

# Análisis De Causas Y Posibles Soluciones Con LEAN CONSTRUCTION De Rubros De Abastecimiento De Agua Potable.

## Analysis Of Causes And Possible Solutions With LEAN CONSTRUCTION Of Drinking Water Supply Sectors

### Autores

**Paúl André Añazco Campoverde M.Sc<sup>1</sup>, Sara Ivonne Camacho Samaniego<sup>2</sup>, Ing. Gilbert Adrián Añazco Campoverde M.Sc<sup>3</sup>, Arq. Fresia Luisana Campuzano Vera M.Sc<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> M.Sc. Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala, [panazco@utmachala.edu.ec](mailto:panazco@utmachala.edu.ec)

<sup>2</sup> Ingeniera Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala, [scamacho1@utmachala.edu.ec](mailto:scamacho1@utmachala.edu.ec)

<sup>3</sup> M.Sc. Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala, [ganazco@utmachala.edu.ec](mailto:ganazco@utmachala.edu.ec)

<sup>4</sup> M.Sc. Arquitecta, Universidad Técnica de Machala, Machala, [fcampuzano@utmachala.edu.ec](mailto:fcampuzano@utmachala.edu.ec)

### RESUMEN.

La industria de la construcción desempeña un papel fundamental en la economía global, impulsando el crecimiento y el desarrollo en todo el mundo. Sin embargo, en los últimos tiempos, ha experimentado una disminución en su fuerza y vitalidad debido a la escasez de recursos. Es crucial abordar esta problemática mediante un enfoque centrado en la eficiencia de los proyectos. El estudio minucioso de la eficiencia puede generar valor añadido a los proyectos y conducir a beneficios económicos más significativos. En este contexto, la investigación se centra en el análisis de rendimientos en una obra específica de agua potable. El objetivo es identificar las actividades que están causando pérdidas y proponer soluciones efectivas para mejorar la eficiencia. Para lograr esto, se utilizan herramientas como la carta de balance, basada en los principios del Lean Construction. Este enfoque se ha demostrado como una metodología eficaz para eliminar desperdicios y optimizar procesos en proyectos de construcción. Se espera que los hallazgos de esta investigación no solo conduzcan a recomendaciones prácticas para la mejora de la obra en cuestión, sino que también promuevan el uso generalizado de herramientas de gestión eficiente en proyectos de construcción. Esto contribuirá a revitalizar y fortalecer la industria de la construcción, haciendo que las empresas sean más competitivas y sostenibles a largo plazo.

**Palabras clave:** Rendimiento, Productividad, Carta balance, Rubros, Agua Potable

### ABSTRACT.

The construction industry plays a critical role in the global economy, driving growth and development around the world. However, in recent times, it has experienced a decline in its strength and vitality due to the scarcity of resources. It is crucial to address this problem through an approach focused on project efficiency. The careful study of efficiency can generate added value to projects and lead to more significant economic benefits. In this context, the research focuses on the analysis of performance in a specific drinking water project. The objective is to identify the activities that are causing losses and propose effective solutions to improve efficiency. To achieve this, tools such as the balance sheet are used, based on the principles of Lean Construction. This approach has been proven to be an effective methodology for eliminating waste and optimizing processes in construction projects. It is expected that the findings of this research will not only lead to practical recommendations for the improvement of the work in question, but will also promote the widespread use of efficient management tools in construction projects. This will help revitalize and strengthen the construction industry, making companies more competitive and sustainable in the long term.

**Keywords:** Performance, Productivity, Balance sheet, Items, Drinking Water

Nota Editorial: Recibido: Marzo 2024 Aceptado: Mayo 2024

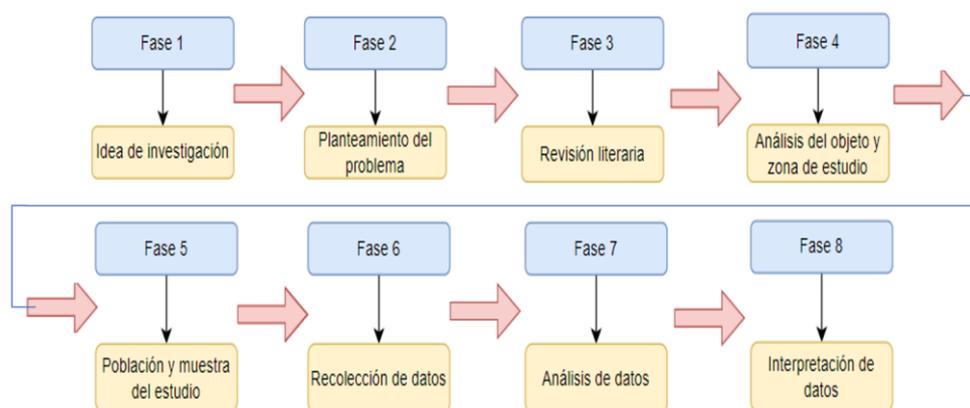
# 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los sectores más importantes para la economía de un país es la industria de la construcción la misma que se ve afectada por distintos factores como la economía de un país, por esto la importancia de gestionar bien los recursos ha llevado a la utilización de técnicas basadas en optimizar y reducir desperdicios, en general estos métodos se están aplicando a todos los proyectos de construcción para ser más competitivos, por esto en esta investigación se realiza el análisis de rendimiento aplicando los principios del Lean Construction.

Se han realizado varios estudios acerca de temas de productividad en proyectos de construcción entre los que aparece el Lean Construction, como una forma de analizar los problemas que se generan los proyectos constructivos basándose en aumentar el valor y eliminando las actividades que no generan valor, esta forma de pensar ya se aplica actualmente a muchos proyectos en todas las etapas del proyecto, sin embargo, aún no es tan conocida por parte de los profesionales de la construcción [1].

Para definir la modalidad básica de investigación se procede primero a investigar fuentes bibliográficas para determinar la metodología básica aplicada para desarrollar esta investigación, centrada en un enfoque cualitativo de investigación como se muestra en la figura 1 con datos de campo analizados mediante el método de observación del enfoque cualitativo de investigación [2].

En virtud de que el enfoque de investigación es cualitativo en donde se tomará datos de campo con las herramientas que provee el Lean Construction para realizar esta actividad principalmente con la carta balance.



**Figura 1:** Fases modelo para realizar la investigación [3].

Primero se define una idea de investigación desde donde se partirá para realizar las siguientes fases, en este caso la idea de investigación se basa en el análisis de los rendimientos de la mano de obra de algunos rubros en un proyecto de agua potable con la ayuda de los principios de la filosofía Lean Construction que se presentan en forma de herramientas para la gestión eficiente de proyectos de construcción.

Una vez definida la idea de investigación, se procede a formular preguntas científicas que permitan plasmar por escrito la problemática. Dependiendo de la idea de investigación, se plantean premisas de las que partir. En este caso, los posibles problemas que pueden presentarse respecto a los rendimientos de la mano de obra en los rubros de un proyecto de agua potable. En esta fase, se busca información bibliográfica en artículos científicos para sustentar la investigación. Aquí se presentan avances e investigaciones previas que ofrecen modelos desde donde se puede partir para realizar la investigación.

En la fase 4, se define claramente el objeto y la zona de estudio, para lo cual se debe visitar previamente la zona donde se realizan los trabajos y socializar con quienes participan en el proyecto. Esto busca proporcionar mayor comodidad y resultados satisfactorios durante la toma de datos en campo. Al referirse a la población y la muestra del estudio, se enfoca en los elementos que intervienen en el estudio, definiéndose una muestra arbitraria dentro del proyecto analizado, empleando los principios de la filosofía Lean Construction y sus herramientas para realizar las mediciones [4].

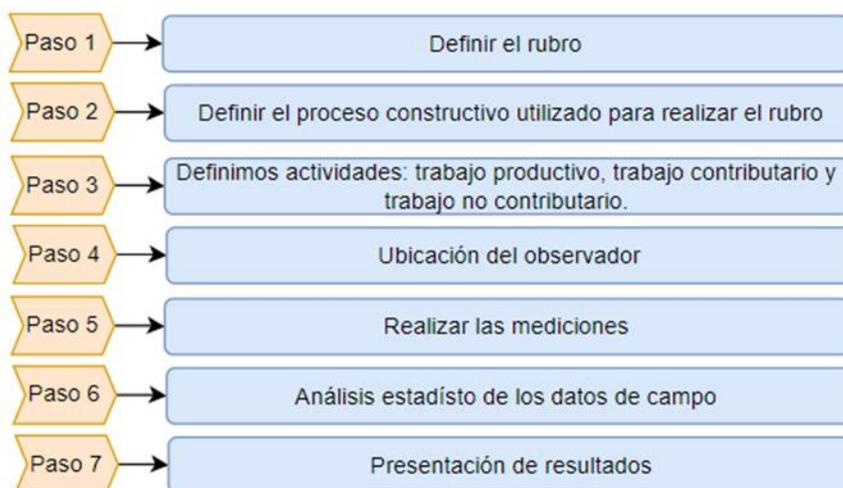
En la recolección de datos, se utilizarán las herramientas proporcionadas por Lean Construction, para lo cual se debe conocer previamente la zona y el objeto de estudio, además de la muestra seleccionada dentro del proyecto de construcción en análisis. Para el análisis de los datos recopilados, se empleará la herramienta Excel, que permite la realización de gráficos estandarizados donde se pueden observar los datos, facilitando la comprensión de lo que sucede en el proyecto respecto al rendimiento de la mano de obra y las actividades con mayor injerencia en el rubro analizado.

Esta fase es crucial, ya que se trata de interpretar los datos analizados para obtener conclusiones sobre la información recolectada, que puede coincidir o no con las suposiciones presentadas al comienzo de la investigación. Además, se pueden hacer recomendaciones que ayuden a mejorar las actividades del proyecto analizado y que se puedan aplicar en otros similares. Para este trabajo de titulación, el objeto de estudio está en la ciudad de Pasaje, provincia de El Oro, donde se construye el mejoramiento del sistema de agua potable para la ciudad de Pasaje.

En la zona de estudio donde se realizara esta investigación en la cual se analiza los rubros del proyecto nombre del proyecto, se analizara los rendimientos de la mano de obra de acuerdo a los principios de la filosofía Lean Construction en la cual se identifica al personal técnico de la obra que está en contacto directo con el proceso constructivo que se está llevando a cabo dentro del proyecto, para analiza de forma discreta la productividad de la mano de obra de algunas cuadrillas que previamente se seleccionaran para realizar la recolección de los datos correspondientes [5].

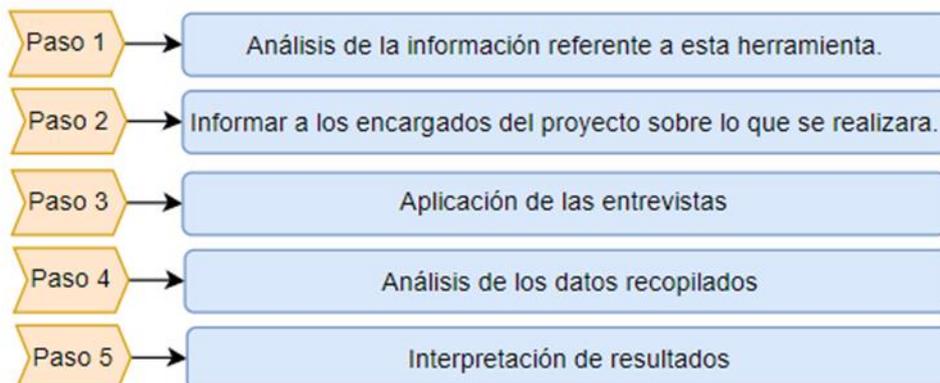
Se le dará un enfoque cualitativo de investigación en la cual se presentó anteriormente, aplicando los principios de la filosofía Lean Construction la cual da una visión relativamente nueva de como analizar los rubros en proyectos de construcción para determinar los rendimientos y actividades que generan pérdidas dentro de estos.

La carta de balance es una herramienta que permite analizar actividades específicas que se realizan dentro de un proyecto de construcción, para esto se determina primero las características de la actividad a realizar la medición teniendo en cuenta los problemas que puede encontrarse al realizar las mediciones, principalmente se base en definir en obra tres principales características que son el trabajo productivo el trabajo contributivo y el no contributivo como se muestra en la figura 2, para cada actividad seleccionada se necesita realizar mediciones en diferentes horas y días para que la medición se acerque estadísticamente a la realizada de lo que sucede en el proyecto, esta es una herramienta que se basa en los principios de la filosofía Lean Construction para determinar cómo se realizan los procesos y que actividades se puede mejorar para ser más eficientes [6].



**Figura 2:** Pasos para la aplicación de la Carta Balance [6].

Con el objetivo de conocer de primera mano la opinión de los actores principales que están relacionados con las etapas constructivas del proyecto se realiza una entrevista a estos con preguntas abiertas que se presentan en la figura 3, las cuales ayudan a conocer de primera mano cómo se están realizando las actividades dentro del proyecto que se analizara en esta investigación, con esto se puede determinar las causas y errores que se comenten dentro de las actividades realizadas y como se podría mejorar en base a la percepción de los Residentes que allí laboran día a día, se debe dejar constancia que este tipo de herramientas se realizan en base a los conocimientos que tienes los que se encuentran laborando en el proyecto.



**Figura 3:** Entrevista de detección de pérdidas [6]

Primero se debe conocer todo lo referente a esta herramienta la cual se basa en los principios de la filosofía Lean Construction, además de modelar esta herramienta a las condiciones propias de la investigación que se está realizando, para este caso un proyecto de agua potable

Para que no se produzcan malentendidos con los encargados de realizar el proyecto analizando se debe plantear una socialización con ellos dándoles a conocer los que se realizara, este paso para esta investigación es más complejo porque se debe realizar individualmente por la disponibilidad de tiempo.

Las entrevistas se deben realizar a quienes estén en contacto directo con los procesos constructivos del proyecto, pueden ser los residentes de obra y los encargados de la planificación de la obra, quienes conocen de primera mano cómo se lleva el proyecto, y se realiza de forma individual por la disponibilidad de tiempo de estos individuos.

En base a el análisis de los datos se puede realizar conclusiones detectando la percepción de los Residentes entrevistados y buscar patrones que permitan conocer cómo se está realizando el proyecto y como se puede mejorar. Esta parte sirve para identificar pérdidas [7].

## 2. MARCO TEÓRICO

La industria de la construcción es una de las que más contribuye al desarrollo de la economía de los países [8], sin embargo, por los problemas en la economía y el covid-19 la escasez de los recursos ha generado una necesidad de optimizar los recursos económicos en los proyectos de agua potable en este caso en la productividad de la mano de obra, por esto se analizan varias alternativas para el manejo eficiente de los recursos aplicando los principios del Lean Construction para eliminar las tareas que no agregan valor en los proyectos de agua potable.

La construcción según contribuye al sector económico de un 8 al 10% de media en diferentes países donde genera empleo de masas [9] generando una estrecha relación entre la industria de la construcción y el sector económico el cual se estima que emplea el 7% de la población en el planeta que puede trabajar [10], esto apunta que los retos que se deben resolver están en el área de investigación revela que en India se han producido muchos proyectos los cuales no se han realizado correctamente por factores como el inventario, lo cual genera muchos costos, pérdida de tiempo y clientes insatisfechos.

Los proyectos de agua potable son de suma importancia para el desarrollo de la población sin embargo aún según un informe de la Organización de las Naciones Unidas una de cada tres personas en el mundo no tiene acceso al agua potable, uno de los mayores desafíos para la dotación es el complejo aumento en la demanda que implica costos adicionales cada vez más elevados para mantener y crear sistemas de agua potable [11].

En [12] se evalúa el gasto de los gobiernos realizado a lo largo de varios años en los cuales el destino mucho presupuesto en proyectos de agua potable, lo cual se refleja en una reducción de al menos un 50% de personas que no tenían accesos del servicio de agua potable en América Latina lo cual marca una tendencia de proveer de agua potable a la mayor parte de la población como un derecho fundamental de los seres humanos.

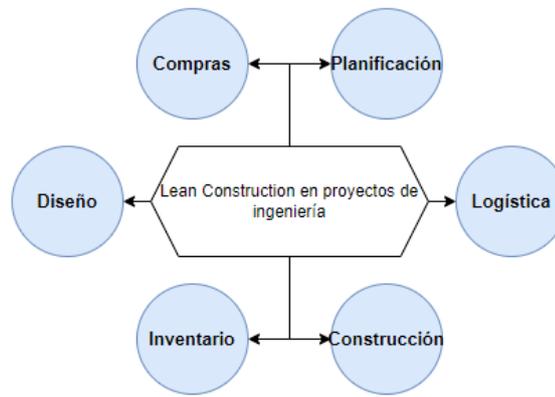
En Sudamérica, la productividad está influenciada por numerosos factores, como la seguridad y el equipamiento disponible para realizar una obra determinada. Estudios han demostrado que para obtener una buena productividad se necesita una gestión eficaz en las primeras fases de un proyecto de construcción. Esto se debe a que los responsables de estas fases influyen directamente en la maximización del valor esperado, a menudo de acuerdo con la experiencia que tienen en la planificación y diseño de los proyectos [13].

Entre los países de América Latina, Brasil se destaca por acoger ideas de sostenibilidad y cuidado ambiental. Según las certificaciones LEED, que son un estándar de medición para el cuidado del medio ambiente en varios ámbitos, Brasil ocupa el cuarto lugar en el mundo con mayor cantidad de certificaciones para edificios sostenibles, lo cual se está adoptando de forma general en toda la región [14].

El Lean Construction se está implementando paulatinamente en la industria de la construcción. En [9] en donde se investiga sobre la aplicación de los principios de la Filosofía Lean Construction en proyectos de vivienda popular, se ha logrado una reducción significativa en el desperdicio de materiales y una mejor coordinación entre todas las partes involucradas. Además, se ha conseguido reducir el tiempo promedio de construcción.

Se realizó una investigación para determinar la relación entre el capital de trabajo y la eficiencia de las constructoras. Se concluyó que la eficiencia es mayor cuando el capital de trabajo es menor, debido a la necesidad de administrar mejor los recursos disponibles [15].

Esta filosofía se aplica a la actividad diaria, busca la eficiencia en los procesos realizados, con base en el conocimiento y la mejora continua en las etapas para construir un proyecto, el Lean se aplica a procesos de optimización, ya sea de recursos disponibles o tiempo en todas las fases de un proceso para que la entrega del producto final sea satisfactoria [16] como se observa en la figura 4 la cual se realiza con base en la investigación en artículos científicos.



**Figura 4:** Aplicaciones del Lean Construction [16].

Uno de los factores clave para la implementación del Lean Construction en los proyectos de construcción según [17] es el compromiso por parte de toda la sociedad y más aun de los involucrados en un proceso buscando siempre mejorar continuamente la producción de algún bien o producto con la aplicación correcto de los principios de esta filosofía.

Los desperdicios son un aspecto importante dentro del Lean ya que se presenta siempre una necesidad de reducirlos ya que generan pérdida, se definen como actividades que consumen recursos y no generan valor a los proyectos [18], estos desperdicios o pérdidas son planteados de forma general, y dependerá del investigador identificarlos en el proyecto, así como agregar o eliminar alguno que se considere conveniente para la correcta definición de los desperdicios, a continuación, se presentan los desperdicios más comunes presentados en el Lean Construction.

Más comúnmente enfocado al transporte de materiales de construcción, generalmente se dan problemas en el transporte cuando no existe buena coordinación, cuando el operario del vehículo no tiene la suficiente experiencia y por la distancia de recorrido que debe hacer para entregar su carga esto se puede visualizar en la figura 5 en donde se transporta material de desalojo.



**Figura 5:** Transporte de material en obra Fuente: Elaboración propia

En el inventario se da problemas por la acumulación de artículos no utilizados; también por la disponibilidad de bodegas de almacenamiento, estos artículos se dañaron por cómo se guardan para realizar un proyecto determinado. En muchos casos se realizan movimientos innecesarios de equipos, o materiales para realizar una actividad, esto produce daños que pueden evitarse planeando de forma correcta. Se refiere a esperar sin realizar actividades productivas en la obra, generalmente se da mucho en la entrega de materiales para la construcción, en muchas cosas también se producen embotellamientos que retrasan las actividades previstas. Un ejemplo de esto se observa en la figura 6 donde muchos trabajadores esperan hasta que terminen otras actividades.



**Figura 6:** Esperas por parte de la mano de obra. Fuente: Elaboración propia

Es muy común en el Ecuador realizar obras en un orden diferente al que la lógica indica o también por la realización de un mal proceso constructivos por parte de los encargados de realizar esta tarea.

Se refiere al exceso de producción que puede realizarse en una obra, por ejemplo, si se pide medio cúbico de hormigón, y al final se entrega un cúbico de hormigón, el exceso claramente perjudicará a las ganancias que se obtenga en ese proyecto.

Esto se refiere a dos cosas, la calidad del trabajo realizado en la obra por parte del personal que realiza la obra, y por parte de los residentes encargados de la verificación del cumplimiento de lo estipulado en el contrato.

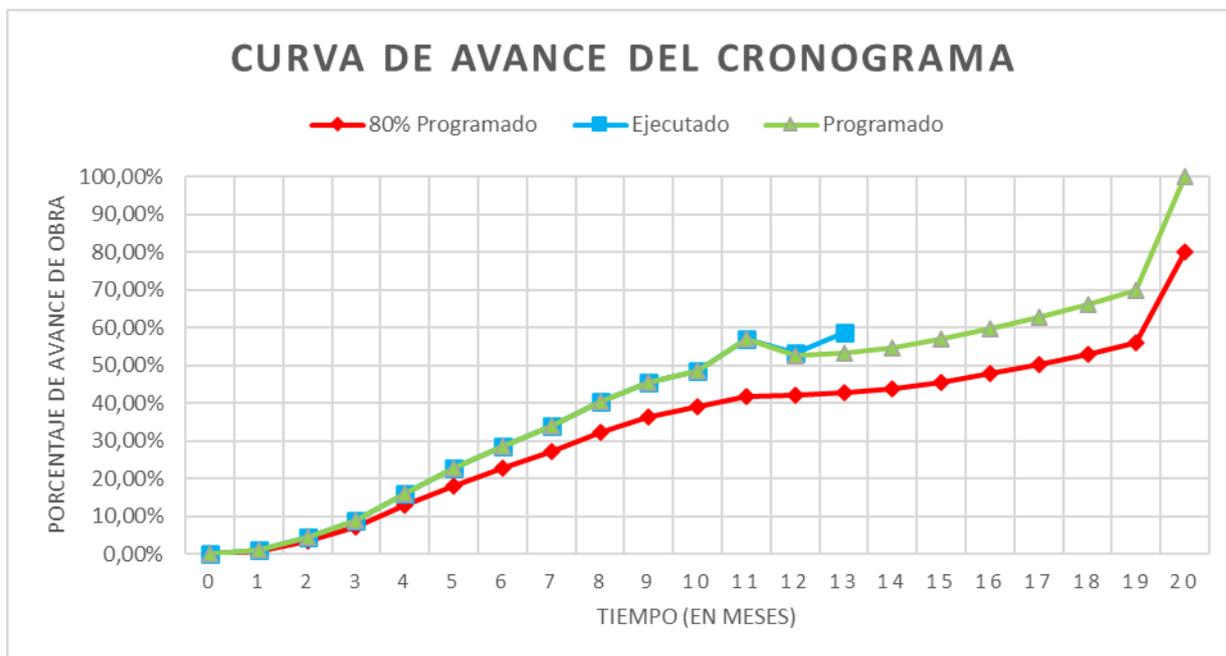
**Proyecto de abastecimiento de agua potable.**

En la Tabla 1 se presentan los frentes de trabajo realizados en lo que lleva ejecutándose el proyecto, en los que se tiene exactamente 8 frentes donde se realizan trabajos según la planificación de la obra con las observaciones correspondientes en cuanto a las actividades realizadas, como en el caso del frente 2, donde se construye una reserva de hormigón armado.

En el proyecto se han realizado ajustes a la planificación, según la figura 7, por problemas presentados como falta de pago de la empresa contratante, además se observa que los trabajos realizados están dentro de lo previsto en el proyecto.

**Tabla 1:** Avance realizado por frente de trabajos. Fuente: Proporcionado por el proyecto.

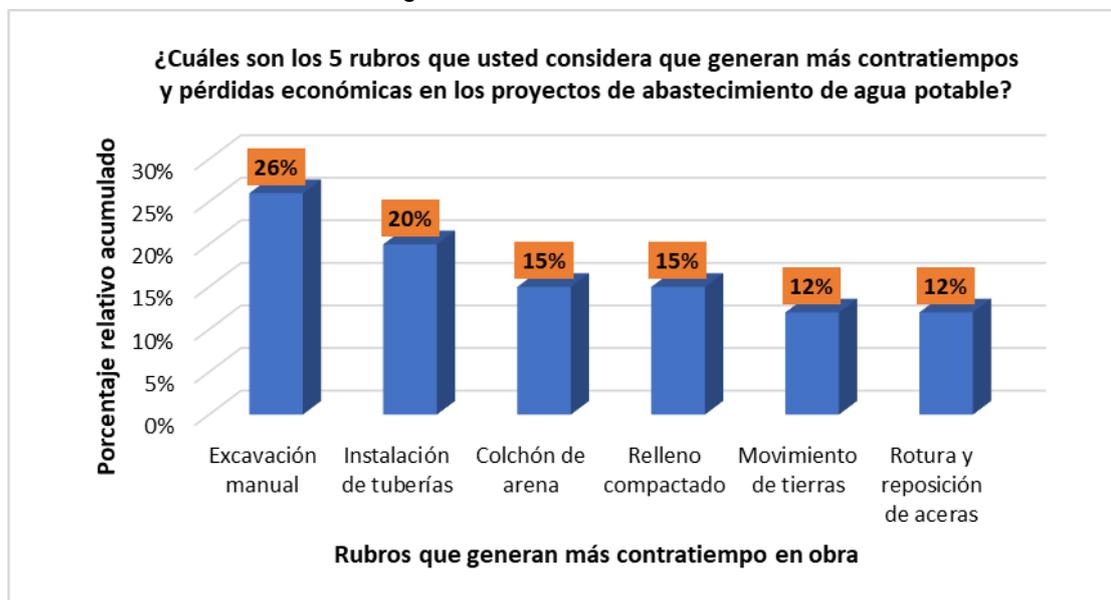
FRENTE	TRABAJOS REALIZADOS	OBSERVACIONES
FRENTE 1	Construcción de Reserva Nueva de Hormigón Armado $v=1800\text{ m}^3$ , ubicada en la parroquia urbana de "Loma de Franco"	No se presentan actividades en el frente
FRENTE 2	Construcción de Reserva Nueva de Hormigón Armado $v=1500\text{ m}^3$ . Repotenciación de tanques existentes Ubicado Junto a la Reserva No 3 " Tres Cerritos"	Se continúan con las actividades programadas.
FRENTE 3	Mejoramiento Del Sistema Existe Municipal De Agua Potable, Planta de Tratamiento de Agua Potable " Alberto Serrano" Q-100 L/S	Se continúan con las actividades programadas.
FRENTE 4	Red de Distribución Anillo Perimetral + Tuberías Principales. Tuberías HD $\varnothing=700 - 600\text{ mm} - C 25$ (L=1,163 m) y tubería PVC - PU/E $\varnothing = 500.4$	Se continúan con las actividades programadas.
FRENTE 5	Construcción De Red De Agua Tratada ( Q=305 L/S), Tramo: Reserva Existente en PTAP ' La Esperanza del Sistema Regional Tubería HD clase 25 D= 500mm.	Se continúan con las actividades programadas.
FRENTE 6	Medidas ambientales aplicadas en las fuentes de trabajo	Se continúan con las actividades programadas.
FRENTE 7	Conexiones Domiciliarias	Se continúan con las actividades programadas.
FRENTE 8	Suministro e Instalación de Macro medidores Electro energéticos	No se presentan actividades en el frente



**Figura 7:** Curvas de avance de la obra. Fuente: Proporcionado por el proyecto.

Para realizar las mediciones se utilizará la carta de balance, para esto primero se debe definir las actividades que se considerarán trabajo productivo contributivo y no contributivos, de vital importancia para realizar las mediciones y las que no agregan valor al rubro analizado.

De acuerdo con las trece entrevistas realizadas se determinó los siguientes rubros que los residentes de la obra consideran que generan más pérdidas en proyectos de abastecimiento de agua potable, en este caso los profesionales concuerdan en un 69% que la excavación es uno de los rubros que más se ve afectado por pérdidas en obra como se muestra en la figura 8.



**Figura 8:** Rubros generadores de mayores pérdidas (Entrevista Residentes de obra). Fuente: Elaboración propia.

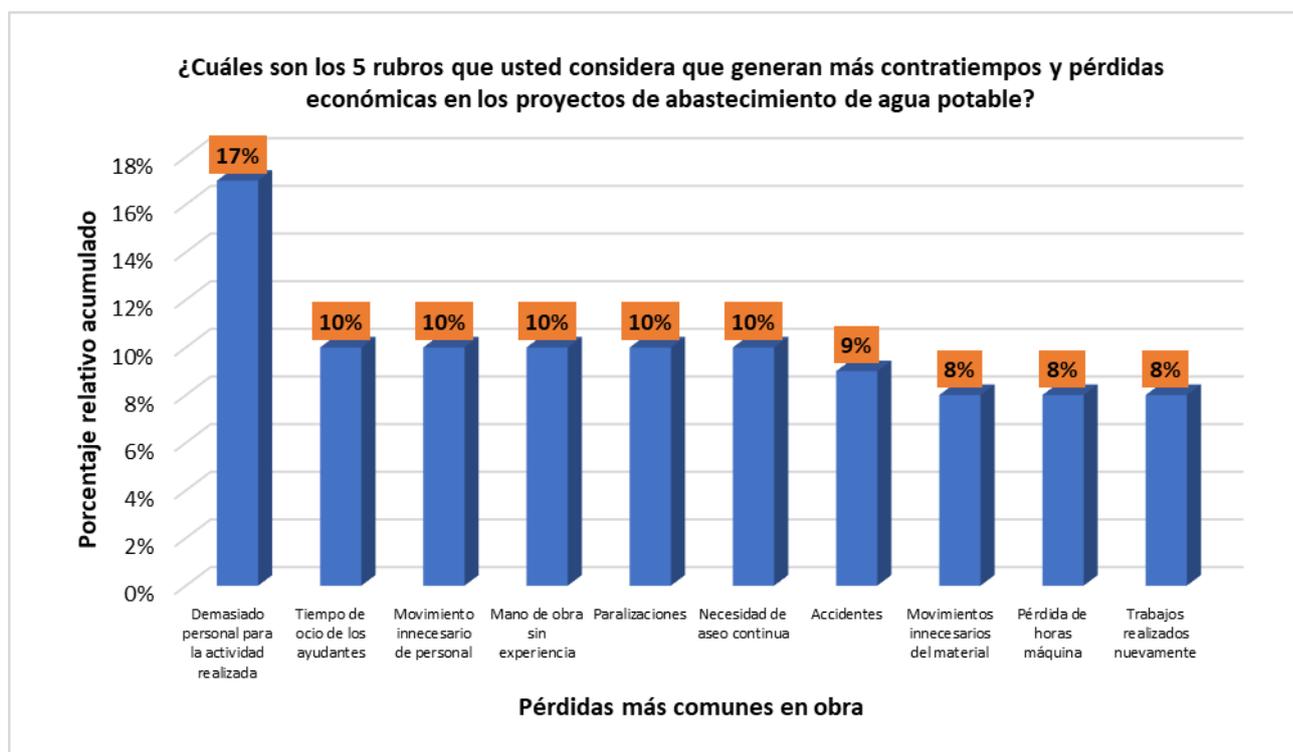
De los cuales se tomarán los rubros más representativos para recabar los datos para el uso de la carta balance, que se prevé realizar en un periodo no mayor a una semana por cada rubro, por las variaciones que puedan existir en la obra, además de realizar las mediciones con personal de apoyo y se escogerá un lugar adecuado para obtener datos reales del rubro analizado

En el proyecto se realizan las actividades de acuerdo con los frentes de trabajo en las que se encuentran los rubros que posiblemente en esta investigación se tomen en cuenta al momento de realizar las mediciones en campo esto se presenta una figura 9 de la zona de estudio y los lugares donde se están realizando las actividades actualmente.



**Figura 9:** Áreas donde se están realizando trabajos. Fuente: Open Street Map

Según los datos recopilados por las 13 encuestas al personal técnico de la obra, se determinó que existen las siguientes pérdidas presentadas en la figura 10, de una lista que se ha formado en base a la investigación realizada, se ha tomado una muestra de 60 respuestas del universo por ser las más significativas para este proyecto, en donde los Residentes han manifestado que uno de los problemas más comunes es la sobrepoblación de personal en las actividades realizadas en la obra.



**Figura 10:** Pérdidas más representativas seleccionadas por el personal técnico de la obra. Fuente: Elaboración propia

Además, se presentan algunas de las pérdidas que se encontraron durante la visita a la obra.

En la obra se ha realizado algunas paralizaciones que se han debido a factores como la economía en la industria de la construcción además de los problemas políticos además se realizan paralizaciones parciales de trabajo como se muestra en la figura 11 en donde los trabajos se han detenido hasta nueva orden.



**Figura 11:** Paralizaciones. Fuente: Elaboración propia

También se ha determinado desperdicios generados en la obra como escombros producidos por materiales como se muestra en la siguiente figura 12 esto afecta no solo a el proyecto por el mal aspecto que genera y los inconvenientes que se presentan con las personas que habitan alrededor de la obra si no que también a el ambiente ya que genera contaminación al ambiente.

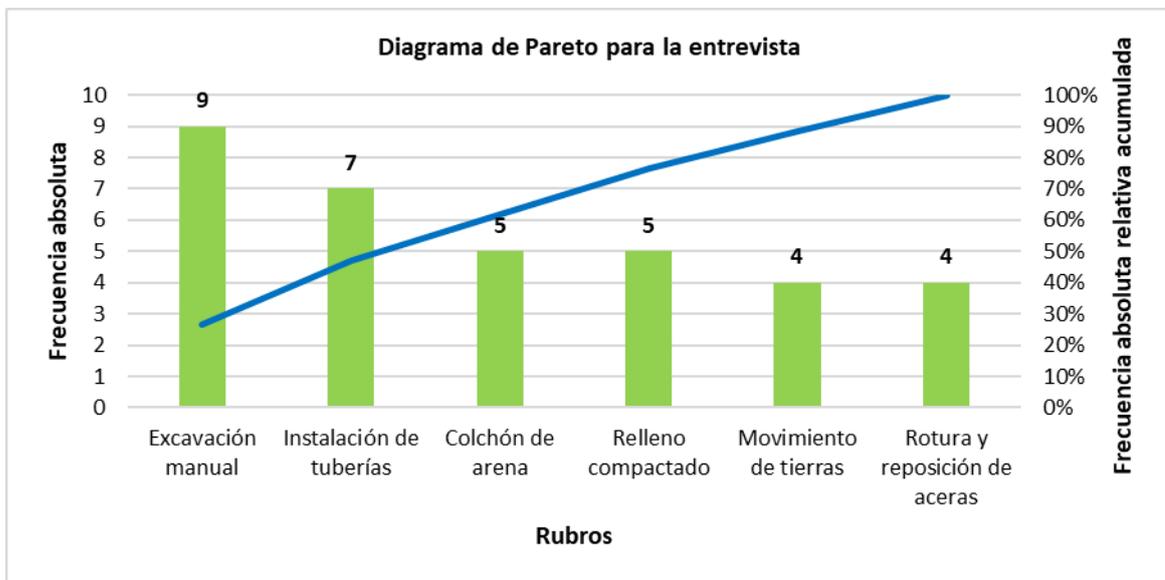


**Figura 12:** Desperdician en la obra. Fuente: Elaboración propia

Por causa de trabajos mal realizados, se debe desmontar el trabajo realizado para volverlo a hacer correctamente, estas cuestiones son comunes en proyectos de construcción, debido a diferentes factores desde el diseño hasta el proceso constructivo utilizado.

### 3. INTERPRETACIÓN DE DATOS

#### Primera parte: Resultados de las entrevistas

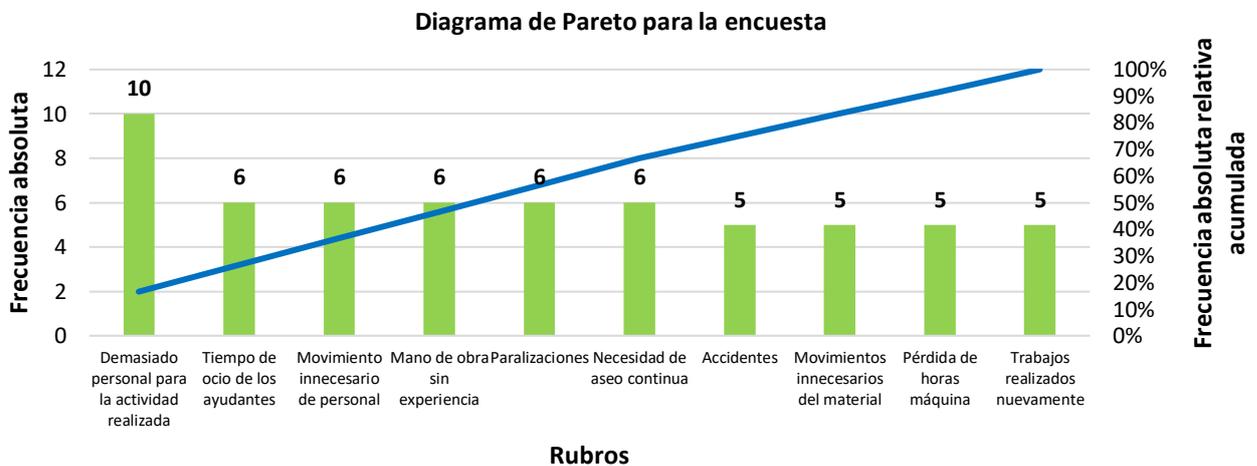


**Figura 13:** Resultados de la entrevista realizada Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los ingenieros civiles encargados del proyecto y a personas administrativo seleccionado que conoce la realizada del proyecto (ver figura 13), se determinó cuáles son esos rubros que generan inconvenientes o que estas generando inconvenientes en este proyecto de agua potable para lo cual muchos de los entrevistados está de acuerdo en que la excavación manual es uno de los principales rubros que han generado inconvenientes en el proyecto seguido de la instalación de tuberías y el colchón de arena esto según el criterio del personal debido a la variabilidad de las condiciones donde se realiza estos trabajos ya que muchas veces en excavaciones se debe realizar mayores profundidades o ampliar más la excavaciones para poder trabajar con comodidad y seguridad.

Otro aspecto importante que se puede mencionar son los problemas de diseño del proyecto debido a la falta de control que a veces sucede por parte tanto del contratista como la entidad contratante lo cual genera efectos como sobrecostos y pérdidas de tiempo debido a que se debe realizar ajustes al proyecto y en cuanto a las estimaciones de rendimientos que se presentan en el diseño de los proyectos supieron contestar que si existiese una pérdida debe ser mínima debido a que se ha considerado factores de seguridad para que esto no suceda para lo cual se debe haber hecho una buena consultoría para que esto se minimice, esto es muy interesante ya que aun si existiesen inconvenientes por problemas de diseño el contratista al momento de realizar la propuesta debe verificar estos detalles para que se puede elaborar la propuesta.

## Segunda parte: Resultados de las encuestas



**Figura 14:** Resultados de la encuesta realizada- Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las encuestas para detección de pérdidas (figura 14), según el análisis realizado se presenta que una de las actividades que el personal que se ha encuestado considera que genera más pérdidas en proyectos de agua potable es el excesivo personal que se cuenta para realizar ciertos rubros del proyecto ya que al ser demasiado personal se genera inconvenientes y algunos de los obreros no realizan ninguna actividad solo esperan a que los demás las realicen.

Otra de las actividades en las que los encuestados están de acuerdo que genera más pérdidas es el ocio de la mano de obra secundaria o de los ayudantes de obra esto debido a que al tener un papel secundario en la realización de las actividades muchas veces estos no realizan actividades productivas ya que esperan que se les dé órdenes de que actividad realizar para ocupar su tiempo.

También una de las actividades que es interesante mencionar es la mano de obra no especializada debido a que esto coincide con el ocio por parte de los ayudantes de obra que según los ingenieros encargados del proyecto se contrata sin experiencia debido a que es mucho más barato que contratar mano de obra especializada por lo que el rendimiento de esta es menor ya que la experiencia que poseen en la realización de proyectos es prácticamente nula.

## 4. CARTA DE BALANCE DE RECURSOS

### Rubro de excavación a máquina de 0 a 2 metros.

De acuerdo a el análisis de datos realizado para el rubro de excavaciones a máquina se determinó que las actividades están repartidas de forma correcta siendo así el trabajo no contributivo la que más se ha realizado durante las mediciones realizadas sin embargo se han aun a pesar de esto se ha realizado una cantidad de obra elevada para las cuatro cartas de balance esto habla de un buen manejo de los recursos disponibles y el tiempo de ejecución de los trabajos realizados en este rubro lo cual se refleja en el precio real unitario del rubro analizado que supone si la tendencia o se sigue trabajando de esta forma un ahorro de \$ 0.23 dólares esto debido al buen desempeño de la mano de obra que se observó mientras se realizaba las mediciones.

En cuanto a las actividades que realizan los obreros estas están definidas en gran medida por el cargo de cada uno de los obreros y la experiencia ya que el peón T1 es el que realiza el mayor trabajo en comparación con el maestro mayor T3 debido a que T1 ejecuta directamente las actividades por muestras que el maestro supervisa las actividades debido a su elevada experiencia en la realización de este tipo de proyectos mientras que el operador T2 con la mayor parte de su tiempo la destina a realizar la excavación aquí es importante notar que el tiempo que realizan las actividades de esperas es muy similar entre los tres trabajadores lo que puede indicar una buena coordinación entre las tres personas y por esto el ahorro del tiempo que se traduce en un mejor rendimiento para la ejecución de este rubro.

Dentro de la categoría del trabajo no contributivo es preciso decir que las esperas son un problema que se puede mejorar dentro de la realización del rubro ya que debido a la naturaleza misma del proyecto existirán como tal sin embargo se pueden disminuir relacionando mejor las tareas asignada a cada personas que realiza el rubro, sin embargo actualmente con los datos recolectados el rubro dejaría mayor beneficio económico al proyecto y según el residente de la obra esto sucede debido a él plan de trabajo semanal y al control que se realizara para cumplir con las metas a corto plazo propuestas.

### **Instalación de tuberías.**

Para el rubro de instalación de tuberías se realizó el análisis de datos de las 4 cartas de balance realizadas y se procedió a determinar el rendimiento real del rubro con los datos recopilados en campo en el que se obtuvo una reducción del precio del rubro de un 5% del precio teórico calculado en los análisis de precios unitarios este valor es muy importante ya que genera un ahorro considerable en el rubro y según los encargados del proyecto esto se debe a el trabajo de planificación realizado y a la mano de obra que para este caso es especializada en la instalación de tuberías de agua potable debido a la gran cantidad de obra que esto representa los beneficios económicos que conlleva también son elevados.

Para este rubro se definió tres trabajadores que realizaban las actividades del trabajo productivo contributivo y no contributivo en donde el peón denominado en la carta de balance como T1 es el de mayor productividad al momento de realizar el rubro de instalación de tubería inclusive superando ampliamente al plomero que debería ser el que más trabajo realiza, esto se produce debido a que el peón T1 es tiene una mayor jerarquía en la realización del trabajo y además tiene motivaciones económicas que le promueven a tener un rendimiento elevado en el rubro mientras que el maestro por el contrario realiza 0% de la actividad denominada colocación de tuberías ya que se encarga de supervisar el trabajo y el cual tiene un tiempo de esperan muy elevado por la función misma que desempeña dentro de la realización del rubro.

Finalmente se tiene que el trabajo no contributivo las esperas al igual que en el rubro de excavación a máquina son las que predominan dentro de estas categorías que según la información que se pudo revisar es normal debido a que en este tipo de proyectos existe mucha dependencia de las actividades lo cual no significa que no se puede mejorar, también es importante acotar que para a carta de balance número 4 se presentó el mayor rendimiento alcanzando una reducción de más de 15 dólares en el precio unitario del rubro, esto se produjo a la facilidad con la que se podía colocar las tuberías ya que el terreno se encontraba en buenas condiciones y el clima además estaba fresco lo cual influyo directamente en una mejor productividad para ese día, lo cual significa que también se presentaran días en los que las condiciones no permitan un ahorro.

### **Rotura de pavimentos.**

Para el último rubro que se ha realizado según el análisis de datos realizado muestras que a diferencia de los dos anteriores rubros donde se veía una reducción en el costo del rubro para este caso se presenta un aumento en el costo del 10% según los datos recopilados en campo lo que muestra una tendencia negativa si esto se sigue producciones generando pérdidas en el proyecto, esto sucede debido a la dificultad de realizar los trabajos y la maquinaria que no se encuentra trabajando adecuadamente y también porque en este caso las actividad dentro del trabajo no contributivo son las protagonistas al momento de la realización del rubro y lo observado durante las visitas periódicas al lugar donde se están realizando los trabajos.

Según lo mencionado antes para este rubro se presentan 4 integrantes en la realización del rubro para el que donde T2 correspondiente al operador del equipo de perforación realiza toda la actividad de rotura de pavimento porque solo con este equipo se puede realizar por su complejidad mientras que el Peón T1 se encarga de remover escombros que dificulten la movilidad del personal en el lugar donde se está realizando los trabajos y T3 correspondiente a un operador que no realiza muchas actividades y prácticamente el mayor tiempo pasa es esperas a que se realice la rotura de pavimento.

Todo lo explicado coincide con la carta de balance analizada, que presenta un porcentaje de participación en el rubro del 40 % para el trabajo no contributivo, ya que el trabajo contributivo participa un 42%, lo que significa que se dedica más tiempo a actividades secundarias y sin valor al rubro, lo cual se habló con algunos ingenieros y contestaron que por la naturaleza de la actividad y el equipo que se cuenta sucede en el sobre costo.

## 5. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de resultados de la carta de balance realizadas y el cálculo del rendimiento de la mano de obra para lo cual de los tres rubros que se ha analizado instalación de tuberías, excavaciones y rotura de pavimento rígido este último es el único que presento una perdida durante la realización del rubro esto debido a problemas con el equipamiento y las condiciones propias del sitio que ralentizaban el trabajo de los obreros, además algo interesante que se pudo visualizar durante las visitas a la obra en donde se considera que el rubro se lo podría realizar con menos personal del que se ha requerido en los análisis de precios unitarios y con esto el costo unitario se disminuiría.

Durante esta investigación se realizaron visitas constantes a las obras para observar de primera mano el funcionamiento del proyecto, así que se pudo dialogar con los involucrados en el proyecto, quienes apoyaron que se realicen estos estudios, pues apunta a un mejor desempeño de los proyectos además de los criterios aportados por los profesionales que ayudaron con las incertidumbres presentadas en el transcurso de esta investigación. Por ser la carta de balance una herramienta relativamente nueva para diagnosticar lo que sucede en los rubros del proyecto analizado, donde las actividades tomadas para el trabajo productivo, contributivo y no contributivo se definen según criterios de profesionales de la construcción.

Cada una de las herramientas utilizadas para el diagnóstico que se han utilizado en este proyecto de titulación se pueden complementar mutuamente como se pudo observar en el análisis de cada una de ellas ya que diagnostican lo que está ocurriendo en un proyecto desde varios puntos de vista en donde se puede trabajar para mejorar, sin embargo la carta de balance es la que más información concede para realizar una corrección durante la ejecución de un proyecto debido a su fácil aplicación y la visión que provee sobre cómo está llevándose los procesos dentro de un proyecto de construcción

Conociendo los buenos resultados que ha supuesto la utilización de la filosofía Lean Construction en los proyectos de ingeniería civil se recomienda aplicar este método de gestión de proyectos y analizar su influencia promoviendo así el avance del conocimiento actual ya que una parte importante de Lean Construction es la mejorar continuamente apuntando a solucionar problemas que se presentan con herramientas prácticas de fácil aplicación en los proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dixit, S., Mandal, S. N., Thanikal, J. V., & Saurabh, K. (2019). Study of Significant Factors Affecting Construction Productivity Using Relative Importance Index in Indian Construction Industry. *E3S Web of Conferences*, 140. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914009010>
2. Fajardo, W., & Quizhpe, J. (2021). Determinación de factores que afectan el rendimiento de la mano de obra en la actividad de colocación de cerámica en la ciudad de Cuenca. *Revista de Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 1249–1269. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2168>
3. Felipe, A., Rech, S., & Silveira, I. (2020). Contribution of visual management to trend analysis. *Gestao Visual de Projeto*, 143–169. <https://doi.org/https://doi.org/10.5965/1982615x14312021143>
4. Flores Percy. (2020). La construcción sostenible en Latinoamérica. *Sustainable Architecture and Construction in Latin America*, 164–173. <https://doi.org/doi.org/10.26439/limaq2021.n007.5183>
5. Francisco, G., Del Toro, H., & López Areli. (2019). Vista de Mejora en la construcción por medio de lean Construction y building information modeling: caso estudio. *RTI Journal*. <https://doi.org/doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>
6. Gaete, J., Villarroel, R., Figueroa, I., Cornide-Reyes, H., & Muñoz, R. (2021). Enfoque de aplicación ágil con Scrum, Lean y Kanban Agile application approach with Scrum, Lean and Kanban. *Revista Chilena de Ingeniería*, 29(1), 141–157. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100141>
7. Garcés, G., & Peña, C. (2023). A Review on Lean Construction for Construction Project Management. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(1), 43–60. <https://doi.org/10.7764/RIC.00051.21>
8. Ghosh, S., & Burghart, J. (2019). Lean Construction: Experience of US Contractors. *International Journal of Construction Education and Research*. <https://doi.org/10.1080/15578771.2019.1696902>
9. Abu Aisheh, Y. I., Tayeh, B. A., Alaloul, W. S., & Almalki, A. (2022). Health and safety improvement in Construction projects: a lean Construction approach. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(4), 1981–1993. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1942648>
10. Agencia de Regulación y Control del Agua. (2020). Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador.
11. Arden, S., & Jawitz, J. W. (2019). The evolution of urban water systems: societal needs, institutional complexities, and resource costs. *Urban Water Journal*, 16(2), 92–102. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1634109>
12. Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2021). Development of Lean Approaching Sustainability Tools (LAST) Matrix for Achieving Integrated Lean and Sustainable Construction. *Construction Economics and Building*, 176–197. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5130/AJCEB.v21i3.7653>
13. Assaf, M., Salami, L., Salhab, D., & Hammad, A. (2023). Promoting the IPD Delivery Method in Construction Projects: A BIM-Based Smart Contract Approach. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 69–80. <https://doi.org/10.24928/2023/0149>
14. Brioso, X., & Fuentes Hurtado, D. (2020). Adaptando el Lean Project Delivery System a la elaboración o actualización de un plan de estudios de ingeniería civil incorporando BIM, Realidad Virtual y Fotogrametría. *Advances in Building Education*, 4(3), 35. <https://doi.org/10.20868/abe.2020.3.4509>
15. Cabrera, A., & Morales, D. (2016). Análisis de la Productividad en la Construcción de Vivienda basada en Rendimientos de Mano de Obra. *Universidad de La Costa*, 12(1), 21–31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5523780>
16. Castaño-Jiménez, P., Sánchez-Jurado, J., & García-Londoño, J. (2021). Revisión bibliográfica sobre el estudio de pérdidas en la construcción bajo principios Lean. *Revista UIS Ingenierías*, 20(4). <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n4-2021003>
17. Castro Carrera, F. F., Castro Merino, E. P., Osorio López, J. C., & Merizalde Aguirre, J. E. (2022). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), 3–19. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.2>
18. Chamikara, P. B. S., Perera, B. A. K. S., & Rodrigo, M. N. N. (2020). Competencies of the quantity surveyor in performing for sustainable Construction. *International Journal of Construction Management*, 20(3), 237–251. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484488>