. 14,306,416, indica que debe duplicar sus proyectos, obteniendo una utilidad operativa anual de S/. 4,316,122.

VAN>0 y un TIR de 130% (retorno de inversión a través de los años al 2020, inversión de S/. 3,000,000.)

Tabla 53. Escenario Optimista

FLUJO DE CAJA - ESCENARIO OPTIMISTA						
Supuestos						
Depreciación de capital anual	0%					
Depreciación de capital	3,000,000	0	0	0	0	0
Impuesto (T)	30%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	20%					
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ventas	14,306,416	14,306,416	14,306,416	14,306,416	14,306,416	
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)	-8,140,527	-8,866,730	-9,592,933	-10,319,136	-11,333,339	
(-) Depreciación	0	0	0	0	0	
(=) UAII = EBIT	6,165,889	5,439,686	4,713,483	3,987,280	2,973,076	
(-) Impuestos	-1,849,767	-1,631,906	-1,414,045	-1,196,184	-891,923	
(+) Depreciación	0	0	0	0	0	
Flujo Económico de Operación (FEO)	4,316,122	3,807,780	3,299,438	2,791,096	2,081,154	
Gastos netos de capital	-3,000,000					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-3,000,000	4,316,122	3,807,780	3,299,438	2,791,096	2,081,154
VAN	7,332,841					
TIR	130%					

Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN

	Pesimista	Propuesto	Optimista
VAN	0	6,666,838	7,332,841
TIR	20%	93%	130%

Tabla 54: Comparación Entre Escenarios

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se observa que el VAN es mayor que cero y el TIR incrementa del escenario pesimista al optimista de 20% a 130% respectivamente. Se concluye que el proyecto es viable.

Simulación

Se realizará por medio del software ARENA.

Estimación de los tiempos de llegada de las órdenes de trabajo

Se ha realizado una estimación en función de las órdenes de trabajo de esta área para los siguientes años.

Tabla 55: Órdenes de trabajo - Actual

Proyectos u obras								
Viviendas unifamiliares			2010	2011	2012	2013	2014	2015
demolición y construcción			1	2	2	1	2	1
remodelación			2	2	3	3	2	1
			3	4	5	4	4	2
Edificios de 6 a 20 unidades			2010	2011	2012	2013	2014	2015
completo			0	1	0	1	0	1
remodelación (pintura y acabados)			2	2	1	4	2	1
			2	3	1	5	2	2

Fuente: Elaboración Propia

Figura 69: Simulación Proceso Actual

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de espera o inactividad son los siguientes, en días:

Tabla 58: Resultados de Simulación del Proceso Actual - Espera

09:18:56AM

Category Overview

June 3, 2016

Values Across All Replications

Proceso logístico construcción

Replications: 24

Time Units: Days

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Acabados.Queue	9.4656	6.88	0.00	58.0976	0.00	58.0976
Construccion estructuras.Queue	16.6549	10.10	0.00	77.5781	0.00	77.5781
Control de calidad 2.Queue	10.4051	7.47	0.00	67.8732	0.00	67.8732
Control de calidad.Queue	23.4352	13.36	0.00	159.46	0.00	159.46
Entrega de materiales e inspeccion.Queue	25.4432	8.68	0.00	83.4138	0.00	146.19
Movimiento de tierras.Queue	9.8340	7.34	0.00	79.9416	0.00	79.9416
Programacion de entrega.Queue	28.8136	6.57	1.2611	58.1197	0.00	165.83
Recepcion Evaluacion Aceptacion PPTos.Queue	24.6196	5.91	0.2471	53.8257	0.00	166.60
Reprocesos.Queue	28.3314	14.40	0.00	109.05	0.00	109.05
Solicitud aprobacion evaluacion aceptacion entrega materiales 2.Queue	11.3467	7.93	0.00	62.4123	0.00	62.4123
Solicitud aprobacion evaluacion aceptacion entrega materiales.Queue	25.5606	13.79	0.00	126.84	0.00	126.84
Solicitud de propuesta.Queue	32.1101	8.19	2.9867	78.8039	0.00	154.29

Fuente: Elaboración Propia

El total de minutos de espera, despilfarro de inactividad es de 246 días equivalente a 8.2 meses lo cual se puede comparar con los 7 meses de retraso obtenido de la recolección de datos. (Cuadros de color naranja).

Tabla 59: Entrega tardía de los proyectos

	2015												2016												Actual	En teoría
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
Viviendas unifamiliares																										
demolición y construcción				1																					8 meses	6 meses
remodelación							1																		5 meses	4 meses
	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0													6.5 meses	5 meses
Edificios de 6 a 20 unidades												2														
completo			1																						16 meses	13 meses
remodelación (pintura y acabados)											1														6 meses	5 meses
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0													11 meses	9 meses
												2														
Total de obras año 2015	4																								8.75 meses	7 meses
Total de facturación año 2015	S/. 11,593,596																									
	Periodo de demora																									
	Periodo programado																									

Fuente: Elaboración Propia

b) Simulación Proceso Propuesto

Para el Proceso Propuesto, se ha considerado los días que se han eliminado como desperdicio, de acuerdo al DAP del proceso mejorado, se ha plasmado en el diagrama de flujo para modelar el proceso de mejora, de acuerdo con los siguientes datos:

Tabla 60: Datos calculados para la simulación del proceso mejorado

Mejorado											
Procesos	Inicio	1	2	3	4	5	6	7	8		
Mínimo	30	7	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	21.8	
Más usado	247	59	1	1	1	1	1	2	1	179	
Máximo	867	208	2	5	5	5	3	6	3	630	

Fuente: Elaboración Propia

1		Aceptación de cliente por servicio	2 a 7 días	
2		Elaboración y solicitud de presupuestos a proveedores	2 días	
3		Recepción y evaluación de presupuestos todas las fases	15 días	
4		Orden de compra (fase: movimiento de tierras)	3 días	
5		Programación de entrega	3 días	
6		Entrega de materiales (fase: movimiento de tierras)	3 días	
6		Inspección		
7		Ejecución de obras	según proyecto	
8		Cierre fase		
10		Orden de compra (fase: Estructura)	3 días	
11		Programación de entrega	3 días	
12		Entrega de materiales (fase: estructura)	3 días	
12		Inspección		
12		Almacenaje		
13		Ejecución de obras	según proyecto	
14		Cierre fase		
16		Orden de compra (fase: acabados)	3 días	
17		Programación de entrega	3 días	
18		Entrega de materiales (fase: acabados)	3 días	
18		Inspección		
18		Almacenaje		
19		Ejecución de obras	según proyecto	
20		Cierre fase		
22		Inspección final	según proyecto	
23		Inspección cliente	según proyecto	
24		Gestión de reclamos	según proyecto	
25		Reprocesos	según proyecto	
26		Entrega	según proyecto	

Figura 70: DAP Propuesto (Tiempo de Proyecto)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 71: Simulación proceso de mejora

Fuente: Elaboración propia

A continuación, mostramos los resultados, de 24 réplicas de 365 cada réplica.

Tabla 61: Resultados del Proceso de Mejora

11:25:57AM

Category Overview

June 3, 2016

Values Across All Replications

Proceso logístico construcción

Replications: 24

Time Units: Days

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Construccion de fase.Queue	1.8983	0.99	0.00	10.4257	0.00	14.2162
Elaboracio envio requerimientos.Queue	65.0889	24.68	0.00	179.70	0.00	308.86
Emitir OC.Queue	3.5054	2.03	0.00	19.2884	0.00	91.5870
Envio a obra.Queue	2.3285	1.14	0.00	10.8897	0.00	14.0210
Evaluacion y seleccion proveedores.Queue	5.9203	4.44	0.00	36.6852	0.00	287.56
Inspeccion 2.Queue	6.3819	7.64	0.00	89.8156	0.00	266.65
Inspeccion.Queue	11.4301	13.70	0.00	156.50	0.00	313.00
Recepcion Evaluacion	3.3521	1.45	0.00	12.0757	0.00	20.9576
Aceptacion PPTos.Queue						

Fuente: Elaboración Propia

El total del periodo de espera es de 99.9 días. Por lo tanto, se concluye que la propuesta de mejora se valida ya que tiene un tiempo de espera de 100 días a comparación de los 246 días del proceso actual, habiéndose reducido 41% del actual.

Validación Financiera

Se ha utilizado el add-in @Risk, se toman los datos de los estados financieros hallados para el proceso de mejora, para la simulación de VAN y TIR:

Tabla 62: Proyecciones de los estados financieros de la propuesta de mejora

FLUJO DE CAJA						
Supuestos						
Depreciación de capital anual	0%					
Depreciación de capital	3,000,000	0	0	0	0	0
Impuesto (T)	30%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	20%					
	2016	2017	2018	2019	2020	
Ventas	11,710,376	13,098,910	14,487,443	15,875,977	17,264,511	
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)	-8,140,527	-8,866,730	-9,592,933	-10,319,136	-11,333,339	
(-) Depreciación	0	0	0	0	0	
(=) UAI = EBIT	3,569,849	4,232,180	4,894,511	5,556,841	5,931,172	
(-) Impuestos	-1,070,955	-1,269,654	-1,468,353	-1,667,052	-1,779,352	
(+) Depreciación	0	0	0	0	0	
Flujo Económico de Operación (FEO)	2,498,895	2,962,526	3,426,157	3,889,789	4,151,820	
Gastos netos de capital	-3,000,000					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-3,000,000	2,498,895	2,962,526	3,426,157	3,889,789	4,151,820
VAN	6,666,838					
TIR	93%					

Fuente: Elaboración Propia

Figura 72: Simulación Económica VAN de Propuesta de Mejora

Fuente: Elaboración Propia

Figura 73: Simulación Económica TIR de Propuesta de Mejora

Fuente: Elaboración Propia

Costos:

Figura 74: Simulación económica - Costos

Fuente: Elaboración Propia

KPIs – Proceso Propuesto de Mejora

Tabla 63: KPIs – Proceso Propuesto de Mejora

Productividad		Actual	En teoría	Propuesto		
Viviendas unifamiliares		0.308	0.400	1.000	Aumentó en	225%
Viviendas multifamiliares		0.182	0.222	0.545	Aumentó en	200%
Total		0.262	0.333	1.000	Aumentó en	281%

Indicadores	Unidad	Actual	En teoría	Propuesto		
Ciclo de construcción por obra	meses	8.75	7	5.5	↓	Se redujo en 37%
Horas de trabajo	horas hombre	640000	520000	480000	↓	Se redujo en 25%
Costos por despilfarros	soles	S/. 4,488,429	S/. 3,646,849	S/. 292,320	↓	Se redujo en 93%
Número de ocurrencias	número	333	271	22	↓	Se redujo en 93%
Índice de utilidad operativa	número	0.09	0.06	0.30	↑	Aumentó en 227%
VAN	soles	S/. -3,066,033	S/. 266,528	S/. 6,666,838	↑	Aumentó en 317%
TIR		16%		93%	↑	Aumentó en 484%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 75: Resultados de los Indicadores – Proceso Actual Vs. Propuesta de Mejora

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de Gantt

Figura 76: Diagrama de Gantt – Implementación Kanban – Pull

Fuente: Elaboración Propia

Resumen

Análisis de los resultados

Los resultados del análisis actual nos llevaron a elaborar la propuesta de mejora del proceso de logística de la empresa constructora, al utilizar las herramientas de ingeniería podemos llegar a la conclusión que se logran los objetivos de reducir costos, incrementar productividad, así como el análisis financiero certifica la factibilidad de la mejora.

Las simulaciones parten de los análisis realizados, al utilizar la simulación Arena, demuestra que es factible la implementación del proceso de mejora ya que reduce significativamente el tiempo de espera entre procesos:

Actual:

La valoración económica realizada con el add-in @Risk, toma en consideración el VAN y TIR hallados en los estados financieros hallados para la mejora:

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Facturación anual	S/. 1,325,048	S/. 8,478,254	S/. 2,257,847	S/. 13,698,176	S/. 1,750,125	S/. 11,593,596	S/. 11,710,376	S/. 13,098,910	S/. 14,487,443	S/. 15,875,977	S/. 17,264,511
Costo directo	S/. 622,773	S/. 3,984,779	S/. 1,061,188	S/. 6,438,143	S/. 1,762,559	S/. 5,448,990	S/. 5,503,877	S/. 6,156,488	S/. 6,809,098	S/. 7,461,709	S/. 8,114,320
Utilidad bruta	S/. 702,275	S/. 4,493,475	S/. 1,196,659	S/. 7,260,033	S/. 1,987,566	S/. 6,144,606	S/. 6,206,499	S/. 6,942,422	S/. 7,678,345	S/. 8,414,268	S/. 9,150,191
Gastos administrativos	S/. 70,228	S/. 449,347	S/. 119,666	S/. 726,003	S/. 198,757	S/. 614,461	S/. 620,650	S/. 694,342	S/. 767,835	S/. 841,427	S/. 915,019
Planilla y carga de planilla	S/. 1,440,000	S/. 2,016,000	S/. 1,728,000	S/. 2,592,000	S/. 1,728,000	S/. 1,152,000	S/. 2,016,000	S/. 2,016,000	S/. 2,016,000	S/. 2,016,000	S/. 2,304,000
Utilidad Operativa	-S/. 807,952	S/. 2,028,127	-S/. 651,007	S/. 3,942,030	S/. 60,810	S/. 4,378,145	S/. 3,569,849	S/. 4,232,180	S/. 4,894,511	S/. 5,556,841	S/. 5,931,172
Ratio descuento		0.2									
Inversión inicio		S/. 3,000,000									
VAN2		S/. 10,130,496									
TIR		40%									

Teniendo los siguientes resultados de las simulaciones:

VAN

TIR

Se ha utilizado la filosofía Lean y sus herramientas Kanban, 5S, Just-In-Time, Sistema Pull y Clasificación ABC para reducir desperdicios en los procesos y poder llegar a la propuesta de mejora.

```

graph TD
    Inicio([Inicio]) --> SolicitudPropiedad[Solicitud de propiedad]
    SolicitudPropiedad --> RecopilaBancos[Recopila Bancos Aceptados PFI]
    RecopilaBancos --> ProgramacionEntrega[Programación de entrega]
    ProgramacionEntrega --> EntregaMateriales[Entrega de materiales e inspección]
    EntregaMateriales --> ContinúaObrat1{Continúa obra tere 1}
    ContinúaObrat1 -- 1 --> MontajeBarras[Montaje de barras]
    ContinúaObrat1 -- 2 --> ContinúaObrat2{Continúa obra tere 2}
    MontajeBarras --> ContinúaObrat2
    ContinúaObrat2 -- 1 --> SolicitudAprobacionEntrega[Solicitud aprobación entrega materiales]
    ContinúaObrat2 -- 2 --> ContinúaObrat3{Continúa obra tere 3}
    SolicitudAprobacionEntrega --> ConstrucciónEstructura[Construcción estructura]
    ConstrucciónEstructura --> ContinúaObrat3
    ContinúaObrat3 -- 1 --> SolicitudAprobacionEntregaMateriales2[Solicitud aprobación entrega materiales 2]
    ContinúaObrat3 -- 2 --> ControlCalidad[Control de calidad]
    SolicitudAprobacionEntregaMateriales2 --> Acabados[Acabados]
    Acabados --> ControlCalidad
    ControlCalidad --> Reclamos{Reclamos}
    Reclamos -- 1 --> Reparaciones[Reparaciones]
    Reclamos -- 2 --> Entrega([Entrega])
    Reparaciones --> ControlCalidad2[Control de calidad 2]
    ControlCalidad2 --> Entrega
  
```

El diagrama de flujo describe el proceso de construcción de un edificio de 10 pisos. Comienza con el inicio, seguido de la solicitud de propiedad, la recopilación de bancos aceptados PFI, la programación de entrega y la entrega de materiales e inspección. El proceso continúa con tres iteraciones de construcción de tareas (1, 2 y 3). Cada iteración incluye la solicitud de aprobación de entrega de materiales, la construcción de la estructura y el control de calidad. Si se detectan reclamos, se realizan reparaciones y se repite el control de calidad. Finalmente, se entrega el edificio.

Análisis de los Recursos

Se ha analizado los recursos de las áreas de compras y obras, al reducir los reprocesos e identificación de desperdicios, cuyos procesos se han mejorado al implementar los recursos y herramientas de lean. Se ha estudiado desde el punto de vista de materiales, horas hombre, tiempo. Los cuales se muestran en los indicadores hallados y comprados entre el proceso actual y de mejora.

Productividad	Actual	En teoría	Propuesto	Resultado		
Vivendas unifamiliares	0.308	0.400	1.000	↑	Comparado al actual	69%
Viviendas multifamiliares	0.182	0.222	0.545	↑	Comparado al actual	67%
Total	0.262	0.333	1.000	↑	Comparado al actual	74%

Indicadores	Unidad	Actual	En teoría	Propuesto		
Ciclo de construcción por obra	meses	8.75	7	5.5	↓	Se redujo en 37%
Horas de trabajo	horas hombre	640000	520000	480000	↓	Se redujo en 25%
Costos por despilfarros	soles	S/. 4,488,429	S/. 3,646,849	S/. 292,320	↓	Se redujo en 93%
Número de ocurrencias	número	333	271	22	↓	Se redujo en 93%
Índice de utilidad operativa	número	0.09	0.06	0.30	↑	Aumentó en 227%
VAN	soles	S/. -3,066,033	S/. 266,528	S/. 6,666,838	↑	Aumentó en 317%
TIR		16%		93%	↑	Aumentó en 484%

Análisis de la Innovación

La innovación es la implementación de las herramientas de la filosofía Lean en una empresa pequeña o mediana de construcción, teniendo como ejemplo los casos de éxito reales de grandes empresas. Esta filosofía no se aplica este nivel de tamaño de empresas por la informalidad demostrándose que es factible la implementación de un proyecto de mejora de procesos en logística.

Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis: La mejora del proceso logístico entre las áreas de compras y obra de la empresa constructora al implementar la filosofía Lean, reduce y elimina paulatinamente desperdicios y reprocesos.

CONCLUSIONES

- Se revisó la bibliografía sobre la filosofía Lean comparándose con la gestión por procesos de PMI llamado Project Management Body of Knowledge o Pmbok y Supply Chain Management, determinándose que la filosofía Lean es la más acorde para su implementación siendo la más fácil de implementar, implica directamente al personal en el éxito de su ejecución e implementación.
- Se revisó la literatura sobre las herramientas de cada una de las metodologías y filosofías, profundizándose en la filosofía Lean.
- El caso de éxito que se tomó como modelo para esta investigación, utilizó las herramientas de Kanban dentro de la herramienta Just in time, el objetivo de este estudio fue demostrar que el sistema Kanban mejora un sistema de fabricación, así como el logro de JIT en la práctica.
- La empresa tiene un problema de tiempo de espera por las causas de compras sin planificación (informal), error en la verificación de materiales en cuanto a calidad y cantidad y daños, pérdidas y robos, determinándose las áreas de estudio de obras y área logística.
- El impacto económico es de S/. 4,488,429 anuales teniendo un efecto de demora en los procesos por tiempo de espera.
- Del análisis Ishikawa o del análisis Pareto se demuestra que la causa principal es la mala gestión del flujo de logística de la empresa entre las áreas de compras y obras.
- La variable más importante en el análisis económico es el tiempo de espera en la mano de obra, si se incrementa el proyecto no es rentable siendo en el actual de S/. 3,640,000 por la deficiencia en la gestión del flujo logístico.

- La metodología utilizada es la filosofía Lean utilizándose las herramientas de Justo a Tiempo como Kanban, para el orden de las áreas y estaciones de trabajo la herramienta 5S, y otros desperdicios de tiempo de espera en las diferentes etapas de la construcción, reduciéndose de 8.75 meses a 5.5 meses el ciclo de construcción, e incrementando la productividad de 0.09 a 0.30, se logra una mejora en el proceso por la teoría y caso de éxito.
- Las simulaciones de procesos en Arena determinaron la eficiencia del proceso de mejora contra el proceso actual de la empresa. Por lo tanto, se concluye que la propuesta de mejora se valida ya que tiene un tiempo de espera de 100 días a comparación de los 246 días del proceso actual, habiéndose reducido 41% del actual.
- Las simulaciones de procesos en Arena determinaron que el nuevo modelo, incrementa la productividad total de la empresa en un 281% de 2015 al 2016.
- La simulación financiera con 500 réplicas demostró que el VAN se mantiene en un rango de confiabilidad de 90% mayor a cero.
- La simulación financiera con el add-in @Risk, determinó que el TIR se mantiene en un rango positivo mayor al 20%, siendo el proyecto viable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la verificación bibliográfica de otros estudios de investigación con respecto a la filosofía lean y sus herramientas, según la posibilidad de hallazgos de nuevos problemas para implementar la mejora continua de los procesos, lográndose el incremento de productividad y disminución de días de espera en cada uno de los proyectos de construcción.
- Se recomienda la implementación de otras herramientas de la filosofía lean, una vez terminado el ciclo propuesto y su continuidad, para lograr el objetivo de una mejora continua en las áreas de logística y obras, aplicándose a todas las áreas de la empresa.
- Determinar y controlar nuevos problemas y causas que surjan para que la empresa logre una mejora continua a través del tiempo.
- Inculcar la nueva cultura Lean a los empleados es necesaria para que puedan crear un hábito y logren sus objetivos, incrementando la productividad y disminuyendo costos por desperdicios como tiempo de espera.
- Se requiere una capacitación continua a los empleados para que continúen con la nueva cultura, así como a los nuevos ingresos en los diferentes puestos de trabajo. Se requiere una capacitación continua a nivel de gerencia y dueños de la empresa.
- Se requiere la simulación y validación de una nueva propuesta para la continuidad de costos por reprocesos y en general despilfarros que se observen posteriormente a este estudio, en cuanto a los procesos.
- Para las simulaciones de los procesos se recomienda que con los nuevos datos controlados se ingresen a los nuevos procesos determinados para su simulación y se validen dichos nuevos procesos.
- Se requiere la continua simulación de la validación financiera para poder determinar la utilidad positiva del proyecto, siendo el VAN mayor a 0.

- Se requiere el seguimiento y control de las herramientas propuestas en este estudio para asegurar la continuidad del proyecto, y así implementarlo en otras áreas con éxito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEROS AREQUIPA (2015a). Página Web institucional. 5S. 2015. Perú. <http://www.acerosarequipa.com/sistema-integrado-gestion/gestion-de-calidad/programa-de-las-5s.html>

ACEROS AREQUIPA (2015b). Página Web institucional. TPM. 2015. Perú. <http://www.acerosarequipa.com/sistema-integrado-gestion/gestion-de-calidad/mantenimiento-productivo-total.html>

ACEVEDO Daza, P. C., ESQUIVEL López, J. F., & SÁNCHEZ, J. A. (2014). Grado de madurez en la gestión de proyectos de la empresa constructora Sánchez Foliaco Ingenieros SAS, de Bogotá DC. http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/2134/1/GM_GP_Empresa_constructora_S%C3%A1nchez_Foliaco_Ingenieros.pdf

ADNAN, A. N., JAFFAR, A. B., YUSOFF, N. B., & HALIM, N. H. B. A. (2013). Implementation of Just in Time Production through Kanban System. Universiti Teknologi Mara, Malaysia. <http://www.iiste.org/Journals/index.php/IEL/article/viewFile/6228/6357>.

AGRAHARI, R. S., DANGLE, P. A., & CHANDRATRE, K. V. (2015). Improvement of Process Cycle Efficiency by Implementing a Lean Practice: A Case Study. International Journal, 3(1), 142-148. <http://www.ijrame.com/vol3issue3/V3i305.pdf>

ALEXANDER, M (2015) Decision-Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and JMP® Scripting Language, University of Maryland Medical Center, Baltimore, MD http://www.jmp.com/about/events/summit2012/resources/Paper_Melvin_Alexander.pdf

ANVARI, A., ZULKIFLI, N., SOROOSHIAN, S., & BOYERHASSANI, O. (2014). An integrated design methodology based on the use of group AHP-DEA approach for measuring lean tools efficiency with undesirable output. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 70(9-12), 2169-2186. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00170-013-5369-z#/page-1>

ARÉVALO López, W. J., & NIETO Troncoso, J. A. (2014). Grado de madurez organizacional en la gestión de proyectos de la empresa constructora Inversiones Boyacá Ltda. http://repository.ucatolica.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/10983/2153/GMO_en-GP_Constructora-Inversiones-Boyac%C3%A1-Ltda.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ARTEAGA, G., y LUIS, J. (2013). Elaboración de un modelo para la planeación de la ejecución de contratos de construcción de obras públicas bajo la guía metodológica PMI (Project Management Institute).

AYYUB, B. M. (2014). Risk analysis in engineering and economics. CRC Press.
https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=BQENAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=economic+evaluation+engineering+economy&ots=mNO_qVLYti&sig=CFYB0TBuSJSDDlpDuKDWZUeuX-A#v=onepage&q&f=false

AZIZ, R. F., & HAFEZ, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. Alexandria Engineering Journal, 52(4), 679-695.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S111001681300046X>

BANAWI, A. A. (2013). Improving construction processes by integrating lean, green, and six-sigma (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh). 1- 14

BHOSALE, S., & DARUWALA, R. (2014). Multi-criteria Vertical Handoff Decision Algorithm Using Hierarchy Modeling and Additive Weighting in an Integrated WLAN/WiMAX/UMTS Environmen—A Case Study. KSII T Internet Info, 8(1), 35-57.
http://www.kpubs.org/article/articleDownload.kpubs?downType=pdf&articleANo=E1KOBZ_2014_v8n1_35

BHOSALE, S. D., SHILWANT, S. C., & PATIL, S. R. (2013). Quality improvement in manufacturing processes using SQC tools. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN, 2248-9622.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.419.6766&rep=rep1&type=pdf>

BOTERO, L. F. B., & VILLA, M. E. Á. (2012). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Revista universidad EAFIT, 39(130), 64-78.
<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/911>

CARRERAS, M. R., & GARCÍA, J. L. S. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos.
<https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=IR2xgsdmdUoC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Carreras+2010:+4+lean&ots=K6OiJfaau0&sig=08Ixc6fWh5DZQuZ8V4sOk6h9Y0M#v=onepage&q=Carreras%202010%3A%204%20lean&f=false>

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO (2014). Manual para la Optimización de la Logística Interna en Obras de Construcción. Chile. 2-56.

COUNCIL OF SUPPLY MANAGEMENT PROFESSIONALS (2016). Recuperado de www.cdt.cl/download/5161/ el 25 de enero de 2016."

Council of supply chain management professionals 2016, Glossary of terms, Recuperado de <https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions> el 26 de enero de 2016

DALTO, JEFF, Senior Customer Success Specialist, Convergence Training. "Applying Lean Manufacturing Principles to Job Training". 17 de junio de 2015

DAS, Biman; PANDEY, Pankajkumar y VENKATADRI, Uday (2014) Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. pp. 307-323. En: Int J Adv Manuf Technol

<http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.upc.edu.pe:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=4fd79789-f46b-4305-b175-5fdd4c84f879%40sessionmgr4003&vid=0&hid=4107>

DAVE, B. A. (2013). Developing a construction management system based on lean construction and building information modelling (Doctoral dissertation, University of Salford). http://usir.salford.ac.uk/30820/1/Thesis_7.pdf

DE CARVALHO, M. M., PATAH, L. A., y de Souza Bido, D. (2015). Project management and its effects on project success: Cross-country and cross-industry comparisons. International Journal of Project Management.

DONAYRE Cueto, P., y MALÁSQUEZ González, L. (2015). Aplicación de los estándares de la Guía del PMBOK en un proyecto de construcción de hospitales en Lima para una entidad del Estado.

DRUMMOND, M. F., SCULPHER, M. J., CLAXTON, K., STODDART, G. L., & TORRANCE, G. W. (2015). Methods for the economic evaluation of health care programmes. Oxford university press. https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=yzZSCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=economic+evaluation+definition&ots=_9SckD5qDI&sig=E8svSKhF8NBySN1ABUpbPVw436A

EASTHAM, J., TUCKER, D., SMITH, J., VARMA, S., y DAIM, T. U. (2014). Quality Culture Selection for New Product Development (NPD) Organizations Using Hierarchical Decision Modeling (HDM). In Technology Development (pp. 3-22). Springer International Publishing.

EL DABEE, F.; MARIAN, R. y AMER Y. (2013) An optimisation model for a simultaneous cost-risk reduction in just-in-time systems. pp. 139-149. En: Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering, Vol 9 No 2 <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.upc.edu.pe:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ab990dc4-d016-434d-8bb52a569f77c85%40sessionmgr4005&vid=0&hid=4107>

ELMOSELHY, S. A. (2013). Hybrid lean–agile manufacturing system technical facet, in automotive sector. Journal of Manufacturing Systems, 32(4), 598-619.

ESTAMPE, D., LAMOURI, S., PARIS, J. L., y BRAHIM-DJELLOUL, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. International Journal of Production Economics, 142(2), 247-258.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., & RUSSELL, R. R. (EDS.). (2012). Index numbers: essays in honour of Sten Malmquist. Springer Science & Business Media. https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=nTLpCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=Productivity+index+definition&ots=KUVmWPA7r7&sig=uN37MRmDRy_q4Ox1njpkTWnhOPA#v=onepage&q=%22Productivity%20index%22%20definition&f=false

FARJE, JULIO (2011). Aplicación de los lineamientos del PMBOK en la gestión de la ingeniería y construcción de un depósito de seguridad para residuos industriales,10

FONSECA, J. C., & TRIANA Andrade, A. H. (2013). Guía Metodológica para Gestión de Proyectos de construcción de Torres de la Red Celular Nacional para la Compañía Constructora Insyte Costa Rica SA. <http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3035/PFG-Gu%c3%ada%20Metodol%c3%b3gica%20para%20Gesti%c3%b3n%20de%20Proyectos%20de%20Insyte%20Costa%20Rica%20S.A..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FORMOSO C. T., SOIBELMAN, L. DE CESARE C.M y ISATTO E.L. (2012) Material waste in building industry: main causes and prevention. Journal of Construction Engineering and Management. Volume 128, Issue 4, pp.316-325.

FREIHEIT, T. y GOPINATH, S. (2012). A waste relationship model and center point tracking metric for lean manufacturing systems. pp. 136-154. En: IIE Transactions <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.upc.edu.pe:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ceea9707-2651-4cf2-a82a-90cb2bb3a87b%40sessionmgr110&vid=1&hid=101>

FRENCH, M. N., HILLEGASS, P. D., & TAN, M. (2007, April). Ivy Groundwater Assessment and Mapping. In Systems and Information Engineering Design Symposium, 2007. SIEDS 2007. IEEE (pp. 1-10). IEEE. http://www.sys.virginia.edu/sieds07/papers/SIEDS07_0023_FI.pdf

GARCÍA Martínez, R., DIEZ, E., GARCÍA, R., MARTINS, S., & BALDIZZONI, E. (2015, May). Modelos de proceso para ingeniería de explotación de información para pymes: abordaje ágil y abordaje robusto. In XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Salta, 2015).

GAO, S., & LOW, S. P. (2014). From Lean Production to Lean Construction. In Lean Construction Management (pp. 27-48). Springer Singapore. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-287-014-8_3

GERSHON, M., & RAJASHEKHARAI AH, J. (2013). How many steps to quality? From Deming cycle to DMAIC. International Journal of Productivity and Quality Management, 11(4), 475-489.

GORMAN, M. F., HOFF, J., & KINION, R. (2009). Tales from the front: Lean case studies indicate that you can have too much of a good thing. Interfaces, 39(6), 540-548.

GRAÑA Y MONTERO (2015) Gestión de Calidad y Estilo. Página corporativa.
http://www.granaymontero.com.pe/quienes_somos.aspx#estilo

HARRIS, F., & MCCAFFER, R. (2013). Modern construction management. John Wiley & Sons.

<https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=LY58xuo0RGwC&oi=fnd&pg=PT11&dq=JIT+in+construction+building+definition&ots=wqXZ8hTOK2&sig=ukMfMGuTuwXcRUdw1LwNBWHVmg8#v=onepage&q&f=false>

HASHEM, M. S. (2015). Lean Construction Principles Past and Present – A Business Model Consistency. Missouri State University. Springfield, Missouri
<http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT309002015.pdf>

HOSSEINI, M. R., CHILESHE, N., RAMEEZDEEN, R., & LEHMANN, S. (2014). Reverse logistics for the construction industry: Lessons from the manufacturing context. International Journal of Construction Engineering and Management, 3(3), 75-90.
<http://article.sapub.org/10.5923.j.ijcem.20140303.01.html>

HOSSEINI, M. R., RAMEEZDEEN, R., CHILESHE, N., & LEHMANN, S. (2015). Reverse logistics in the construction industry. Waste Management & Research, 33(6), 499-514.
<http://wmr.sagepub.com/content/33/6/499.full>

HOWELL, Greg y BALLARD, Glenn. (2011). "Shielding Production: An Essential Step in Production Control". Implementing lean construction: Understanding and action ASCE, J. Constr. Engrg. and Mgmt., 124 (1) 18-24.

HOWELL, J. (2014). Lean construction. Public Infrastructure Bulletin, 1(9), 5.

JJC CONTRATISTAS GENERALES. (2015) Entrevista al Ing. Juan Carlos Macciotta. "La Construcción Muestra Un Crecimiento Sostenido" Revista Constructivo. Perú.
<http://www.jjc.com.pe/adjunto/upload/contenido/pdf/revistab/revistaconstructivo.pdf>

KARAMAN, E., y KURT, M. (2015). Comparison of project management methodologies: prince 2 versus PMBOK for it projects.

KIM, Y. W., AZARI-N, R., YI, J. S., & BAE, J. (2013). Environmental impacts comparison between on-site vs. prefabricated Just-In-Time (prefab-JIT) rebar supply in construction projects. Journal of Civil Engineering and Management, 19(5), 647-655.
<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3846/13923730.2013.795186>

KOSKELA, L. J., BØLVIKEN, T., & ROOKE, J. A. (2013, July). Which are the wastes of construction? In Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction. (pp. 3-12).

http://usir.salford.ac.uk/30228/1/KOSKELA_BOLVIKEN_ROOKE_2013_Which_are_the_wastes_of_construction.pdf

KULKARNI, D., & DEORE, P. (2015). Cost reduction in Low-cost Emerging Economies for Sustainable Growth-Principles, Processes, Tools & Techniques (No. 2015-01-2865). SAE Technical Paper. <http://papers.sae.org/2015-01-2865/>

KUMAR, P., TEWARI, P. C., & GUPTA, A. (2014, July). Development of Just in Time (JIT) Implementation Models to Achieve Customer Delight. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 592, pp. 2608-2612). <http://www.scientific.net/AMM.592-594.2608>

LI, F., BAO, S., y LI, G., "Tool Management System Planning and Applications Based on Lean Manufacturing," SAE Technical Paper 2014-01-0775, 2014, doi:10.4271/2014-01-0775. <http://papers.sae.org/2014-01-0775/>

LIKER, J. K., & MORGAN, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *The Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5-20. <http://amp.aom.org/content/20/2/5.short>

LOOSEMORE, M. (2016). Social procurement in UK construction projects. *International Journal of Project Management*, 34(2), 133-144.

LOTICH, P. (2015). 7 Essential Tools for Quality Control. *The Thriving Small Businesses*. <http://thethrivingsmallbusiness.com/seven-management-tools-for-quality-control/>

LYANDRES, E., MARCHICA, M. T., MICHAELY, R., & MURA, R. (2013). Investment and operating strategies of public and private firms: Theory and evidence. *Johnson School Cornell University Research Paper Series*, (18). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.458.2680&rep=rep1&type=pdf>

MARTINEZ, MARÍA (2014). Implementación de la gestión de adquisiciones de acuerdo a la metodología del Project Management Institute en proyectos de construcción.

MARULANDA, M. V., y DELGADO, J. F. T. (2012). Análisis de teoría de juegos en cadenas de suministros de dos niveles, productor-comprador, bajo esquema vendor managed inventory (vmi). *Iteckne*, 9(1).

MICHLOWICZ, E. D. W. A. R. D. (2013). Logistics in production processes. *Journal of Machine Engineering*, 13(4), 5-17.

MICHALSKA, J. Y SZEWIECZEK, D. "The 5S methodology as a tool for improving the organization" *International OCSCO World Press*. Vol 24, Issue 2, Octubre, 2014, pp 211-214

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2016) Recuperado el 6 de enero de 2016, <http://www.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica.aspx>

NAHMIAS, S., & OLSEN, T. L. (2015). Production and operations analysis. Waveland Press.

NESENSOHN, C., BRYDE, D., OCHIENG, D. E. G., & FEARON, D. (2014). Maturity and maturity models in lean construction. Maturity and maturity models in lean construction', Australasian Journal of Construction Economics and Building, 14(1), 45-59.

OMACHONU, V y FISCHGRUND, J. (2014). Quality in Construction: Identifying the Gaps. International Journal of Construction Engineering and Management, 3(2), 65-73.

OMACHONU, V. (2014). Dealing with Complex Management Problems. Open Journal of Business and Management, 2(01), 2.

ONIX, "How Manufacturers Can Cut Waste and Improve Value in Product Development Processes", Septiembre, 2015 <http://www.onixnet.com/whitepaperdownload-1>

OSTWALD P. (2012) Construction Cost Analysis and Estimating. Pearson, New York.

OTHMAN, A. A., ABD RAHMAN, S., SUNDRAM, V. P. K., y BHATTI, M. A. (2015). Modelling marketing resources, procurement process coordination and firm performance in the Malaysian building construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management, 22(6), 644-668.

PMBOK (2014). Project Management Body of Knowledge Fourth Edition. PMI

PRADO, J. C. A., & FISCHER, A. L. (2013). Condiciones de la gestión del conocimiento, capacidad de innovación y resultados empresariales. Un modelo explicativo. Revista Pensamiento y Gestión, (35).

PRIETO HERRERA, W., y SANDOVAL MANYA, M. F. (2015). Dirección de un proyecto de construcción en el sector minero bajo el enfoque de la guía del PMBOK.

PRIYADARSHI, H., & SAMEERSINH, V. (2013). Construction waste: source identification, quantification and its management in housing projects. <http://dl.lib.mrt.ac.lk/bitstream/handle/123/8956/SBE-12-94.pdf?sequence=1>

RESINAS, M., DEL-RÍO-ORTEGA, A., CORTÉS, A. R., BLATTNER, D., TASHEVA, K., & CHIPEV, B. (2014). KPIshare: A Collaborative Space for BPM Practitioners for Full Definitions and Discussions on Process KPIs. In BPM (Demos) (p. 61). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.663.2125&rep=rep1&type=pdf>

REVERSE LOGISTICS ASSOCIATION. (2016). Glossary. Sitio web. New York
<http://www.reverselogisticstrends.com/reverse-logistics.php>

RICHTER, W. (2015, April). PMBOK vs. agile methods: How cultural change can become transparent. In Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW), 2015 IEEE Eighth International Conference on (pp. 1-2). IEEE.

RIOL, H., y THUILLIER, D. (2015). Project management for academic research projects: balancing structure and flexibility. *International Journal of Project Organization and Management*, 7(3), 251-269.

ROBERTS, G. B., & HERIOT, K. C. (2014). Forecasting Demand: Sensitivity Analysis of Financial Assumptions Using MS Excel. *Atlantic Marketing Journal*, 3(3), 5.
<http://digitalcommons.kennesaw.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1109&context=amj>

SANCHO LEDESMA, JUAN PABLO (2011). Plan para la dirección del proyecto construcción del Cen Cinai y consultorio de Santa Clara de Upala, San José, Costa Rica. 21

SARHAN, S., & FOX, A. (2013). Barriers to implementing lean construction in the UK construction industry. *The Built & Human Environment Review*, 6(1).

SAATY, THOMAS L. (2010). *Principia Mathematica Decernendi: Mathematical Principles of Decision Making*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications. ISBN 978-1-888603-10-1.

SAID, H., & EL-RAYES, K. (2014). Automated multi-objective construction logistics optimization system. *Automation in Construction*, 43, 110-122.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580514000697>

SHARMA, V., DIXIT, A., & QADRI, M. A. (2016). Modeling lean implementation for manufacturing sector. *Journal of Modelling in Management*, 11(2).
<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/JM2-05-2014-0040>

SHIOJI, E. (2015). Productivity, Demand and Inter-Sectoral Labor Allocation in Japan. *Japan Labor Review*, 12(2). http://www.jil.go.jp/english/JLR/documents/2015/JLR46_shioji.pdf

SILVA, D. A. L., DELAI, I., DE CASTRO, M. A. S., & OMETTO, A. R. (2013). Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, 47, 174-187.

STACKPOLE, C. S. (2013). *A User's Manual to the PMBOK Guide*. John Wiley & Sons.

STICKLEY, Adam (2013) *5S Workplace Organization Applied to Facility Management*. pp. 9-13. En: Spectrum

<http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.upc.edu.pe:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=cb49e7ae-9a5b-4f8d-bba6-d4837b1e7cd6%40sessionmgr4001&vid=0&hid=4107>

SULLIVAN, W.G., Parsaei, H. R., & Hanley, T. R. (Eds.). (2013). Economic and financial justification of advanced manufacturing technologies (Vol. 14). Elsevier.

TANG, Y., ZHUANG, Q., & WEN, P. (2014). Analysis of Value-Added Process for a Logistics System in Manufacturing Business: A Case Study of Yurun Food Company. In *Innovative Management in Information and Production* (pp. 157-162). Springer New York. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4857-0_16

TEIXEIRA, Bruno Alfonso. "Agile and Traditional Project Management: bridge between two worlds to manage IT Projects." (2013).

UMAR, R., ABIDIN, Z. Z., & IBRAHIM, Z. A. (2014). The Importance of Site Selection for Radio Astronomy. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 539, No. 1, p. 012009). IOP Publishing. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/539/1/012009/pdf>

VARGAS Marín, A. I. (2014). Plan de Gestión para la Ejecución de Proyectos de Vivienda de la empresa Servicios Técnicos para la Construcción Quepos SA.

VENDAN, S. P., & SAKTHIDHASAN, K. (2010). Reduction of wastages in motor manufacturing industry. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(5), 579-590. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.963&rep=rep1&type=pdf#page=56>

VINOD, M., DEVADASAN, S. R., SUNIL, D. T., & THILAK, V. M. M. (2015). Six Sigma through Poka-Yoke: a navigation through literature arena. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(1-4), 315-327. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7217-9#/page-1>

GLOSARIO

Lean Manufacturing: Manufactura esbelta, sin desperdicios o despilfarros

Project Management (Gestión de Proyectos): Es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto.

Proceso de Gestión de Adquisiciones: Crea la especificación, el descubrimiento, la selección y el marco de gestión para la compra de los proveedores. Este proceso de planificación de la gestión determina los parámetros para las compras sobre la base de la planificación de tiempo, costo, calidad, riesgos y recursos.

Desperdicios/Desechos de procesos: Son los excesos de cada proceso, al reducirlos es una manera efectiva de aumentar la rentabilidad. La eliminación de todos los desperdicios, permite reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo los costos.

SIGLARIO

SUNAT: Superintendencia de Aduanas y Administración Tributaria

PMI: Project Management Institute

VAN: Valor actual neto

TIR: Tasa interna de retorno

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de RUC de la empresa.....	213
Anexo 2: Cuestionario – FODA	214
Anexo 3: Implementation of Just in Time Production through Kanban System. Universiti Teknologi Mara, Malaysia	217
Anexo 4 Ivy Groundwater Assessment and Mapping	228
Anexo 5: Recolección de datos, en días – Proceso Actual y Propuesto	234

Anexo 1: Ficha de RUC de la empresa

CRITERIOS DE BÚSQUEDA:

☐ Número de RUC

Ingrese el código que se muestra en la imagen: **Z F J B**

☐ Tipo y Número de Documento de Identidad

☐ Documento Nacional de Identidad

☒ Nombre ó Razón Social

Número de RUC: 20372366169 - YIKANOMI CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Tipo Contribuyente: SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Nombre Comercial: YICONGESAC

Fecha de Inscripción: 04/07/1997

Estado del Contribuyente: ACTIVO

Condición del Contribuyente: HABIDO

Dirección del Domicilio Fiscal: AV. JAVIER PRADO ESTE NRO. 3479 INT. 2PIS(FRENTE AL EDIFICIO CAMPO FE)LIMA - LIMA - SAN BORJA

Sistema de Emisión de Comprobante: MANUAL

Sistema de Contabilidad: MANUAL/COMPUTARIZADO

Actividad(es) Económica(s): 45207 - CONSTRUCCION EDIFICIOS COMPLETOS.

Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816): FACTURA

Sistema de Emisión Electrónica: -

Emisor electrónico desde: -

Comprobantes Electrónicos: -

Afiliado al PLE desde: 01/01/2014

Padrones : NINGUNO

Anexo 2: Cuestionario – FODA

Cuestionario análisis FODA

Se diseñó de acuerdo a las sugerencias de Simón Croft en su artículo “Carrying Out A ‘SWOT’ Analysis: Questions to Help You Get Started” presentado.

Parte 1: Fortalezas y Debilidades

¿Tiene personal calificado en las diferentes áreas de un proyecto de construcción?

Tratamos de contratar personal altamente calificado para poder proveer a los clientes un buen servicio y así evitar volver a realizar procesos como acabados por insatisfacción del cliente.

¿Cree que el personal se encuentre de acuerdo o no a cambiar los procesos de logística para un debido crecimiento?

Creo que debemos capacitarlos primeros y decirles que el cambio es bueno, algunos piensan que por haber cambios hay despedidos, se desmotivan si se menciona un cambio sin haberles comunicado y explicado que el cambio es de beneficio para ellos para que se comprometan y este compromiso continúe durante los años. Promoviendo un nuevo pensamiento de cambios, motivándolos.

¿Satisfacen las necesidades de los usuarios y si los usuarios lo valoran?

Los clientes siempre se quejan de algo, pero la empresa se esfuerza que los reclamos sean mínimos. En cuanto a tiempos de entrega es difícil entregar a tiempo ya que dependemos de nuestros proveedores o terceros, quienes en la mayoría de las veces no cumplen retrasando las entregas, y algunas veces por desear entregar rápido, la calidad disminuye. También contamos que todos los equipos necesarios para las construcciones, aunque en algunos proyectos debemos subcontratar maquinaria.

¿La empresa trabaja con financiamiento y/o capital propio?

Tenemos un buen financiamiento, por ello no hay problema podemos ejecutar cualquier proyecto. Además, también en algunos proyectos utilizamos nuestros propios recursos, generalmente solicitamos un adelanto por parte del cliente para iniciar las obras, cubriendo casi el 50%, según las negociaciones con ellos.

¿Es su liderazgo fuerte y eficaz? ¿Tienen un "buen gobierno"?

Falta un liderazgo permanente, aunque se trata el sector de la construcción es difícil por la informalidad que existe en el mercado. En cuanto a los empleados, sí se han determinado sus

funciones y responsabilidades, aunque en algunos proyectos carece de inspecciones o control de ello.

¿La empresa se encuentra determinada en el cambio hacia un nuevo modelo logístico en beneficio de la productividad y planeamiento del futuro?

Sí, tenemos que tener una solución para poder progresar y cumplir con nuestra visión y misión de la empresa.

¿Qué cambios y tendencias están afectando a nuestra área de trabajo y / o de nuestros usuarios?

Sin duda, los procesos del área de logística nos están perjudicando y retrasa nuestro trabajo entregando obras fuera de los tiempos acordados.

Parte 2: Oportunidades y amenazas

¿Qué cambios puede haber en el sector de construcción a nivel nacional?

Se supone que después de la disminución de la demanda del año 2015, debemos ingresar a una mejor etapa de construcción, ya que la oferta en el sector inmobiliario es mucho mayor que la demanda, sin importar los distritos o locación. Existe el apoyo del gobierno con sus proyectos inmobiliarios como Mi Vivienda, sin embargo, para ingresar a las licitaciones debemos tener un mejor proceso de logística, ya que al adjudicarse un contrato se deben entregar montos como garantía además la reducción del pago si no se entrega en el periodo establecido.

¿Y la competencia?

Existe muchos que deciden realizar sus propias edificaciones, la informalidad es un gran problema en el mercado peruano, y como dije anteriormente la oferta inmobiliaria es mayor que la demanda en estos momentos. Además, la competencia entre las empresas constructoras legales es muy fuerte, disminuyendo las utilidades.

¿Sobre las licencias y apoyo del gobierno en cuanto a la documentación?

Existen muchos procesos burocráticos para obtener las licencias de construcción y habilitación de viviendas, cada vez es más difícil.

¿Qué nos puede comentar sobre los sindicatos de trabajadores de construcción?

Demasiadas mafias, cupos, y contratar personal de ellos, quienes en muchas de las oportunidades carecen de la experiencia que requiere nuestra empresa.

Anexo 3: Implementation of Just in Time Production through Kanban System. Universiti Teknologi Mara, Malaysia

Industrial Engineering Letters

ISSN 2224-6096 (Paper) ISSN 2225-0581 (online)

Vol.3, No.6, 2013

www.iiste.org

Implementation of Just in Time Production through Kanban System

Ahmad Naufal Bin Adnan (Corresponding author)

Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Mara, 40450 Shah Alam, Selangor, Malaysia.

Tel: 03-55435278 Email:ahmadnaufaladnan@yahoo.com

Ahmed Bin Jaffar

Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Mara, 40450 Shah Alam, Selangor, Malaysia.

Tel: 03-55435159 Email:ahmedjaffar@salam.uitm.edu.my

Noriah Binti Yusoff

Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Mara, 40450 Shah Alam, Selangor, Malaysia.

Tel: 03-55211821 Email:noriahyusoff@salam.uitm.edu.my

Nurul Hayati Binti Abdul Halim

Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Mara, 40450 Shah Alam, Selangor, Malaysia.

Tel: 03-55211821 Email:hayatihilim@salam.uitm.edu.my

The research is financed by Research Management Institute, Universiti Teknologi MARA.

Abstract

Uncertainties brought about by fluctuations in demand and customers' requirements have led many established companies to improve their manufacturing process by adopting the Kanban system. By doing so, they are able to manufacture and supply the right product, in the right quantity, at the right place and time. Implementation of the Kanban system resulted in reduction of inventory to minimum levels besides increasing flexibility of manufacturing. Successful implementation of the Kanban system furthermore reduces operational costs, consequently increases market competitiveness. The Kanban system is basically an inventory stock control system that triggers production signals for product based on actual customers' requirements and demand. The system is controlled by the Kanban card which dictates the optimum production parameters. It is used to authorize production of any product to replenish those already consumed by the customer or subsequent process. This study covers pre-requisite activities in establishing a Kanban system, starting from designing Kanban flow, gathering manufacturing data, calculating optimum Kanbans in the systems, establishing pull mechanism and rule and finally evaluating Kanban performance using lean parameter. This paper studied the implementation of the Kanban system at a local auto-component company in Malaysia. The scope of implementation was focused at BLM Cylinder Head Cover assembly process. This paper concludes that implementation of the Kanban system reduced lead time, minimized inventory on floor and optimized storage area. The objective of this study is to show that Kanban system improves a manufacturing system as well as achieving Just In Time practice.

Keywords: Just In Time, Kanban system, Manufacturing lead time reduction

1. Introduction

Traditional manufacturing strategy is driven by 'Push system' with aimed to have huge inventory of product for customer's needs. Planning schedule that used as production authorization mechanism has push material from one location to other location. However, this created big problem for people on the floor in dealing with huge WIP inventories, unsynchronized production processes and producing non-required products.

As a result, established companies like Toyota Motor Corporation moved to the next level of manufacturing strategy by adopting the Kanban system [1]. The adoption of Kanban system has improved their efficiency and flexibility of manufacturing according to customer needs. The Kanban system is a pull system approach that gives authorization to produce at a required rate and specific time in order to replenish part that already consumed by the customer [2, 7].

As one of the lean manufacturing principles, Kanban system emphasized minimum level of inventory by producing only what is needed. It ensures the supply of the right product, at the right time, in the right quantity and at the right place. Kanban system becomes practical; it synchronizes all manufacturing activities entire manufacturing with customer demand [5]. Every process on the floor is controlled by Kanban system which is designed to respond to actual demands.

Nowadays, many companies has faced customer pressure to produce products with high value, to deliver quality product at a competitive price. They have to focus to meet these needs as a requirement to remain and stay successful in today's market [5]. The process of producing product is more efficient and effective when Kanban system is implemented [2]. A comparative study was made between push and pull systems in order to justify the benefits of Kanban system. Push system that holds huge inventory tend to have higher cost of operating than pull

system. However it required additional investment to change current system to pull system [6]. Therefore, support and commitment from management is crucial to achieve the goal.

To achieve world class manufacturing level, many companies have moved toward becoming lean by adapting Just in time (JIT) practice in their manufacturing system. The Kanban pull system under JIT approach offer great benefits. The purpose of this system is to link manufacturing activities to market demand. Many research carried out has shown that maximum benefits can be gained in manufacturing areas such as reduction of inventory, reduction in lead time, improvement of value added time, increased productivity of process and also improving product quality [8].

In Malaysia, the implementation of lean manufacturing had started in mid 1980s through the introduction of the Look East Policy by the government [4]. Implementation then had focused on quality and efficiency improvements. Furthermore, this policy provided valuable knowledge to practitioners in identifying customer value and eliminating waste in order to deliver superior products at less cost.

Due to stiff competition in the automotive and manufacturing sectors, the awareness of lean manufacturing had increased among local players because one of the ways to stay competitive and become a champion in industry is by adopting lean methodologies and principles in all aspects of manufacturing processes.

This research paper discusses the implementation of the Kanban pull system to a high volume medium variety of manufacturing line at a local auto-component company in Malaysia. A cylinder head cover manufacturing process was selected for study. This research focuses on activities from assembly production line to warehouse. The objective of this paper is to demonstrate the various gains achieved when the Kanban system is used in manufacturing area. Hence paper presents a case study research which features the actual Kanban implementation at the Cylinder head cover assembly line until the finished good warehouse. Methods of kanban implementation are highlighted.

2. Literature review

The 'Just in time' (JIT) approach is based on a lean manufacturing system which was developed to optimize and improve manufacturing efficiency by reducing manufacturing lead time through waste elimination. It was derived from the Toyota Production System as a purpose to minimize inventory and improve throughput [9].

It has been described as an approach to produce the right part and quantity when it is needed either by end customer or next process [2, 4]. Takt time which derived from demand is used to regulate manufacturing pace on floor [10]. As a result, smoothed material flow and synchronized processing time has been established to increase efficiency and productivity of the manufacturing system. JIT implementation would expose all wastes at the entire area that are currently hidden when inventory is reduced.

Levitt and Abraham [11] conclude that implementation of JIT in semiconductor manufacturing has lead to reduction of manufacturing time and excellent regulating of manufacturing method with different bottleneck time. However, Stump and Badurdeen [9] had argued that JIT is applicable for industries with less customization module and high standardization. Only a few ideas are practical to apply in mass customization and low standardization area for example kaizen and visual housekeeping management (5S).

Pull system is used to manage inventory and control flow of material. It is driven from downstream needs which trigger upstream production. At the manufacturing area, the pull system would be able to reduce inventory level by replenishing parts that are consumed by the customer. The authorization of production begins when a part is pulled from the inventory area [1, 2]. Kanban means card in Japanese; this card contains all the required information for this system [2]. The Kanban system serve as a tool to regulate pattern of material flow that effectively links upstream operations to downstream operations.

Several research were made about the Kanban system. Sendir Kumar and Panneerselvam [4] in their literature review had described that a few methods was found out such as Kanban, Conwip and supply chain management in order to achieve JIT goals. Other than that, the Kanban pull system is widely implemented in repetitive manufacturing environments that focus to minimize work in progress inventory, increase throughput and improve production efficiency. Card attached to part is removed when demand from downstream occurs. Then this card would be returned to trigger production at upstream. Therefore, the Kanban system aid to reduce inventory by producing just in time to meet demand at each production stage [2, 4].

N. Singh and Kwok Hung Shek[2] studied how to develop the Kanban system at an assembly area using General Purpose Simulation System. In order to achieve lean goal, essentially kanban system is established on factory floor to align flow of material by removing all waste and sources of waste. Waste is anything that customer is not willing to pay for and it could be categorizes into 7; transportation, over inventory, excess of motion, waiting, over process, over production and defect [4, 5, 8].

There are two types of the Kanban systems, the single card Kanban system and two card Kanban system [4]. Single card Kanban system uses only 1 type of Kanban card to trigger upstream production when it needed. This card is called the Production Instruction Kanban (PIK). The two card Kanban systems uses two types of card

which are Production Withdrawal Kanban (PWK) and Production Instruction Kanban (PIK). PWK card is used to withdraw needed goods from preceding process and PIK card is used to give instruction to preceding process to produce what is needed for replenishment purpose.

A Kanban system implemented at a manufacturing area is equipped with relevant tools. These tools are used to smooth the system, visualize current operation and assist production associate to work according to takt time. Heijunka board, lot formation post, kanban post and kanban card are tools used in establishing kanban pull system.

3. Methodology

In this section, the method to develop kanban system is presented. Then evaluation of performance was carried out once the Kanban system was adopted in manufacturing area. The adoption of continuous flow system is essential prior to any kanban system implementation. In fact, Siemens Standard Drive's Congleton factory was initially implemented continuous flow system in order to reduce stability issue before kanban system was adopted [3]. Hence, the production line has adopted continuous flow system, which mean, wastes were eliminated and line was working according to takt time.

To achieve the objective of case study, the method was structured as follow;

- i. Designing kanban flow
- ii. Gathering relevant parameter of manufacturing and customer
- iii. Calculating number of kanbans to determine optimum level of inventory
- iv. Establishing pull mechanism and rule to assist production associate in daily operation
- v. Evaluating kanban using lean parameter

The first stage is designing kanban flow based on company operation. A few criteria had been considered during kanban flow. Then gathering of relevant parameter from production floor was carried out at site. Identifying appropriate parameters were crucial for this study to achieve the objective. The observation was conducted starting from delivery area and walked throughout the manufacturing flow. This to ensure that manufacturing data are accurate and reliable for this study.

Next is calculating optimum number of Kanbans in the system. The method of calculation was based on Toyota formula. However, the model has been customized to suit with subject company. For this case, subject company has made some decision to implement two card system at final assembly line and single card system at vibration welding. Two card system is using PIK and PWK card while single card system is using PIK card only.

First, batch factor or known as Part interval [15] was defined to determined optimum batch of production for each part. Second was determination of takt time that used to synchronize manufacturing process and actual demand.

The Kanban numbers were then determining using two equations which are Production Instruction Kanban (PIK) and Production Withdrawal Kanban (PWK). The model of calculation is as follows;

$$\text{Part interval} = \frac{\text{Numbers of part variant}}{\text{Possible numbers of change over}} \quad (1)$$

$$\text{Part takt time} = \frac{\text{Available time}}{\text{Part demand}} \quad (2)$$

$$PIK = ((W_K + T_L)/T_T + \alpha)/c + T_w \quad (3)$$

where, kanban variables area:

- W_K = withdrawal time,
 T_L = time to replenish part
 T_T = part takt time,
 T_w = time for waiting kanban,
 α = safety stock
 c = container capacity

$$T_L = \text{Setup time} + \text{Processing time} + \text{Waiting 1 container complete} \quad (4)$$

$$W_p = \left(\frac{\text{Part interval} \times \text{Part demand}}{c} \right) \times 2 \times \frac{\text{Part demand}}{\text{Total demand}} \quad (5)$$

$$T_w = \left(\frac{\text{Part interval} \times \text{Part demand}}{c} \right) - 1 + W_p \quad (6)$$

$$PWK = (D + K_w + \alpha)/c \quad (7)$$

where,

- D = customer demand,
 K_w = quantity of kanban waiting
 α = safety stock
 c = container capacity

Once number of kanban is defined, the fabrication of pull mechanism was initiated. It started with preparation of kanban card, in which, must contain the required information with regard to kanban system. Second was establishing leveling or Heijunka method to regulate variety of part and volume throughout production time [10, 12, 17]. This task consists of designing and fabricating Heijunka post and kanban post. The Kanban chute was then fabricated prior to establishment of The Kanban rule. The fabrication of pull mechanism and rule is crucial in order to ensure the Kanban circulation is smooth and uninterrupted as well as for visualization purposes [17]. Finally, evaluation of the Kanban system performance was carried out using lean metric. Three metrics used are manufacturing lead time, inventory level and space of inventory. The identification of metric was done jointly by engineer and researcher. Some authors have demonstrated their lean metric to verify and justify the effectiveness of pull system in manufacturing area [6, 16].

4. Present Scenario at the case study area

BLM Cylinder Head Cover assembly process is a production assembly line that produces Proton product. This assembly line consists of two stages of production. First stage is the vibration welding line that produces semi-completed parts for Proton and other customers' models. The second stage is the final assembly line that is used to produce Proton products. The major process flow is sketched in figure 1.

Figure 1. BLM Cylinder Head Cover assembly process flow.

Both production lines are currently running on push systems. Planning schedule is used to authorize production of specific quantity or batch quantity. The batch of completed parts is then pushed to next process until the last manufacturing area which is the warehouse. Change-over activity is required at both production lines to switch production of part. However, the planner currently plans the schedule to produce one type of part per day in order to reduce frequency of change over and minimise loss of production time.

Based on observations at production floor, flow of material through process was disturbed by accumulation of Work In-Progress (WIP) part or product on floor. This was due to the current planning schedule that is used to authorize production. It has forecast well in advance according to customer forecast order, which is against lean manufacturing principles. As a result, inventory was high, long lead time required to accomplish customer order and large space needed to accommodate finished goods at warehouse. Continuous flow system which was adopted at the production floor was not sufficient to enhance manufacturing performance in terms of lead time and inventory. This problem and discussion can be seen in previous journal and book [3, 15]. Therefore, this contributes to lower efficiency of manufacturing capability in meeting fluctuations in demand. For example, Alvarez *et al* [16] discussed the impact of material flow to operational excellence.

Due to this, the management had decided to adopt a pull system through implementation of kanban system in order to improve their manufacturing performance and also meet customer's need. With the support from UMW Toyota team, the activities were initiated in 2011.

5. Implementation of kanban system

The objective of this research is to demonstrate gains through the Kanban system. However, this paper also discusses how the Kanban system was established and implemented at the study site. Therefore, the researcher would like to present steps of activities prior to kanban system implementation.

5.1 Designing Kanban flow

The design of the Kanban flow was based on current situation at study site. Three criteria such as distance of process, method of operation and method to convey information from downstream to upstream were taken into consideration while designing the flow. The purpose was to determine Kanban waiting point in flow. Through discussion between engineer and researcher, important criteria were defined for establishing Kanban flow.

5.2 Gathering relevant parameter of manufacturing and customer

As a start, gathering of relevant manufacturing parameter was done at production area (refer table 1). Production volume collection was then collected by referring to forecast demand. For this case, 3 consecutive months of forecast demand was obtained (refer table 2 and table 3). The reason is to avoid frequent change of takt time at production line due to limitation of current process layout. However, takt time has been reviewed by quarterly in order to prevent over inventory and over production.

Table 1: Manufacturing Parameter.

Parameter	Final assembly line	Vibration welding line
Inventory (Finished goods or WIP)	1780 units	4840
Customer delivery	120 units	-
Working hours	10.25 hours	13.25 hours
Working days	19 days	19 days
Hourly production output	60 units	80 units
Change-over time/setup time	5 minutes	70 minutes
Part variants produce at final assembly line	3 variants of product	6 variants of semi-completed part
Processing time	171 seconds	180 seconds
Container capacity	5	5 (Proton part only)

Table 2: Forecast demand for finished goods.

Part no.	January	February	March
11001-PTN	4125	4080	2640
11003-PTN	5280	5040	4440
11004-PTN	1090	1405	2010

Table 3: Forecast demand for semi-completed part.

Part No.	Customer	January	February	March
PC180	Proton	4125	4080	2640
PC224	Proton	5280	5040	4440
PC225	Proton	1090	1405	2010
SA050	Perodua	6545	5745	5822
90001-SAP	Sapura	5200	2000	1000
12001-PTN (other product of Proton)	Proton	1000	1030	1050

Based on table 1, working hours for both production lines were different although hourly output for vibration welding line is higher than final assembly line. This is due to the production volume for both lines being different because the vibration welding line is used to cater for product not only for Proton models, but for other customers such as Perodua and Sapura. The production loss time due to setup time also has contributed to additional of working hours at vibration welding line.

The highest volume among 3 consecutive months (refer table 2 and 3) was selected to defined takt time. This is to ensure that manufacturing process is able to supply customer product during peak volume.

This plant currently supplies material or sends finished goods to warehouse every 15 minutes since continuous flow of product was adopted at the production floor. Thus, withdrawal time of each process occurs every 15 minutes. However, the time would be reduced when material handling system was improved.

5.2 Calculating number of kanbans to determine optimum level of inventory

To ensure that manufacturing pace is based on actual customer needs, it is essential to defined the number of Kanban and inventory level in the Kanban system. The Kanban number should tally with inventory in order to create smooth Kanban circulation and efficiently implementing Just-In-Time production.

Hence, the model of calculation that is based on the Toyota formula was used. Basically, the model is used to determined optimum number of Kanbans in the system. In the first step, batch factor or part interval was defined (refer to Eq. 1). Possible number of change-over was defined according to a few factors such as available time for change-over activity, current capability of machine to switch production and as well as company policy. The method to determine possible number of change-over has been described by Art Smalley in his book [15]. For this case, possible number of change-over for final assembly and vibration line were 13 and 4 times respectively. Therefore, part interval at final assembly line was defined as follows;

$$\text{Batch factor} = \frac{\text{Number of parts}}{\text{Possible number of change – over a day}} = \frac{3}{14}$$

$$\text{Batch factor} = 0.21$$

Table 4: Part Interval

Production line	Part interval
Final assembly line	0.21
Vibration welding line	2

Following on from table 4, the amount of batch or lot size for each part could now be determined. The value shows lot size factor, in which the smaller the value of part interval, the smaller the lot size has to be produced. Takt time was then determined for basic parameter in kanban system [16]. The takt time value is determined by Eq.2. The calculation of takt time for part 11001-PTN as follows;

$$\text{Part takt time} = \frac{\text{Available time}}{\text{Part demand}} = \frac{36900 \text{ seconds}}{217} = 170 \text{ seconds/unit}$$

Table 5: Takt time

Part number	Part Takt time
11001-PTN	170 seconds/unit
11003-PTN	132.8 seconds/unit
11004-PTN	348.8 seconds/unit
PC180	386.9 seconds/unit
PC224	302.3 seconds/unit
PC225	794.0 seconds/unit
SA050	243.9 seconds/unit
90001-SAP	305.9 seconds/unit
12001-PTN	1520 seconds/unit

Once part interval and takt time were defined, next step is calculation of PIK and PWK using Eq. 3 and 7. A few parameters, however, has to be defined using Eq. 4, 5 and 6 prior to PIK calculation. Hence, the appropriate number of PIKs was obtained. On the other hand, calculation of PWK was done by referring Kanban waiting point in Kanban flow. The determination of optimum kanban waiting has to be made in order to justify the necessity in the system.

The following shows calculation of PIK and PWK for 11001-PTN;

$$\begin{aligned}
 PIK &= ((W_K + T_L)/T_T + \alpha)/c + T_w \\
 T_L &= \text{Setup time} + \text{Processing time} + \text{Waiting time parts equal to container capacity} \\
 T_L &= 180 \text{ seconds} + 114 \text{ seconds} + 228 \text{ seconds} = 522 \text{ seconds} \\
 W_p &= \left(\frac{\text{Part interval} \times \text{Part demand}}{c} \right) \times 2 \times \frac{\text{Part demand}}{\text{Total demand}} \\
 W_p &= \left(\frac{0.21 \times 217}{5} \right) \times 2 \times \frac{217}{601} = 7 \\
 T_w &= \left(\frac{\text{Part interval} \times \text{Part demand}}{c} \right) - 1 + W_p \\
 T_w &= \left(\frac{0.21 \times 217}{5} \right) - 1 + 7 = 16 \\
 PIK &= ((1080 + 522)/170 + 30)/5 + 16 \\
 PIK &= 25 \\
 PWK &= (D + K_W + \alpha)/c \\
 PWK &= (152 + 53 + 217)/5 \\
 PWK &= 84
 \end{aligned}$$

Table 6: PIK and PWK number

Part No.	Production line	PIK number	PWK number
11001-PTN	Final assembly	25	84
11003-PTN	Final assembly	31	108
11004-PTN	Final assembly	13	41
PC180	Vibration welding	127	-
PC224	Vibration welding	171	-
PC225	Vibration welding	58	-
SA050	Vibration welding	18	-
90001-SAP	Vibration welding	42	-
12001-PTN	Vibration welding	2	-

Based on table 6, PIK number for semi-completed part is higher than finished goods. This is due to the lot size for each part at vibration welding is bigger than that at final assembly line. Consequently large inventory was built up to waiting cycle of part replenishment. The numbers of PIK and PWK were also different for finished goods. PWK number is higher than PIK because the company policy was to prepare 1 day worth of stock at inventory area in order to keep up supply of product although a breakdown has occurred. Therefore, they could maintain on time delivery within that day and have time to rectify the problem.

5.3 Establishing pull mechanism and rule

Before the Kanban pull system is realized on manufacturing floor, establishing their mechanism and rule is needed in order to assist smoothen out the Kanban activity. It has been reported that production lines assisted by pull mechanism were more effective [10]. On the other hand, a visual factory would create communication support system between actual process and employee. Therefore, everybody is aware of production condition at real time [17].

For the start Kanban card was designed and prepared. There are many guidelines on how to establish Kanban card [15, 16], and the design and information in card will vary since all organizations are different. The following is the guideline used to prepare Kanban card at this study site. This guideline was provided by UMW Toyota team.

- Customer information such as customer, customer product name and type of model,
- Product information such as part name, part picture and quantity per packing,
- Production process address and storage area.

All information at card must be clear and correct in order to help the user to send kanban at affected production line. Quantity of PIK and PWK card were based on PIK and PWK number respectively. Figure 2 shows an example of kanban card used in this case study.

UASB Production Instruction Kanban (PI)				
Customer	PROTON	Model	BLM, PERSONA, GX-IAFM	Production No.
Customer Part No.	PW 810716	UASB Part No.	11001-PTN	5
Part Name	BLM CYLINDER HEAD COVER		Photo	
Kanban Route	LINE STORE ↔ KANBAN ROUTE		Photo	
Production Line	BLU CHC	Line Store Address	BLU CHC FINAL ASSEMBLY	

UASB Part Withdrawal Kanban (PW)				
Customer	PROTON	Model	BLM, PERSONA, GX-IAFM	Production No.
Customer Part No.	PW 810716	UASB Part No.	11001-PTN	5
Part Name	BLM CYLINDER HEAD COVER		Photo	
Kanban Route	FG STORE ↔ LINE STORE		Photo	
FG Store Address	BLU CHC	Line Store Address	BLU CHC FINAL ASSEMBLY	

Figure 2: Example of PIK and PWK

Heijunka post was then established. The purpose of this tool is to prevent uneven demand from actual market by leveling the production volume throughout the time. To establish Heijunka post, the guideline as follows;

- Define Heijunka pitch interval by measuring withdrawn cycle time,
- Determine number of pitch intervals by taking available time of final assembly divided by withdrawal time,
- Determine frequency of Kanban delivery to Heijunka and Kanban loading according to future state design and current delivery operation,
- Determine sorting number for Kanban loading using UMW Toyota approach,
- Indicate withdrawal time according to pitch interval,
- Visualize customer information such as demand, customer name,
- Visualize production line information such as break time, part name, production line name,
- Allocate fluctuation area for balance of Kanban card

Therefore, pitch interval was 15 minutes and total number of pitches was 41. Therefore, total number of slot at heijunka post was 41. The followings table shows frequency of kanban delivery and Kanban loading time.

Table 7: Frequency of Kanban delivery and Kanban loading time

Trip	1	2	3	4
Time of delivery to customer	10.00 am	2.10 pm	9.00 pm	2.30 pm
Preparation time of delivery	8.00 am	12.00 pm	6.00 pm	9.00 pm
Kanban delivery	8.40 am	1.00 pm	8.40 am tomorrow morning	8.40 am tomorrow morning
Kanban loading	8.40 am	1.00 pm	-	-

Due to frequency of kanban delivery at twice per day, slot numbers has been divided into two groups to ensure demand is leveled and mix of production. As a result, slot number per kanban delivery was 21 slots. Figure 3 shows sketch of Heijunka post board.

Figure 3: Sketch of Heijunka post board.

Next was fabrication of Kanban post based on Kanban delivery (refer table 7). This tool was used as temporary collection post. PWK card which was generated by pulling of goods at inventory was then put into Kanban post before delivers to Heijunka post.

KANBAN POST					
Part No:	11001-PTN	11003-PTN	11004-PTN		
Trips:	3,4 & 1	2	3,4 & 1	2	3,4 & 1
Heijunka Setup time:	8.40 am	1.00 pm	8.40 am	1.00 pm	8.40 am
Sent to Heijunka board:	BLM CHC line	BLM CHC line	BLM CHC line	BLM CHC line	BLM CHC line
Kanban IN @ 7 pm & 12 pm:					
Kanban OUT @ 8.40 am & 1 pm:					

Figure 4: Sketch of kanban post.

Lot formation post is a tool to prioritize the part according to lot size. Thus, this tool was required at both production lines due to change-over activity. The guideline to establish lot formation tool can be;

- Visualize lot size number (in Kanban),
- Visualize production information such as part number,

LOT FORMATION POST BLM CHC FINAL ASSEMBLY LINE																		
Lot size:	9 kanban	10 kanban	2 kanban															
Part No:	11001-PTN	11003-PTN	11004-PTN															
Kanban IN:																		
Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

*Note: 1 kanban per column

Figure 5: Sketch of lot formation post at final assembly line.

Next tool was the Kanban chute. The tool is used to arrange part sequence in 'First In First Out' manner as well as to visualize current performance of production line. Color signs were used to indicate current status of production line performance. The following is description of color at Kanban chute and figure 6 shows example of Kanban chute used at study site.

- Green color shows that cycle time is equal or below than takt time,
- Yellow color shows that cycle time is above than takt time,
- Red color shows that cycle time is higher than takt time or production breakdown has been occurred. Immediate action need to carry out to avoid stock-out.

Figure 6: Kanban chute.

The final stage of the Kanban system development was setting up Kanban rule. Kanban rule is used to govern and manage the activity on floor. Hence, it would assist production personnel become aligned with the goal of the system. The following shows figure of the Kanban system and rule.

Figure 7: Kanban Rules

6. Result and Discussion

In this section, the result after kanban system implementation is discussed. The case study results have been evaluated using lean metric parameter. Three lean metrics has been identified which are manufacturing lead time, inventory level and space of inventory. A comparison between two conditions was carried out to validate if the manufacturing performance had improved or deteriorated. The two conditions are before and after implementation of the Kanban system. The outcomes of the results were appeared in figure 8.

Figure 8: % of reduction; a)Lead time, b)In-process inventory, c)Finished good inventory, d)Finished good area. Lead time (manufacturing lead time) has been reduced as seen in 8(a). The lead time is reduced from 10.7 days to 6.9 days. The reduction of lead time shows that it could response to customer need. Thus efficiency increases and production process became easier by producing based on Kanban signal [2]. There are also significant improvements recorded at inventory level, in which in-process and finished goods inventory were reduced by 52% and 55% respectively (see figure 8 (b) and (c)). For in-process inventory, total of WIP was 4840 pieces, however after the Kanban system was adopted the WIP decrease to 2321 pieces. Finished goods inventory was reduced from 1780 pieces to 794 pieces. This resulted from the adoption of PIK card and PWK card that were used as authorization of production. The production at both lines are initiated when kanban signal appear. The metric of finished good area also decreased after introduction of kanban system. As shown in figure 8(d), the area decreased from 504 square feet to 483 square feet. This resulted from replenishing those items that had been

consumed by customer, not forecast number. Therefore, quantity of finished goods to store also has been reduced as well as their area.

From the results and discussion at above, can be seen that implementation of kanban system at manufacturing area would improve lead time, inventory and space. The improvement of three areas had enhanced manufacturing capability in term of resource efficiency and low operation cost.

7. Conclusion

This paper presented a real industrial case study of kanban system implementation in manufacturing site. The research findings show that kanban system is essential in ensuring the success of Just In Time production and create smooth flow of part throughout manufacturing system. Systematic and full commitment in implementing kanban system is crucial in ensuring its effectiveness; ultimately meeting customer satisfaction. The implementation shows that lead time, in-process and finished goods inventory and also finished good area will certainly improve. Subsequently manufacturing pace will be controlled and synchronized with market demand. Therefore, it can be concluded that implementation of kanban system has improved manufacturing system and this should be part of the core task of JIT practitioner.

8. References

- A. Bonvik and S. Gershwin, "Beyond Kanban-Creating & analyzing lean shop," Manufacturing and Service Operations Management Conference,
N. Singh, K. Shek and D. Meloche, "The Development of a Kanban System: A Case Study," International Journal of Operations & Production Management, 10(7), pp 28-36.
A. Lee-Mortimer, "A continuing lean journey: an electronic manufacturer's adopting of kanban," Assembly Automation, 28(2), pp 103-112.
C.S Kumar and R. Panneerselvam, "Literature review of JIT-KANBAN system," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 32(3-4), pp 393-408.
A. Agus, M. Hajinoor, "Lean production supply chain management as driver towards enhancing product quality and business performance: Case study of manufacturing companies in Malaysia," International Journal of Quality & Reliability Management, 29(1), pp. 92-121.
N. Zheng, L. Xiaochun, "Comparative study on push and pull production system based on Anylogic," International Conference on Electronic Commerce and Business Intelligence (2009), pp 455-458
Y. Frein, M.Mascolo, Y. Dallery, "On the design of generalized kanban control systems," International Journal of Operations & Production Management, 15(9), pp.158-184.
B. Singh, S. K. Garg, S.K. Sharma and C. Grewal, "Lean implementation and its benefits to production industry," International Journal of Lean Six Sigma 1(2), pp 157-168.
B. Stump and F. Badurdeen, "Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study," Journal of Intelligent Manufacturing, 23(1), pp 109-124.
R.A Kasul and J. G. Motwani, "Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study," Industrial Management & Data Systems, 97(7), pp 274-279.
M. Levitt and J. Abraham, "Just-in-time methods for semiconductor manufacturing," IEEE/SEMI Conference on Advanced Semiconductor Manufacturing Workshop, pp 3-9.
J. Matzka, M. Di Mascolo and K. Furmans, "Buffer sizing of a Heijunka Kanban system," Journal of Intelligent Manufacturing, 23(1), pp 49-60.
Dynamic simulation of a kanban production inventory system.
M. Jothishankar, H. Wang, I. City, "Determination of Optimal Number of Kanbans Using Stochastic Petri Nets," Journal of Manufacturing System, 11 (6), pp 449-461.
A. Smalley, "Creating Level Pull A lean production-system improvement guide for production-control, operations, and engineering professionals," THE LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2004.
R. Alvarez, R. Calvo, M. Pena and R. Domingo, "Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 43(9-10), pp 949-958.
P. Ranky, "Eighteen "monozukuri-focused" assembly line design and visual factory management principles with DENSO industrial examples," Assembly Automation, 27(1), pp 12-16.

9. Acknowledgement

This acknowledgement was expressed to UiTM for funding this research under Research Excellence Fund (Research Intensive Faculty). The work is partly from the first author for his master research at UMW Advantech Sdn. Bhd. (UASB). Special thanks to research team from faculty of Mechanical Engineering UiTM Shah Alam and UASB staffs who involve and give their support to this research.

This academic article was published by The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE). The IISTE is a pioneer in the Open Access Publishing service based in the U.S. and Europe. The aim of the institute is Accelerating Global Knowledge Sharing.

More information about the publisher can be found in the IISTE's homepage:
<http://www.iiste.org>

CALL FOR PAPERS

The IISTE is currently hosting more than 30 peer-reviewed academic journals and collaborating with academic institutions around the world. There's no deadline for submission. **Prospective authors of IISTE journals can find the submission instruction on the following page:** <http://www.iiste.org/Journals/>

The IISTE editorial team promises to the review and publish all the qualified submissions in a **fast** manner. All the journals articles are available online to the readers all over the world without financial, legal, or technical barriers other than those inseparable from gaining access to the internet itself. Printed version of the journals is also available upon request of readers and authors.

IISTE Knowledge Sharing Partners

EBSCO, Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory, JournalTOCS, PKP Open Archives Harvester, Bielefeld Academic Search Engine, Elektronische Zeitschriftenbibliothek EZB, Open J-Gate, OCLC WorldCat, Universe Digital Library, NewJour, Google Scholar

Anexo 4: Ivy Groundwater Assessment and Mapping

Por Megan N. French, Patrick D. Hillegass, y Michael Tan, Member

Ivy Groundwater Assessment and Mapping

Megan N. French, Patrick D. Hillegass, and Michael Tan, *Member*

Abstract— The conversion of rural land from farming and forest cover to uses for housing and commercial development has significant adverse impacts on ecological, environmental, and natural resources. When housing is developed in rural areas without the extension of public infrastructure for water and sewage, these developments must draw on groundwater, mostly from private wells, for their drinking water supply, and use septic tanks with drain fields for their sewage. This type of land conversion is occurring at an accelerated pace in many parts of Virginia, particularly in the City of Charlottesville and surrounding Albemarle County. It is important to know the carrying capacity of the regional groundwater resource in order to ensure that there will be water and septic system absorbing capacity to support current and planned levels of development. Unfortunately County officials do not have information on the availability of regional groundwater resources. As a result, new development permits are granted without information about their long term impact on the availability and quality of the resource on which the majority of private homes depend for their water supply. This project extends the work of a previous Capstone to assess the availability and quality of groundwater from private wells in Albemarle County, and map the results for use by County planners in making decisions about the location and intensity of development across the county. The study draws upon a review of the literature on groundwater assessment, natural resource conservation, smart growth, and collaborative environmental problem solving, including a review of State programs, resources at the Environmental Protection Agency and the US Geological Survey, and a survey of four states in the Blue Ridge geological region. Finding little consistent guidance in the literature on either groundwater assessment methodology, data management, or use of results in decision making, the project developed its own methodology for groundwater assessment using the community of Ivy, in Western Albemarle County as a case study. Groundwater assessment was done using samples from private wells tested with a kit developed by a previous Capstone project. The results were consolidated with data on well construction, flow rate, and water quality, maintained by the Virginia Department of Health, the Department of Mines , Minerals and Energy; and the County Office of Groundwater Resources. The well water assessment results were mapped in ArcGis, and presented to members of a project advisory board for user testing in

decision-making about regional development based on groundwater capacity information. Detailed user testing is planned for members of the County Board of Supervisors, and other representatives of stakeholder groups with an interest in land use in Albemarle County and surrounding areas. The results of this work are expected to serve as a model for natural resource assessment and use in development planning for other communities nationwide confronting the issue of urban sprawl and its impact on rural areas.

I. INTRODUCTION

Urban sprawl is an issue faced by many states which causes stressing on local watersheds. The Ivy Groundwater Assessment project was developed to create a model to determine the quality and quantity of groundwater because no quick, low cost methods and little data on groundwater quality exist at the County level. Land development in the state of Virginia is at an all time high [1]. One local source has noted that, "If Virginia continues to develop land at the current rate, more land will be developed in the next 40 years than was developed in the last 400" [2]. Along with the increase in land development comes a decrease in natural resources and a potential negative environmental impact on groundwater. To insure that land development is consistent with local groundwater carrying capacity tests and surveys must be completed to determine current water quality, potential impact on this quality and soil assessments to determine previous pollution.

Not only does development affect the environment but it also affects local agricultural economies and can cause other environmental and resource problems in local areas [3]. All development decisions must be evaluated on their direct economic impact as well as the economic valuation of their impact on local natural resources. This assessment of groundwater quality and availability in Ivy prepares the preliminary data for later economic evaluation of the impacts of development on local natural resources. The results will ser as a model for other communities similarly faced with the tradeoffs of benefits, costs, and risks of local development.

Local, state, and federal groundwater policies were examined in order to identify any gaps that exist in the Charlottesville/Albemarle groundwater policy. A detailed literature review was conducted and officials from local government offices in VA, MD, NC, and WV were interviewed to assess the state of the art in groundwater assessment and policy in the Blue Ridge region. Additionally, groundwater policies and assessment plans from jurisdictions in Maryland, Indiana, and Washington

Manuscript received April 13, 2007. This work was supported in part by a grant from an anonymous donor in Albemarle County.

Megan N. French is a Fourth Year Systems and Information Engineering major at the University of Virginia, VA 22903 USA (phone: 434-917-9008, e-mail: mmf4f@virginia.edu).

Patrick D. Hillegass is a Fourth Year Systems and Information Engineering major and the University of Virginia, VA 22903 USA (e-mail).

Michael Tan is a Fourth Year Systems and Information Engineering major at the University of Virginia, VA 22903 USA (e-mail).

to county officials and the public in planning for development shed light on the important aspects to focus on prior to collecting information. With this goal in mind, observing the different groups' visual displays of information would be the most important feature for future emulation in the project. Displays from California's Department of Water Resources, the Department of Ecology in Washington State, and the Indiana Department of Natural Resources yielded one constant. This constant was time series displays of groundwater data. Though these programs are not necessarily regulatory in nature, the manner in which their data is displayed would be the most beneficial to a decision maker.

For the creation of the Albemarle Groundwater Assessment (AGWA) site, emulation occurred in multiple areas. Consistent throughout the other organizations' sites was resources, this ranged anywhere from local or state ordinances, how-to guides for obtaining permits or testing your water, to contact information. The AGWA project site emulated these findings through a compilation of numerous local and state resources for potential users of the site. A good groundwater resource page is one that keeps its users informed, so the key to providing this is an abundance of resources. For the sake of homeowners and decision makers, who may not be as well versed technically as those performing the studies, summaries of all the reports and displays should be provided for their use. The AGWA page has begun this process by including minutes and reports from already completed work and meetings.

Best Assessment Practice: Policy Related Findings

As seen in Virginia, the work done by many agencies outside of Virginia is not regulatory in nature. The work however is done for a client who may wish to change regulatory policy, change a permit, take regulatory action, or not do anything at all. From correspondence with an official of the Environmental Assessment Program in Washington's Department of Ecology and of the California Department of Water Resources, the work of their organizations is not regulatory which allows them to be as objective as possible in obtaining and presenting results to their clients. In California, and official described how the data collection leads to modeling studies which are then used to aid decision makers. In Washington, the studies are conducted by the Environmental Assessment Program (EAP); it is focused completely on technical services, as they do not make or enforce regulations. The work they do is to assist other programs, who are their "client;" they hire the EAP to conduct technical studies to answer questions or resolve issues pertaining to problems or concerns they encounter in the course of conducting their regulatory work.

From discussion with groundwater officials in other offices, it seems that groundwater policy itself is not an issue per se. As seen in Charlottesville, with local officials struggling to enforce the policy, what seems to be the problem is not a weak policy or lack thereof, but

rather a poor framework in which that specific policy operates. Initial beliefs were the lack of policy or gaps in policy were the reason behind the problem, but discussion with local and other state groundwater officials have revealed that a stronger groundwater assessment program and data management system would.

VII. CONCLUSION

With the importance of groundwater to rural areas such as Albemarle, a study such as this one will be important to ensure that policy makers are well informed so that they can make sustainable development decisions. With the expected increase in water usage rates over the next ten years, groundwater sources will be under a higher stress. The increasing prices of water for both public and private supply will increase the cost to consumers. The review of policy gaps has shown that cities such as Charlottesville need accurate groundwater data to put in place strong programs of conserving groundwater in order to provide a safe water supply for generations to come. Our group was able to determine these rates and values, as well as reviewing public policy in Albemarle County.

Since this is an ongoing project, it will be important for future groups to continue the testing and mapping of private wells in Albemarle County. A more in depth study of both consumption rates and economic values will be necessary in the future to see how current changes are affecting the market.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the following people for their guidance, advice and knowledge provided throughout the research process:

Jeff McDaniel
Karen Hostettler
Andy Wells (Southside Planning District Commission)
Thomas Jefferson Planning District Commission
David Swales
Randy Jones (B & B Consultants)
Charles Pitz
Eric Senter

REFERENCES

- [1] Southern Environmental Law Center
- [2] The Virginia Conservation Network
- [3] Heimlich, RE, and WD Anderson. *Development at the Urban Fringe and Beyond: Impacts on Agriculture and Rural Land*. US Dept. of Agriculture, Economic Research Service, 2001.
- [4] KA, and K. Annan. *We the Peoples": The Role of the United Nations in the 21st Century*. United Nations Pubns, 2000.
- [5] Livingston, ML, and A Garrido. "Entering the policy debate: an economic evaluation of groundwater policy in flux." *Water Resources Research* 40, no. 12 (2004): W12S02.

- [6] GWPSC. Virginia Department of Environmental Quality, Ground Water Protection Steering Committee. 2004.
- [7] Goehring, DR, and FR Carr. "Septic System Problems on an Urban Fringe." *Journal of the Water Resources Planning and Management Division* 106, no. 1 (1980): 89-102.
- [8] McQuillan, D. "GROUND-WATER QUALITY IMPACTS FROM ON-SITE SEPTIC SYSTEMS." *Proceedings, National Onsite Wastewater Recycling Association, 13 th Annual Conference, Albuquerque, NM November (2004): 7-10.*
- [9] Louis, Garrick. *Interview about Project Goals.* 2006.
- [10] C.R. Moore Co. *Interview about Well Drilling Costs.* 2007.
- [11] Santos, Carlos. "VOLUNTEERS TO INSTALL WATER SYSTEM;" *Richmond Times Dispatch (Virginia)*, October 1, 2000.
- [12] Danielson, Leon E. Federal Policies and Programs to Protect Groundwater Quality. Internet on-line. Available from <http://www.p2pays.org/ref/01/00066.htm>. [October 11, 2006].
- [13] Virginia DEQ – Groundwater Protection Steering Committee. 2006. Internet on-line Available from <<http://www.deq.state.va.us/gwpsc/>>. [October 11, 2006]. (page 3)
- [14] Charlottesville Tomorrow Weblog: Village of Rivanna. 2006. Internet on-line. Available from <http://cvilletomorrow.typepad.com/charlottesville_tomorrow_village_of_rivanna/index.html>. [October 11, 2006].
- [15] Excel
- [16] Lynn, Jeremy. *Interview about County Costs and Estimates.* 2007.
- [17] Dominion Power. "Electric Reregulation in Virginia." <http://www.dom.com/about/companies/vapower/rereg.jsp> (accessed March 29, 2007).

APPENDIX

Tables

Year	Population	Public Water connections	Persons per household	Pop. on private water estimate	Gallons per day per person	Estimated Usage Rate Private Wells
1990	68,040	8,395	2.79	44,618	100	4461795
2000	79,236	12,957	2.44	47,621	100	4762092

Table 1: Calculations Provided by the Author for the Estimated Usage Rate for Private Wells

Table 2: Calculations Provided by the Author for the Estimated Usage Rate for Private Wells Based on Population Projections by the Census Bureau

Year	Pop Projections	Public Water connections	Persons per household	Population using private wells (estimate)	Gallons per day per person	Estimated Usage rate Private Wells
2001	85,750	13,410	2.44	53,030	100	5,302,960
2002	86,461	13,800	2.44	52,789	100	5,278,900
2003	87,654	14,304	2.44	52,752	100	5,275,224
2004	89,017	14,684	2.44	53,188	100	5,318,804
2005	90,717	15,187	2.44	53,661	100	5,366,072

Table 3: Calculations Provided by the Author for the Estimated Usage Rate for Private Wells Bases on Population Projections Created by Excel

Year	Population Projections	Public Water connections	Persons per household	Population using private wells (estimate)	Gal per day per person	Estimated Usage Rate Private Wells
2006	91,667	15,685	2.44	53,395	100	5,339,540
2007	92,916	16,123	2.44	53,575	100	5,357,529
2008	94,165	16,587	2.44	53,693	100	5,369,274
2009	95,414	17,051	2.44	53,810	100	5,381,019
2010	96,663	17,514	2.44	53,928	100	5,392,764
2011	97,912	17,978	2.44	54,045	100	5,404,509
2012	99,161	18,442	2.44	54,163	100	5,416,254
2013	100,410	18,906	2.44	54,280	100	5,427,999
2014	101,659	19,369	2.44	54,397	100	5,439,744
2015	102,908	19,833	2.44	54,515	100	5,451,489
2016	104,157	20,297	2.44	54,632	100	5,463,234
2017	105,406	20,761	2.44	54,750	100	5,474,979
2018	106,655	21,224	2.44	54,867	100	5,486,724
2019	107,904	21,688	2.44	54,985	100	5,498,469
2020	109,153	22,152	2.44	55,102	100	5,510,214
2021	110,402	22,616	2.44	55,220	100	5,521,959
2022	111,651	23,079	2.44	55,337	100	5,533,704
2023	112,900	23,543	2.44	55,454	100	5,545,449
2024	114,149	24,007	2.44	55,572	100	5,557,194
2025	115,398	24,471	2.44	55,689	100	5,568,939
2026	116,647	24,934	2.44	55,807	100	5,580,684
2027	117,896	25,398	2.44	55,924	100	5,592,429
2028	119,145	25,862	2.44	56,042	100	5,604,174
2029	120,394	26,326	2.44	56,159	100	5,615,919
2030	121,643	26,789	2.44	56,277	100	5,627,664

Table 4: Fixed Costs of Water Supply for South Ivy

	Public Water	Private Well, No Treatment
Fixed Cost per House	\$ 29,424.00	\$ 6,350.00

Table 5: Yearly Costs of Private vs. Public Water

	Public Water	Private Well, No Treatment
Consumption Cost per year		
2007	\$ 454.56	\$ 429.77
2008	\$ 493.04	\$ 444.37
2009	\$ 535.26	\$ 459.55

Table 6: Per thousand gallon cost of water, 2007

	Public Water	Private Well, No Treatment
2007 Cost of Water	\$ 454.56	\$ 429.77
Average Gallons per hh per day	250	250
Days in Year	365	365
Gallons per Year	91250	91250
Cost/1000 gal	\$ 4.98	\$ 4.71

Table 7: Value of groundwater per thousand gallons in 2008 and 2009

	Public Water	Private Well, No Treatment
2008 Cost of Water	\$ 493.04	\$ 444.37
Average Gallons per hh per day	250	250
Days in Year	365	365
Gallons per Year	91250	91250
Cost/1000 gal	\$ 5.40	\$ 4.87
2008 Cost of Water	\$ 535.26	\$ 459.55
Average Gallons per hh per day	250	250
Days in Year	365	365
Gallons per Year	91250	91250
Cost/1000 gal	\$ 5.87	\$ 5.04

B. Figures

Figure 4: 1990 - 2000 Change in Population created by the Author with mapping assistance provided by Southside Planning District Commission

Figure 5: Projected Population Maps for Albemarle County created by the Author with mapping assistance provided by Southside Planning District Commission

Figure 6: Projected Water Usage Rate Maps created by the Author with mapping assistance provided by Southside Planning District Commission

Anexo 5: Recolección de datos, en días – Proceso Actual y Propuesto

2010	2011	2012	2013	2014	2015		Actual			Días											
144	164	238	105	199	380		Procesos	Inicio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
139	162	166	530	223	311		Mínimo	30	7	0.2	1.3	0.2	0.5	3.1	1.0	6.9	1.0	5.2	0.5	2.2	0.5
209	720	196	338	116	205		Más usado	247	59	2	11	2	4	26	8	57	8	43	4	18	4
66	232	144	438	124	324		Máximo	867	208	7	37	7	15	90	29	200	29	150	15	65	15
64	86	46	44	412	158																
273	36	79	257	132	251																
282	136	109	481	104	867		Mejorado														
132	251	273	104	305	486		Procesos	Inicio	1	2	3	4	5	6	7	8					
115	84	120	138	208	282		Mínimo	30	7	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	21.8				
76	73	760	109	66	30		Más usado	247	59	1	1	1	1	1	2	1	179				
45	79	239	162	513	504		Máximo	867	208	2	5	5	5	3	6	3	630				
126	85	98	245	452	535																
265	87	282	523	146	531																
43	291	261	158	258	203																
54	213	67	56	517	437																
105	153	53	387	191	433																
120	256	275	294	425	36																
182	227	257	241	385	191																
242	269	41	785	331	142																
188	231	146	455	142	184																
274	155	728	87	858	426																
135	166	157	420	485	444																
259	229	136	464	366	104																
276	277	141	476	431	254																
124	70	143	191	455	102																

Análisis de distribución