

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROYECTO DE  
AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN PLANICIE A 500KV,  
LIMA 2022”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Autor:**

Henry Edson Muñico Crespo

Asesor:

Mg. Johnny David Arrustico Loyola  
<https://orcid.org/0000-0002-0105-580X>

Lima - Perú

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Descripción general de la empresa UNITELEC.....	9
<b>Tabla 2</b>	Beneficios de los principios Lean .....	19
<b>Tabla 3</b>	Impacto de causas sobre el problema central.....	30
<b>Tabla 4</b>	Matriz de 5W .....	32
<b>Tabla 5</b>	Estrategias de desarrollo para aplicación de la mejora .....	35
<b>Tabla 6</b>	Evolución previa de la metodología Lean Construction.....	37
<b>Tabla 7</b>	Evolución previa de la productividad .....	38
<b>Tabla 8</b>	Lluvia de ideas .....	41
<b>Tabla 9</b>	Planificación de la aplicación mediante el Diagrama de Gantt .....	44
<b>Tabla 10</b>	Evolución global de la metodología Lean Construction.....	65
<b>Tabla 11</b>	Evolución global de la productividad .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación del proyecto de la empresa UNITELEC .....	10
<b>Figura 2</b>	Organigrama de la empresa UNITELEC .....	10
<b>Figura 3</b>	Clientes corporativos de la empresa UNITELEC .....	12
<b>Figura 4</b>	Supervisión del montaje de la LT a 220kV. CACLIC .....	23
<b>Figura 5</b>	Tendido de conductores de línea de transmisión a 220kV. Caclic.....	24
<b>Figura 6</b>	Montaje de estructuras de la línea de transmisión a 220kV COYA.....	24
<b>Figura 7</b>	Reunión semanal del proyecto de la LT a 220kV MOPA.....	25
<b>Figura 8</b>	Ubicación geográfica de la subestación Planicie. ....	26
<b>Figura 9</b>	Supervisión del proyecto Ampliación de la subestación Planicie a 500kV .....	27
<b>Figura 10</b>	Diagrama de Ishikawa .....	28
<b>Figura 11</b>	Diagrama de Pareto de causas negativas para la productividad .....	31
<b>Figura 12</b>	Evolución previa de la metodología Lean Construction .....	37
<b>Figura 13</b>	Evolución previa del cumplimiento de costos.....	39
<b>Figura 14</b>	Evolución previa del cumplimiento de tiempo.....	40
<b>Figura 15</b>	Evolución previa de la productividad.....	40
<b>Figura 16</b>	VSM del proceso de construcción detallando la secuencia de actividades.....	43
<b>Figura 17</b>	Registro de capacitación.....	45
<b>Figura 18</b>	Programa de capacitación.....	46
<b>Figura 19</b>	Evidencia de capacitación .....	47
<b>Figura 20</b>	Elementos encontrados en la limpieza y orden .....	48
<b>Figura 21</b>	Formulario de control de limpieza central .....	49
<b>Figura 22</b>	Evidencia de orden y limpieza en la zona .....	50
<b>Figura 23</b>	Formato de gestión de controles visuales.....	51
<b>Figura 24</b>	Letreros de control visual para la obra .....	51
<b>Figura 25</b>	Letreros sobre cómo desarrollar trabajos .....	52
<b>Figura 26</b>	Evidencia de uso de controles visuales .....	53
<b>Figura 27</b>	Procedimiento escrito de trabajo .....	54
<b>Figura 28</b>	Formato de inspección de riesgos y peligros para obra.....	55
<b>Figura 29</b>	Formato de lista de acciones previas a la obra .....	56
<b>Figura 30</b>	Formato de control de EPP.....	57
<b>Figura 31</b>	Evidencia de uso de EPP .....	58

<b>Figura 32</b>	Formato de inspección planificada.....	59
<b>Figura 33</b>	Registro de auditorias.....	60
<b>Figura 34</b>	Formato de verificación de actividades críticas .....	61
<b>Figura 35</b>	Formato de permiso de trabajo en subestaciones .....	62
<b>Figura 36</b>	Cronograma de auditorias .....	63
<b>Figura 37</b>	Evidencia de supervisiones y controles en el trabajo .....	64
<b>Figura 38</b>	Evolución previa de la metodología Lean Construction .....	66
<b>Figura 39</b>	Evolución total de cumplimiento de costos.....	68
<b>Figura 40</b>	Evolución total de cumplimiento de tiempo.....	69
<b>Figura 41</b>	Evolución total de la productividad.....	70
<b>Figura 42</b>	Comparación del cumplimiento de costos.....	71
<b>Figura 43</b>	Comparación del cumplimiento de tiempo .....	71
<b>Figura 44</b>	Comparación de la productividad.....	72

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo como objetivo incrementar la productividad del proyecto de ampliación de la subestación Planicie a 500kV, a partir de la metodología Lean Construction. Para ello, se eligieron herramientas de Lean que conllevo involucrar al personal del área para la aplicación de métodos como 5S, Poka-Yoke y Andon. En el análisis realizado, en la parte de diagnóstico se determinaron los indicadores de costos y tiempo, evidenciando la baja productividad. Las causas de este problema fueron: la falta de una metodología de gestión de proyectos, no contar con indicadores de control, procesos no estandarizados, la falta de formatos de registro y control y el deficiente control y supervisión. El resultado principal fue el incremento de la productividad de 64.7% a 87.4% entre el periodo de setiembre del 2021 hasta agosto del 2022, asimismo, el cumplimiento de costos, pasó de 88.6% a 95.6% entre el periodo de setiembre del 2021 hasta agosto del 2022, mientras que, el cumplimiento de tiempo, se incrementó de 73.01% a 91.33% entre el periodo de setiembre del 2021 hasta agosto del 2022. Se concluye que, con la aplicación del Lean Construction se incrementó la productividad en el proyecto de ampliación de la subestación Planicie a 500 kV. Gracias también al cumplimiento de las fases de diagnóstico, aplicación, evaluación, así como a la participación y compromiso del equipo de colaboradores y gerencia a cargo.

*Palabras clave:* Lean Construction, productividad, costo, tiempo.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Ahmed, S., & Sobuz , H. (2020). Challenges of implementing lean construction in the construction industry in Bangladesh. *Smart and Sustainable Built Environment* 9 (2), 174-207. doi:<https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2019-0018>
- Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2018). *Guía práctica 5S para la mejora continua: La base del Lean*. Madrid, España: Alda Talent S.L.
- Anaya Tejero, J. (2016). *Organización de la producción industrial: Un enfoque de gestión operativa en fábrica*. Madrid, España: ESIC Editorial.
- Ankomah, E., Ayarkwa, J., & Agyekum, K. (2020). Status of lean construction implementation among small and medium building contractors (SMBCs) in Ghana. *Journal of Engineering, Design and Technology* 18 (6), 1691-1709. doi:<https://doi.org/10.1108/JEDT-12-2019-0345>
- Arias Barahona, A. (2021). *Desarrollo de metodologías para mejora de la productividad del Acueducto Municipal de Paraíso bajo principios de Lean Construction (Tesis de Licenciatura)*. San José, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12435>
- Arrogante Ramirez, A. (2018). *Organización de eventos empresariales*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Awad, T., Guardiola, J., & Fraíz, D. (2021). Sustainable Construction: Improving Productivity through Lean Construction. *Sustainability* 13 (24), 13877. doi:<https://doi.org/10.3390/su132413877>
- Bajjou, M., & Chafi, A. (2018). Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. *Journal of Engineering,*



*Design and Technology* 16 (4), 533-556. doi:<https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031>

Ballé, M., Jones, D., Chaize, J., & Fiume, O. (2018). *Estrategia lean: Utilizar lean para crear ventaja competitiva, generar innovación y facilitar el crecimiento sostenible*. Madrid, España: Profit Editorial.

Barnó Martínez, L., & Stepie, A. (2019). *Eficiencia y productividad en arquitectura*. Madrid, España: Libros de la Catarata.

Botero Botero, L. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction*. Medellín, Colombia: Editorial EAFIT.

Brioso, X. (2015). Teaching Lean Construction: Pontifical Catholic University of Peru Training Course in Lean Project & Construction Management. *Procedia Engineering* Vol 123, 85-93. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.062>

Buzón Quijada, J. (2019). *Lean Manufacturing*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L.

Calderon, C., & Brioso, X. (2018). Lean, BIM and Augmented Reality Applied in the Design and Construction Phase: A Literature Review. *International Journal of Innovation, Management and Technology* 9 (1), 60-63. doi:doi: 10.18178/ijimt.2018.9.1.788

Cano Moya, S. (2021). *Modelo sistémico de evolución de Lean Construction, SLC-Emodel*. Cali, Colombia: Programa Editorial de Universidad del Valle.

Cuatrecasas Arbós, L., & González Babón, J. (2017). *Gestión integral de la calidad: Implantación, control y certificación*. Barcelona, España: Profit Editorial.

De La Vega Rozas, H., Palomino Venero, J., Gutiérrez Hombre, H., & Salcedo Sota, E. (2018). *Mejora de la productividad implementando el sistema Lean construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas* Caso de estudio: I.E. Wiñayhuayna Mariano Santos (Tesis de Maestría). Lima, Perú:

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624257>

- Erazo Rondinel, A., & Huaman Orosco, C. (2021). Exploratory Study of the Main Lean Tools in Construction Projects in Peru. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 542–551. doi:doi.org/10.24928/2021/0213
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Huaman Orosco, C., & Erazo Rondinel, A. (2021). An Exploratory Study of the Main Barriers to Lean Construction Implementation in Peru. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, 474-483. doi:https://doi.org/10.24928/2021/0173
- Kari Benites, R. (2020). *Aplicación de Lean Construction para la optimización de la productividad en el mantenimiento rutinario del camino vecinal tramo: Villagloria-Abancay, 2020 (Tesis de Licenciatura)*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60414>
- Latorre, A., Sanz, C., & Sánchez, B. (2019). Aplicación de un modelo Lean-BIM para la mejora de la productividad en redacción de proyectos de edificación. *Informes De La Construcción 71 (556)*, e313. doi:https://doi.org/10.3989/ic.67222
- Li, L., Li, Z., Li, X., & Wu, G. (2019). A review of global lean construction during the past two decades: analysis and visualization. *Engineering, Construction and Architectural Management 26 (6)*, 1192-1216. doi:https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0133
- Mamani Zela, T. (2021). *Aplicación de herramientas Lean Construction para el mejoramiento de productividad en proyectos de saneamiento básico rural ejecutadas por la empresa SICMA S.A.C. en la región de Puno durante los periodos 2017 - 2019 (Tesis de*

- Licenciatura*). Juliaca, Perú: Universidad Peruana Unión. Obtenido de <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4326>
- Mano, A., Gouvea, S., & Pinheiro, E. (2021). Criticality assessment of the barriers to Lean Construction. *International Journal of Productivity and Performance*, 65-86. doi:<https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2018-0413>
- Marín, N., & Correa, L. (2020). Metodología Lean Construction en la mejora de la producción, caso de estudio: red de alcantarillado Av. Cieza De León – La Purísima. *Revista Científica Pakamuros* 8 (3), 13-24. doi:<https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i3.135>
- Martinez, E., Reid, C., & Tommelein, I. (2019). Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America. *Construction Innovation* 19 (4), 570-593. doi:<https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- Méndez Delgado, F. (2017). *Los procesos industriales y el medio ambiente: Un nuevo paradigma*. Bogotá, Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.
- Millones Mateus, M. (2020). Metodología de gestión basada en lean construction y pmbok; Para mejorar la productividad en proyectos de construcción. *Veritas Journal* 21 (2), 39-44. doi:<https://doi.org/10.35286/veritas.v21i2.276>
- Murcia Murcia, J., Díaz Piraquive, F., Medellín Duarte, V., Santana Vilorio, L., Oñate Bello, G., Rodríguez Murcia, S., . . . Rodríguez López, G. (2019). *Proyectos: Formulación y criterios de evaluación*. Bogotá, Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Jesús, P., & Romero, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

- Pan, W., & Pan, M. (2022). Rethinking lean synergistically in practice for construction industry improvements. *Engineering, Construction and Architectural Management Vol 2022*. ISSN: 0969-9988, 1-22. doi:<https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0346>
- Pérez Gómez, G., Del Toro Botello, H., & López Montelongo, A. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI 7 (14) ISSN-e 2387-0893*, 110-121. doi:<https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>
- Pillo Bombón, D. (2021). *Mejora de la productividad en la construcción de proyectos inmobiliarios en la ciudad de Quito mediante la aplicación de Lean Construction (Tesis de Maestría)*. Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25927>
- Príncipe Cotillo, G. (2018). *La investigación científica. Teoría y metodología*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Universidad Jaime Bausate y Meza.
- Rajadell Carreras, M. (. (2021). *Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos.
- Rojas López, M., Henao Grajales, M., & Valencia Corrales, M. (2017). Lean construction - LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías 16 (30)*, 115-128. doi:<https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a6>
- Ruiz Larrocha, E. (2017). *Nuevas tendencias en los sistemas de información*. Madrid, España: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Sarhan, J., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., & Olanipekun, A. (2018). Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry. *Construction Innovation 18 (2)*, 246-272. doi:<https://doi.org/10.1108/CI-04-2017-0033>

Socconini Perez, L. (2020). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona, España: Marge Books.

Socconini Pérez, L., & Barrantes Verdín, M. (2020). *El proceso de las 5'S en acción*. Barcelona, España: Marge Books.

Uribe Macías, M. (2017). *Gerencia del servicio: Alternativa para la competitividad*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Valderrama, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.