

Revisión sistemática: metodología de análisis de rendimientos de la mano de obra en campo

Luis Fernando Muñoz Peralta   & Carlos Julio Calle Castro 

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca EC010105, Ecuador

 Correspondence: luis.munoz1@est.ucacue.edu.ec  + 593983805588

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj41-004>

Resumen: La industria de la construcción es una de las principales actividades que mueve la economía mundial, para su desarrollo es esencial manejar eficientemente el recurso mano de obra. Este recurso permite llevar a cabo todos los procesos y representa una parte importante en el costo total. En su desarrollo es necesario una metodología eficiente de análisis que permita levantar información necesaria para el análisis de rendimientos y los factores que los afectan a la construcción. Este estudio se centró en una revisión bibliográfica sistémica que permitió analizar y describir metodologías relevantes expuestas en diversas publicaciones de alto impacto en la base de datos Scopus. Se logró identificar datos interesantes y discutir procedimientos de construcción que permitieron establecer recomendaciones en la industria para la provincia del Cañar. Sobresalen cuatro metodologías por su uso a nivel mundial, siendo la más adecuada para su aplicación la “observación directa en campo”.

Palabras Claves: Rendimiento; productividad laboral; mano de obra; construcción; medición.

Systematic review: field labor yield analysis methodology

Abstract: The construction industry is one of the main activities that moves the world economy, for its development it is essential to efficiently manage the labor resource. This resource allows carrying out all the processes and represents an important part of the total cost. In its development, an efficient methodology of analysis is



Cita: Muñoz Peralta, L.F.; Calle Castro, C.J. Revisión sistemática: metodología de análisis de rendimientos de la mano de obra en campo. Green World J. 2021, 4, 004.

Recibido: 30/Marzo/2021

Aceptado: 01/Abril/2021

Publicado: 08/Abril/2021

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor en Jefe / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Nota del editor: CaMeRa se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultado del contenido publicado. La responsabilidad sobre la información publicada es integra de los autores.



© 2021 Licencia CaMeRa, Green World Journal. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

necessary to gather the necessary information for the analysis of yields and the factors that affect them in construction. This study focused on a systemic bibliographic review that allowed analyzing and describing relevant methodologies presented in several high impact publications in the Scopus database. We were able to identify interesting data and discuss construction procedures that allowed us to establish recommendations in the industry for the province of Cañar. Four methodologies stand out for their use worldwide, the most appropriate for their application being "direct observation in the field".

Keywords: Performance; Labor productivity; Workforce; Construction; Measurement.

1. Introducción

La industria de la construcción es fundamental para el desarrollo de la sociedad. Es una de las principales actividades que mueven la economía mundial, en el caso del Ecuador la construcción en los últimos años ha decrecido y a pesar de ello en el 2019 participó en el 11.3% del total del producto interno bruto, a más de que generó el 6.2% del empleo total a nivel nacional [1]. Lo que hace esencial el desarrollo de esta industria, objetivo que se logrará a medida que se resuelvan los problemas presentes. La gestión del recurso mano de obra es vital para la correcta ejecución del proyecto, ya que por medio de él se ejecutan las diferentes actividades. A más de ser el principal recurso a contratar en costo e importancia [2], correspondiendo entre el 30 y el 50% del valor total del proyecto. Por todo ello es fundamental gestionar eficientemente este recurso. Para que los profesionales de la construcción tengan el conocimiento e información necesaria sobre los rendimientos reales [3].

La industria de la construcción se divide en tres segmentos principales. El segmento de construcción de edificios incluye a los contratistas, generalmente llamados contratistas generales, que construyen edificios residenciales, industriales, comerciales y de otro tipo [4]. Los contratistas de construcción de ingeniería civil y pesada construyen alcantarillas, caminos, carreteras, puentes, túneles y otros proyectos relacionados con la infraestructura de nuestra Nación. Los contratistas comerciales especializados realizan actividades especializadas relacionadas con todo tipo de construcción, como carpintería, pintura, plomería y trabajos eléctricos [3,4].

La industria de la construcción genera puestos de trabajo para un gran número de personas. Las condiciones laborales varían ampliamente en todo el mundo. Esta industria produce una amplia gama de productos y las empresas son igualmente diversas. Sin embargo, la gran mayoría de las empresas involucradas en la construcción in situ son pequeñas y locales [1]. A pesar de la globalización y la existencia de una industria de la construcción internacional, la mayor parte de la actividad de la construcción todavía la realizan empresas locales. Existe una tendencia entre las empresas de la construcción (como en otras industrias) a subcontratar el suministro de bienes y servicios requeridos en el proceso de producción. Los materiales, plantas y equipos de construcción generalmente se compran o alquilan a otras empresas [3]. Los servicios especializados son prestados por subcontratistas y la mano de obra por agentes laborales. Los servicios de diseño e ingeniería también son proporcionados por entidades profesionales independientes. Se han producido cambios tecnológicos en la industria, en particular el uso cada vez mayor de tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Existe la necesidad de formación profesional para los trabajadores y formación gerencial para que las empresas se adapten a estos cambios [1-3].

En base a esta realidad, se identifica como uno de los principales problemas la falta de metodología para el análisis de rendimientos. Debido a que los altos costos de la construcción generalmente están relacionados a fallas en los presupuestos, cronogramas, retrasos y mala programación de obra, en gran parte de los casos esto se debe a los bajos rendimientos de la

mano de obra y una mala estimación de los mismos [4]. Los rendimientos son afectados por diversos factores, un análisis preciso de estos permitirá asignar de mejor manera los recursos necesarios para lograr un rendimiento adecuado en la actividad que se vaya a realizar. Permitiendo, también, al profesional de la construcción conocer las capacidades reales, y tomar decisiones oportunas en los diferentes escenarios dentro de la construcción [5]. Al existir una alta diversidad de actividades (rubros) dentro de la construcción, este trabajo de investigación se centrará en el rubro acarreo de materiales pétreos, actividad presente en la totalidad de las obras, puesto que los materiales no siempre pueden llegar al punto exacto de la construcción, y si llegan deben ser distribuidos dentro de la misma.

En este contexto, a lo largo del mundo se estudian diferentes metodologías para el análisis de los rendimientos de la mano de obra con la finalidad de conocer a ciencia cierta los rendimientos en las diferentes actividades y condiciones. Existen diferentes puntos de vista de lo que implica un análisis de rendimiento de la mano de obra en la industria de la construcción. Estas diferencias nacen de las distintas metodologías a través de las cuales se levanta y analiza la información, la calidad de la misma y su nivel de detalle [6]; por medio de estos procesos se puede identificar los diferentes factores que afectan los rendimientos y tomar las medidas necesarias para mejorar la gestión de este recurso.

Una de estas investigaciones se basa en levantamiento de información por encuestas, medición del estado fisiológico de los trabajadores mediante el monitoreo con sensores, analizando sus resultados para medir el agotamiento y como este afecta los rendimientos [7]. Otra investigación llevada a cabo en Australia realiza una comparación de las diferentes metodologías utilizadas para el análisis de rendimientos como la aplicación de encuestas y cuestionarios, monitoreo del estado fisiológico, observación en campo y laboratorio, en condiciones controladas, y sin controlar, con conocimiento y sin conocimiento del trabajador. Por medio de análisis cuantitativos y cualitativos compara las ventajas y desventajas de cada metodología para el levantamiento de información sobre los rendimientos y como estos son afectados por las condiciones cálidas y húmedas [8].

En otro trabajo se analiza los factores responsables del decremento de los rendimientos de los trabajadores en la construcción, para obtener los resultados realizan una comparación entre la información proporcionada por encuestas de cuestionario aplicadas a los principales constructores de la India. Donde se identifican los principales factores y su grado de afectación y los compara con los datos obtenidos de un estudio de caso que cual consistió en aplicar diferentes metodologías de análisis de rendimientos en campo [1]. Uno de los métodos es "El muestreo de actividad" el cual consiste en observaciones a la mano de obra en intervalos definidos no continuos, en diferentes condiciones y actividades. Es decir que a la mano de obra se le asigna una tarea específica, la cual será observada en diferentes intervalos de tiempo, con conocimiento y sin conocimiento de la mano de obra en el sitio de la construcción, midiendo el tiempo en el que se desarrolla la actividad, o la cantidad de acción realizada en un determinado tiempo; en estas mediciones se involucran los resultados obtenidos de las encuestas, resultando en la identificación de los factores que más afectan los rendimientos laborales, incluso con una valoración porcentual [9].

Queda claro que una metodología de análisis de rendimientos es fundamental para lograr una mejor gestión del recurso mano de obra y por ende del proyecto completo. Estas metodologías se basan en dos grandes aspectos: el levantamiento de la información en campo y el análisis de la información levantada.

Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis de las metodologías expuestas en los trabajos de investigación más relevantes por medio de una revisión sistémica. Con la finalidad de identificar una metodología de levantamiento de información eficiente y aplicable a las características de la

provincia de Cañar – Ecuador. Que permita levantar la información certera y necesaria para su posterior análisis; conllevando al profesional de la construcción a conocer los rendimientos reales de la mano de obra en el acarreo de materiales, y así aplicar las medidas necesarias para la optimización en el uso de este recurso tan fundamental.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

A pesar de que este trabajo se fundamenta en una revisión sistémica que no requiere de un lugar en específico para su desarrollo, se contextualiza a las condiciones de la provincia del Cañar (Figura 1), situada en el centro sur del Ecuador, con un área de 3122 km², ubicada en su mayoría en la Cordillera de los Andes. Por lo cual, gran parte de su territorio posee una topografía irregular y variedad de climas desde el tropical en las zonas bajas hasta climas de páramo en las partes altas [10–12].

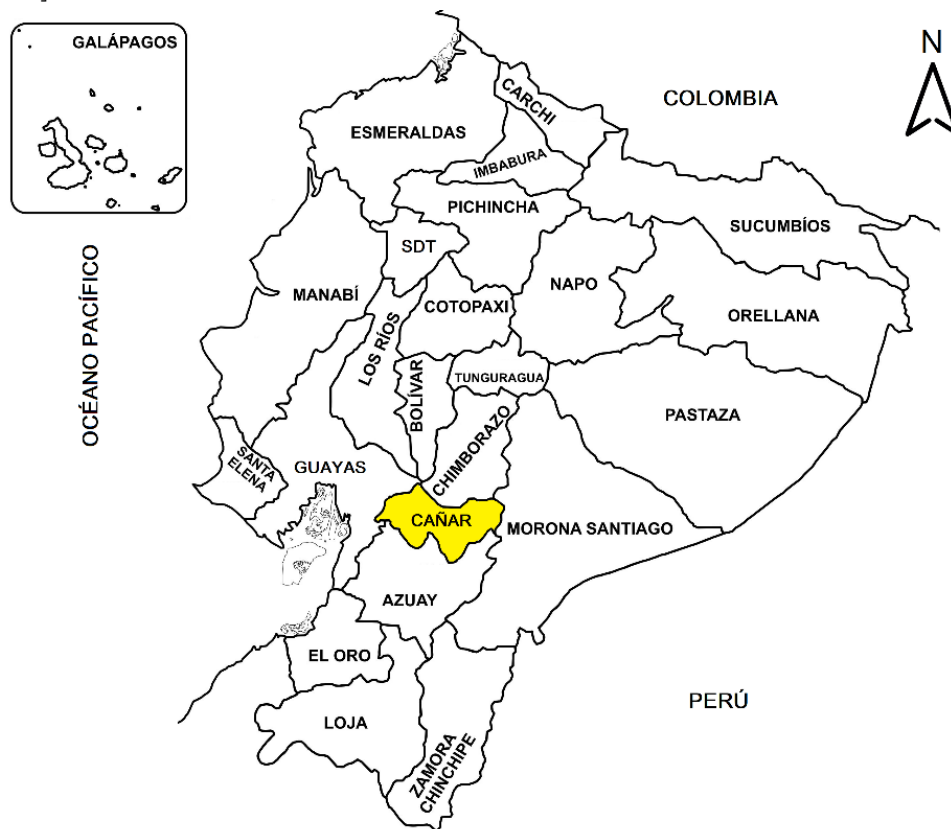


Figura 1. Área de estudio, provincia de Cañar.

En la provincia del Cañar como en el resto del Ecuador la industria de la construcción y contratación pública esta normada por la ley orgánica del sistema nacional de contratación pública y su entidad rectora el SERCOP [13]. Los proyectos de construcción se llevan a cabo a lo largo de todo el territorio tanto en áreas rurales como urbanas teniendo características propias de cada sector. En el sector rural los proyectos de construcción responden a los servicios básicos como sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario, electricidad, y otros servicios que requieren de la construcción de estructuras en espacios sin acceso vehicular, ni servicios como la electricidad y otras tecnologías [14–16]. En el sector urbano la gran mayoría de las construcciones son de viviendas y edificios residenciales, y comerciales, donde los recursos y tecnología son mucho más accesible [14–16].

2.2. Metodología

El presente trabajo investigativo es una revisión sistémica de literatura, la cual se basa en el método SLR (Systematic Literature Review), siglas del mismo tipo de investigación. Ampliamente aplicado en investigaciones con requerimientos similares y temáticas relacionadas a los presentes en esta investigación, como los son trabajos de investigaciones como las de Araújo en 2020, Crippa en 2020, Goh en 2020, Hoxha en 2020, Oshodi en 2020, Stanitsas en 2021, entre otros, [17–22].

En método SLR (*Figura 2*) aplica 3 pasos los cuales se describen a continuación:

a) **Búsqueda de los documentos:** Es básicamente la búsqueda de trabajos de investigación en las diferentes bases de datos mediante palabras clave y criterios de selección. Para esta investigación se llevó a cabo la búsqueda mediante palabras clave de los trabajos de investigación relacionados con el análisis de rendimientos de la mano de obra en la base de datos digital Scopus.

b) **Filtrado de documentos:** Consiste en la aplicación de filtros para descartar trabajos repetidos, irrelevantes, duplicados, o cualquier otro trabajo que no tenga peso para la investigación en curso. La presente investigación se apoyará en el software VOSviewer en su versión en su versión 1.6.16 [23], el cual permite la aplicación de criterios del investigador con la finalidad de categorizar una búsqueda bibliográfica identificando los trabajos y autores más importantes e influyentes en la temática de estudio, como criterios para asegurar la relevancia se descartaran artículos con menos de 5 citas.

c) **Evaluación de documento:** Trata de la doble lectura de los trabajos resultantes del filtrado, y discusión de los hallazgos.

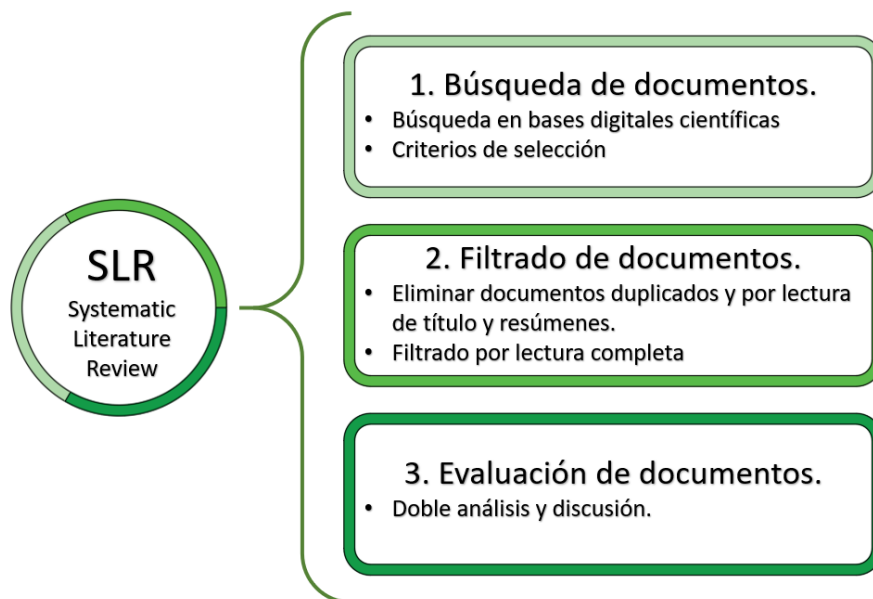


Figura 2. Método de investigación SLR.

Finalmente, los resultados de esta investigación se validan por juicio de expertos, una herramienta muy utilizada en las investigaciones para afianzar sus resultados. Se utilizó el método de entrevistas semiestructuradas, empleado por diversos autores como Stanitsas en 2021, Öberg en 2018, y Tura en 2018 [22,24,25]. Las entrevistas tienen como objetivo recopilar las opiniones de los expertos (profesionales de la construcción) para validar los resultados del método SLR. Se proporcionó al grupo de expertos las metodologías de análisis de rendimientos de la mano de obra más relevantes identificadas en los distintos trabajos investigativos, y se solicitó sus puntos de vista sobre las mismas con un enfoque a las condiciones de la construcción en la provincia del Cañar en torno al rubro acarreo de materiales pétreos, con la posibilidad de sugerir cambios, o

combinaciones entre las distintas metodologías. Se consideró un grupo de expertos formado por 10 profesionales de la construcción [26], para la conformación de este grupo se consideró las siguientes condicionantes: a) profesionales de la construcción que se encuentran activos en los últimos 5 años y que traten de primera línea con el recurso mano de obra, b) que se desempeñen tanto en el sector de la construcción público como privado, c) que pertenezcan a las dos ramas de la construcción ingeniería civil, y arquitectura.

3. Resultados

3.1. Búsqueda de documentos

Se realizó la búsqueda de los diferentes trabajos de investigación en la base de datos científica "Scopus", mediante la combinación de palabras clave relacionadas con el objetivo de esta investigación. En la base de datos usada los trabajos se encuentran en inglés por lo cual las palabras clave también se maneja en este idioma y estas fueron: "measurement", "performance", "labor productivity", y "construction" las cuales significan respectivamente "medición", "rendimiento", "productividad laboral", y "construcción"; obteniendo 58 documentos.

3.2. Filtrado de documentos

Como primer punto se realizó un análisis del total de los 58 resultados mediante el programa VOSviewer, el cual expuso los autores más relevantes (en base al número de citas) y sus influencias en cuanto al análisis de rendimientos de la mano de obra, como se expone en la *Figura 3*. Se muestran 4 grupos: El primero de izquierda a derecha, de tonos violeta (trabajos de alrededor de los años 2000), formado por Glover, Goodrum, y Haas, que influenciaron en el segundo grupo, de tonos amarillo (trabajos de alrededor de los años 2015), formado por Vogl y Abdel-Wahab, quienes fueron influenciados también por el tercer grupo formado por Carr y Winch, de tonos Violeta (trabajos de alrededor de los años 2000), quienes a su vez influenciaron los trabajos del cuarto grupo, de tonos verde (trabajos de alrededor de los años 2010), formado por Verghese y Joshua. Resultando todos estos autores los más relevantes, y los primeros en ser leídos y analizados.

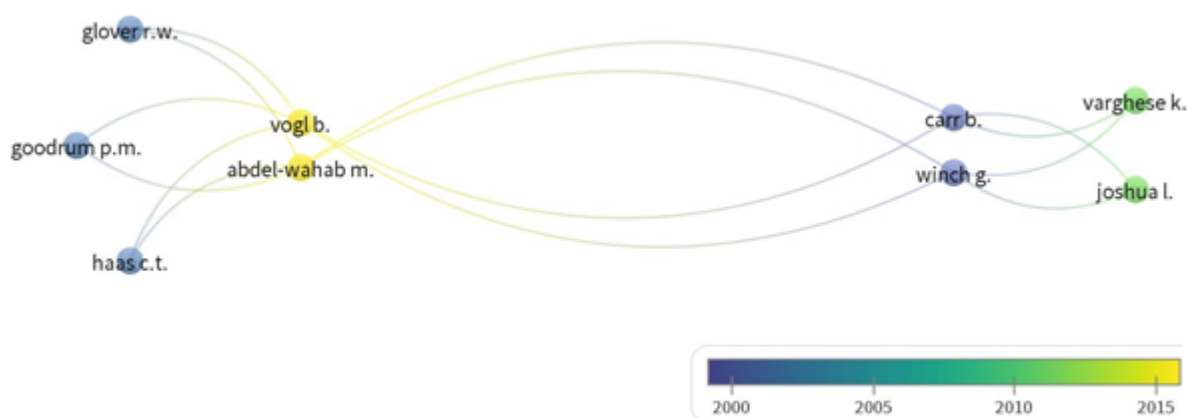


Figura 3. Diagrama de red de autores más influyentes en el análisis de rendimientos de la mano de obra (VOSviewer).

En el primer filtrado de documentos, como lo especifica el método, se realizó la lectura de títulos y resúmenes, para descartar trabajos ajenos a la temática; de los 58 trabajos investigativos resultantes de la búsqueda se redujeron a 45 para su lectura. En el segundo filtrado se realizó la lectura completa de los trabajos, y mediante una matriz elaborada en software Microsoft Excel se

recopila los datos principales de cada trabajo los cuales son: Título del trabajo, autores, año, problemática, objetivo de la investigación, etapas realizadas durante la investigación, conclusión y si contiene metodologías de análisis de rendimientos de la mano de obra para continuar con el análisis; quedando solo 24 trabajos para su doble lectura y discusión.

3.3. Evaluación de documentos

Por último, el método "SLR" exige una doble lectura de los trabajos y la discusión del investigador sobre los hallazgos. En la matriz utilizada en el filtrado de documentos se añadió una última columna en la que se describe la o las metodologías utilizadas o descritas en el trabajo investigativo sobre el levantamiento de información de los rendimientos de la mano de obra en campo. Al realizar esta doble lectura se descartaron las metodologías de análisis post levantamiento de información, ya que estas constan de métodos estadísticos, en su mayoría, resultando en 15 trabajos que exponen las metodologías a analizar, se identificaron las metodologías que se describen en la *Tabla 1*, siendo estas las más relevantes.

Tabla 1. Metodologías de análisis de rendimientos de la mano de obra en campo (levantamiento de información).

Metodología	Principales características	Autores que la usa o describe
Observación directa en campo	Observación del personal por el coordinador, el superintendente y el capataz del proyecto. Tomamos notas de campo, en las que se registra las actividades completadas, horas de entrada, salida, retrasos, cualquier evento que pueda alterar el desarrollo de las actividades.	Poirier, Staub-French, & Forgues [6]; Jarkas & Horner [27]; Siriwardana & Ruwanpura [28]; Sweis, Sweis, Abu Hammad, & Abu Rumman [29]; Navon [30]; Fagbenle, Adeyemi, & Adesanya [31]; Winch & Carr [32]; Knight & Fayek [33]; Thomas & Zavrski [34]; Thomas [35]; Rogge & Tucker [36].
Entrevistas	Son entrevistas son semiestructuradas aplicadas tanto a la mano de obra como al personal encargado, evalúan los rendimientos en función de: Factores de gestión, supervisor, de nivel de motivación, de habilidades técnicas, nivel de requerimientos del trabajo, pre disponibilidad, auto evaluación, experiencia y conocimientos. En muchos casos se complementan con discusión informal que involucraron a todo el personal del proyecto para su validación.	Poirier, Staub-French, & Forgues [6]; Siriwardana & Ruwanpura [28]; Meerding, IJzelenberg, Koopmanschap, Severens & Burdorf [37]; Fagbenle, Adeyemi, & Adesanya [31]; Knight & Fayek [33]. Maloney, Asce & McFillen [38]; Rogge & Tucker [36].
Monitoreo con sensores	Se basan en el monitoreo con diferentes sensores como cámaras, GPS, sensores de radiofrecuencia. Dependiendo del sensor se levanta la información digitalmente creando una base de datos que incluye los planos del proyecto, la recolección de datos es mediante hojas de cálculo, formularios electrónicos, códigos de barras, o ingreso manual para su posterior análisis.	Joshua, & Varghese [39]; Navon [30].
Método de unidad completada	El método simplemente mide las unidades completadas en un tiempo determinado.	Choi & Minchin, Jr. [40].

Son cuatro las metodologías más relevantes que se identificó para el análisis de los rendimientos de la mano de obra en campo, y en todas se habla de la importancia de los factores que actúan directamente en los rendimientos [21,26,34], presentándose cuatro grupos principales, siendo estos: 1) humanos, 2) gerenciales, 3) técnicos y tecnológicos, y 4) externos [41]. Los grupos de factores son muy variados como los humanos, que van desde el rango de edad de los trabajadores, complejidad, presencia de enfermedades o estado físico. Los factores gerenciales tratan sobre los encargados del proyecto y su planificación, nivel de comunicación, forma de contratación, y todo lo relacionado a la organización. Los factores técnicos y tecnológicos van desde la disponibilidad de herramienta, maquinaria, equipos, técnicas y procesos constructivos. Finalmente, los factores externos tratan sobre todo los factores ajenos a las obras como topografía, clima, situación económica, social y política, entre otros. Como se mencionó en el literal 2 en provincia del Cañar y todo el Ecuador la construcción y contratación esta normada por la ley orgánica del sistema nacional de contratación pública y su entidad rectora el SERCOP [13]. Los proyectos que se ejecutan en el sector rural responden a los servicios básicos y otros servicios necesarios como el agua para riego, vialidad, o infraestructura que requieren de la construcción de estructuras, como captaciones, plantas de tratamiento, conducciones de tubería, etc., en espacios sin acceso vehicular, ni servicios como la electricidad o tecnologías, lo cual dificulta el uso de herramientas y tecnologías que ayuden a la ejecución, control, y medición de los trabajos, mientras que, en el sector urbano estas herramientas y tecnologías son accesibles [14–16], haciendo más fácil la ejecución, control, y medición de los trabajos. Los factores “humanos”, “técnicos y tecnológicos” están restringidos a criterios del profesional de la construcción ya que es el quien decide las técnicas de construcción a aplicar, la tecnología a utilizar, y que personal participara en la actividad en análisis. El rubro acarreo de materiales pétreos por medio de la mano de obra se basa en el transporte de estos materiales del punto de descarga o almacenamiento al lugar de la construcción.

Para identificar la metodología que mejor se adapte a las condiciones locales fue necesario resaltar las características más importantes en torno a la aplicabilidad de las cuatro metodologías analizadas como se muestra en la *Tabla 2*:

Tabla 2. Principales características de aplicabilidad de las metodologías.

Metodología	Condiciones controladas	Condiciones sin controlar	Aplicación a encargados	Aplicación a mano de obra	Con conocimiento del trabajador	Sin conocimiento del trabajador	Requiere de tecnologías especiales
Observación directa en campo	X	X		X	X	X	
Entrevistas	X		X	X	X		
Monitoreo con sensores	X	X		X	X		X
Método de unidad completada	X	X	X	X	X	X	

En base a las características de la construcción de la provincia del Cañar y los requerimientos del rubro acarreo de materiales pétreos, se evidencia que: La metodología de “Entrevistas” aunque tiene un gran valor ya que permite recolectar gran cantidad de información en torno a los rendimientos, es susceptible a la subjetividad [6,28,37,38] lo cual puede conllevar a que la información levantada no posea el nivel de confiabilidad para un correcto análisis de los rendimientos.

La metodología “Monitoreo con sensores” aunque permite levantar información de alta precisión, y registros completos. Requiere de aplicación de tecnologías especiales como los son las cámaras, sistemas GPS, o sensores de radiofrecuencia que generalmente representan un gasto y dependen de la energía eléctrica y/o cobertura de internet [30,39] que como ya se mencionó en algunos proyectos no están disponibles, especialmente en la trayectoria donde se realiza el acarreo provocando que esta metodología sea aplicable solamente bajo las condiciones necesarias.

La metodología de la “Unidad completada” es de muy sencilla aplicación y no requiere de condiciones especiales, por lo cual se podría aplicar en cualquier condición del acarreo de materiales. Ya que constaría únicamente de la contabilización de los metros cúbicos o peso transportados en función del tiempo o costo, pero no toma en cuenta ningún factor que afecte el rendimiento de la mano de obra [40]. Lo cual conlleva a que el profesional de la construcción no tenga la información necesaria para aplicar medidas que incrementen los rendimientos y se gestione de mejor manera el recurso.

Finalmente la metodología de “Observación directa en campo” permite que se levante la mayor información con un nivel alto de confiabilidad, ya que esta permite registrar datos desde las horas de entrada, salida, atrasos, cualquier factor que afecte los rendimientos, cantidad de insumos utilizados, unidades completadas, número de trabajadores, tiempo en realizar la actividad, estado físico de los trabajadores, y cualquier aspecto o factor importante para la ejecución [6,27–29,31–36], en este caso, transporte del material pétreo por medio de la mano de obra. Para que el profesional pueda tener la información necesaria y precisa para el correcto análisis de los rendimientos. Se puede complementar la metodología “Observación directa en campo” con características de las otras metodologías como sensores que permitan dar mayor exactitud a la información levantada, o entrevistas que puedan complementar la comprensión de los factores que intervienen en el rubro, esto según las condiciones de aplicabilidad donde se realice la observación.

3.4. Validación

La validación se la realizó por juicio de expertos mediante entrevistas semiestructuradas como se mencionó en el numeral 2.2. La experiencia acumulada del grupo de profesionales de la construcción en gestión de la mano de obra es de 209 años. Se aplicó la misma entrevista a cada profesional de la construcción permitiéndoles opinar sobre las cuatro metodologías identificadas y su aplicabilidad en el acarreo de materiales pétreos en la provincia del Cañar. El 100% de los profesionales coincidieron con los resultados de esta investigación, todos manifestaron que la “Observación directa en campo” es la metodología más adecuada para su aplicación, ya que por la diversidad de factores y condiciones que se presenta en cada proyecto, esta metodología no tiene restricciones de aplicación y permite recolectar la mayor cantidad de información con un alto grado de confiabilidad.

4. Discusión

Al igual que en el presente trabajo investigativo, hay muchos trabajos, como los mencionados en la introducción, Moohialdin, Lamari, Miska y Trigunarsyah entre ellos, que tratan de identificar metodologías eficientes para el análisis de los rendimientos de la mano de obra y como estos son afectados por los diferentes factores que intervienen [8]. En todos ellos se recalca la necesidad de levantar información real y precisa para estandarizar los rendimientos y así gestionar de mejor manera la mano de obra [7–9], recurso de vital importancia para la construcción [2–5]. Se comparan y aplican distintas metodologías para el levantamiento de información y análisis de los datos recolectados, permitiendo conocer a ciencia cierta los rendimientos [7–9].

No se puede decir que una metodología en específico de análisis de los rendimientos de la mano de obra en campo es 100% precisa a la hora de levantar información, ya que cada una tiene sus características y requerimientos de aplicabilidad (*Tabla 2*), brindando diferentes niveles de información y precisión [6]. Como se expuso en la provincia del Cañar las condiciones son muy variadas desde la más favorables como en el área urbana donde se cuenta recursos de apoyo importantes como energía eléctrica, cobertura de redes telefónicas e internet, hasta las condiciones más desfavorables en el área rural donde no se posee ninguno de estos recursos restringiendo la aplicabilidad de ciertas metodologías. Situación similar a las condiciones realizadas en los diferentes estudios investigativos ya mencionados donde la aplicación de cada metodología está sujeta directamente a las condiciones del lugar donde se realiza el levantamiento de información, ya sea en el lugar de la construcción o laboratorios [6–9,27–39]. En el caso expuesto en esta investigación la “Observación directa en campo” es la más adecuada para su aplicación al no poseer restricciones y permitir el levantamiento de información necesaria, precisa y confiable para el análisis de los rendimientos.

Este estudio abre la posibilidad para realizar investigaciones futuras, aplicando y/o combinando las metodologías identificadas para la recolección de datos en campo, comparación de los datos recolectados y la creación de líneas base sobre los rendimientos, en la amplia variedad de rubros de la construcción, generando herramientas para los investigadores y principalmente profesionales de la construcción, que por medio de estas impulsaran el desarrollo de la industria de la construcción.

5. Conclusiones

Un mal cálculo de los rendimientos de la mano de obra ocasiona problemas en los proyectos de construcción en todas sus etapas, desde la elaboración de presupuestos y cronogramas, hasta el mal manejo del recurso mano de obra conllevando a pérdidas económicas y una mala gestión del proyecto, por lo cual se presenta la necesidad de manejar metodologías eficientes para el levantamiento y análisis de información de los rendimientos.

Mediante el método aplicado “SLR” se realizó la búsqueda donde se evidencia el amplio estudio de esta temática presentando 58 trabajos realizados a lo largo del mundo, destacándose 3 países (*Figura 4*) por el número de trabajos y citas siendo estos Estados Unidos de América, Canadá y Reino Unido.

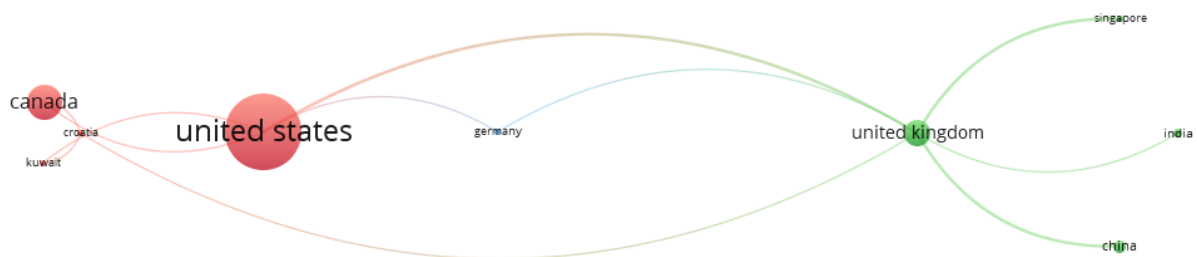


Figura 4. Diagrama de red de países más citados e influyentes en el análisis de rendimientos de la mano de obra (VOSviewer).

Se identificó los trabajos investigativos y autores más relevantes, y de ellos se extrajo las metodologías utilizadas para el levantamiento y análisis de los rendimientos de la mano de obra en campo siendo las más importantes: “Observación directa en campo”, “Entrevistas”, “Monitoreo con sensores” y “Método de unidad completada”.

De las características y requerimientos de aplicabilidad de las metodologías identificadas y en base a las particularidades del rubro acarreo de materiales pétreos en la construcción en la provincia del Cañar se observa que: Las “Entrevistas” aunque brindan un alto nivel de información esta es susceptible a la subjetividad lo cual presenta incertidumbre en la fiabilidad de sus resultados. El “Monitoreo con sensores” aunque brinda datos muy precisos y confiables en muchos casos no es aplicable por la falta de recursos de apoyo como la electricidad, cobertura de redes telefónicas, internet y costos de aplicación. El método de la “Unidad completada” aunque es aplicable en cualquier caso no permite levantar información complementaria para analizar el porqué de sus resultados y como se podría mejorar los rendimientos siendo datos no replicables. Finalmente, se identifica como la más adecuada a la “Observación directa en campo” ya que permite levantar la información real y necesaria para identificar y valorar los factores que afectan a los rendimientos, así conocer los rendimientos reales, y generar un uso adecuado del recurso mano de obra y una mejor gestión del proyecto de construcción.

Contribución de autores: Conceptualización, L.F.M.P. y C.J.C.C.; metodología, L.F.M.P.; software, L.F.M.P.; validación, L.F.M.P.; análisis formal, L.F.M.P. y C.J.C.C.; investigación, L.F.M.P.; recursos, L.F.M.P.; curaduría de datos, L.F.M.P.; redacción, L.F.M.P.; revisión, C.J.C.C.; edición, L.F.M.P.; visualización, L.F.M.P.; supervisión, C.J.C.C.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Construcción C de EE del S de la. EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA DE LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA FEDERACIÓN INTERAMERICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN 2018-2019. 2019;Edición 20.
2. Hernández L, Grettel A. Mejoramiento de los procesos constructivos. *Tecnol en Marcha*. 2008;21(4):64-8.
3. Bajjou MS, Chafi A. Lean construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process. *Int J Product Perform Manag*. 2020;
4. Azzam A, Miranda S, Indrawati S. Information system design using labor productivity measurement for construction. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2019;528(1).
5. Bamfo-Agyei E, Aigbavboa C, Didibhuku TW. Measuring labour productivity in labour intensive works on the road construction in Ghana [Internet]. Vol. 788, *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing; 2019. 515-523 p. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-94199-8_50
6. Poirier EA, Staub-French S, Forgues D. Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research. *Autom Constr [Internet]*. 2015;58:74-84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.002>
7. Lee W, Migliaccio GC, Lin KY, Seto EYW. Workforce development: understanding task-level job demands-resources, burnout, and performance in unskilled construction workers. *Saf Sci [Internet]*. 2020;123(November 2019):104577. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104577>
8. Moohialdin ASM, Lamari F, Miska M, Trigunaryah B. Construction worker productivity in hot and humid weather conditions: A review of measurement methods at task, crew and project levels. *Eng Constr Archit Manag*. 2019;27(1):83-108.
9. Karthik D, Rao CBK. The analysis of essential factors responsible for loss of labour productivity in building construction projects in India. *Eng J*. 2019;23(2):55-70.
10. Información General :: Gobierno Provincial del Cañar :: [Internet]. [cited 2021 Jan 19]. Available from: http://www.gobiernodelcanar.gob.ec/public_html/paginas/informacion-general.63

11. Provincia de Cañar (Ecuador) – EcuRed [Internet]. [cited 2021 Feb 11]. Available from: [https://www.ecured.cu/Provincia_de_Cañar_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Provincia_de_Cañar_(Ecuador))
12. Ubicación Geográfica [Internet]. [cited 2021 Feb 11]. Available from: <https://www.canar.gob.ec/8-home/183-experience>
13. LOSNCP. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Regist Of [Internet]. 2008;Suplemento(395):51. Available from: <https://www.casadellibro.com/libro-contratacion-publica-2-tomos/9788497903936/1196501>
14. INEC. Indicadores de tecnología de la información y comunicación. Encuesta Seguim al Plan Nac Desarro [Internet]. 2019;23. Available from: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2019/201912_Principales_resultados_Multiproposito_TIC.pdf
15. Arcotel "Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones ". Boletín Estadístico Del Sector De Telecomunicaciones #6. J Mater Process Technol [Internet]. 2018;1(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
16. MINTEL "Ministerio De Telecomunicaciones Y De La Sociedad De La Información ". Plan de servicio universal 2018 – 2021. Estadísticas [Internet]. 2018;1–31. Available from: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>
17. Araújo AG, Pereira Carneiro AM, Palha RP. Sustainable construction management: A systematic review of the literature with meta-analysis. J Clean Prod [Internet]. 2020;256:120350. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120350>
18. Crippa J, Araújo AMF, Bem D, Ugaya CML, Scheer S. A systematic review of BIM usage for life cycle impact assessment. Built Environ Proj Asset Manag. 2020;10(4):603–18.
19. Goh CS, Chong HY, Jack L, Mohd Faris AF. Revisiting triple bottom line within the context of sustainable construction: A systematic review. J Clean Prod [Internet]. 2020;252:119884. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119884>
20. Hoxha E, Vignisdottir RR, Passer A, Kreiner H, Wu S, Li J, et al. Life cycle assessment (LCA) to evaluate the environmental impacts of urban roads: A literature review. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2020;588(3).
21. Oshodi O, Edwards DJ, Iam KC, Olanipekun AO, Aigbavboa CO. Construction output modelling: a systematic review. Eng Constr Archit Manag. 2020;27(10):2959–91.
22. Stanitsas M, Kirytopoulos K, Leopoulos V. Integrating sustainability indicators into project management: The case of construction industry. J Clean Prod [Internet]. 2021;279:123774. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123774>
23. VOSviewer – Download [Internet]. [cited 2021 Jan 18]. Available from: <https://www.vosviewer.com/download>
24. Öberg M, Nilsson KL, Johansson CM. Complementary governance for sustainable development in transport: The European TEN-T Core network corridors. Case Stud Transp Policy [Internet]. 2018;6(4):674–82. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.08.006>
25. Tura N, Keränen J, Patala S. The darker side of sustainability: Tensions from sustainable business practices in business networks. Ind Mark Manag [Internet]. 2019;77(September):221–31. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.09.002>
26. Escobar-Pérez J, Cuervo-Martínez Á. Validez De Contenido Y Juicio De Expertos: Una Aproximación a Su Utilización. Av en Medición. 2008;6(September):27–36.
27. Jarkas AM, Horner RMW. Creating a baseline for labour productivity of reinforced concrete building construction in Kuwait. Constr Manag Econ. 2015;33(8):625–39.
28. Siriwardana CSA, Ruwanpura JY. A conceptual model to develop a worker performance measurement tool to improve construction productivity. Constr Res Congr 2012 Constr Challenges a Flat World, Proc 2012 Constr Res Congr. 2012;(May):179–88.
29. Sweis RJ, Sweis GJ, Abu Hammad AA, Abu Rumman M. Modeling the variability of labor productivity in masonry construction. Jordan J Civ Eng. 2009;3(3):197–212.
30. Navon R. Automated project performance control of construction projects. Autom Constr. 2005;14(4):467–76.

31. Fagbenle OI, Adeyemi AY, Adesanya DA. The impact of non- financial incentives on bricklayers' productivity in Nigeria. *Constr Manag Econ*. 2004;22(9):899–911.
32. Winch G, Carr B. Benchmarking on-site productivity in France and the UK: A CALIBRE approach. *Constr Manag Econ*. 2001;19(6):577–90.
33. Knight K, Fayek AR. A preliminary study of the factors affecting the cost escalation of construction projects Karla Knight and Aminah Robinson Fayek. *Can J Civ Eng*. 2000;27(1):73–83.
34. Thomas HR, Zavrski I. Construction baseline productivity: theory and practice. *J Constr Eng Manag / Sept 1999*. 2019;(October):1–10.
35. Thomas HR. LABOR PRODUCTIVITY AND WORK SAMPLING: THE BOTTOM LINE. *J Constr Eng Manag / Sept 1992*. 1992;117(3):423–44.
36. Rogge DF, Tucker RL. Foreman-delay surveys – work sampling and output. *J Constr Div*. 1982;
37. Meerding WJ, IJzelenberg W, Koopmanschap MA, Severens JL, Burdorf A. Health problems lead to considerable productivity loss at work among workers with high physical load jobs. *J Clin Epidemiol*. 2005;58(5):517–23.
38. Maloney WF, Asce M, Mcfillen JM. MOTIVATION IN UNIONIZED CONSTRUCTION. *J Constr Eng Manag*. 1986;112(1):122–36.
39. Joshua L, Varghese K. Accelerometer-Based Activity Recognition in Construction. *J Comput Civ Eng*. 2011;25(5):370–9.
40. Choi J, Minchin RE. Workflow management and productivity control for asphalt pavement operations. *Can J Civ Eng*. 2006;33(8):1039–49.
41. Alaghbari W, Al-Sakkaf AA, Sultan B. Factors affecting construction labour productivity in Yemen. *Int J Constr Manag [Internet]*. 2017;19(1):79–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2017.1382091>

Reseña de los autores:



Luis Fernando Muñoz Peralta. Profesional de la ingeniería civil. Ha trabajado los últimos 5 años en obras civiles con alta demanda en mano de obra, estudiante de la maestría en construcciones con mención en administración de la construcción sustentable de la Universidad Católica de Cuenca..



Carlos Julio Calle Castro. Ingeniero Civil, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Construcciones, Maestrante en Ingeniería Civil mención Estructuras Sismorresistentes. Cargos relevantes: Docente, Subdecano y Decano de UAAIC de la Universidad Católica de Cuenca – Sede Azogues; y, Docente, Director de Carrera de Ingeniería Civil y Subdecano de UAIC de la Universidad Católica de Cuenca