



25-28 June 2016 Hotel Danubius Health Spa Resort Margitsziget****, Budapest, Hungary

Creative Construction Conference 2016

Information and Communications Technology in Construction: A Proposal for Production Control

Pablo Orihuela*, Jorge Orihuela, Santiago Pacheco

Senior Lecturer, Pontificia Universidad Católica del Perú, General Manager of Motiva S.A., Av. Dos de Mayo 1502-502, Lima 11, Peru

Architect, Designer of Motiva S.A., Av. Dos de Mayo 1502-502, Lima 11, Peru

Civil Engineer of Motiva S.A., Av. Dos de Mayo 1502-502, Lima 11, Peru

Abstract

It is very easy to verify that production information systems in construction works are still based on telephone, written media and intensive use of email; likewise, tracking and monitoring are carried out by taking isolated work samples of certain activities, which often give us a local view instead of a global view of productivity, leading to erroneous diagnosis and decision-making.

This paper presents a proposal of a system and technology for production control in construction that promote the commitment of the workers themselves, who draw up their self-reports using electronic devices and web applications that permit a simple and user-friendly data collection from their worksite. Additionally, the proposal includes processing information in the web that facilitates an easy and unlimited access for all the stakeholders of the project, wherever they are in their own computers, tablets or smart phones.

Having this information available, we can keep a productivity effective control, so we can have access to highly specific levels of production. Therefore, we can find out the root causes of both losses and savings in each construction process, providing the necessary support for a good feedback and the corresponding corrective measures.

In light of the results obtained in this trial stage, we believe that the system proposed will improve the production control level in construction works and make it technological and automated, thus improving the quality and productivity of works, and achieving a holistic conception of construction, with an active participation of all stakeholders throughout its execution.

Keywords: automation; Information Systems in construction; ICT in construction; mobile devices; production control

1. Introduction

If we want to talk about improvement, of either companies or businesses from any field, we necessarily fall under the shadow of *Kaizen* or Continuous Improvement, which proposes putting into practice the Shewhart Cycle, better known in Japan as Deming cycle, since it was Dr. Deming who made it public, or PDCA cycle (Plan–Do–Check–Act) [1-3].

In the civil construction field, applying this cycle consists of improvement-oriented planning, execution, evaluation and corrective measures; however, in practice, the third stage—the one pertaining to assessment—is not successfully complied with. To a great extent, this is due to the fact that information about the use of work resources is not reliable or is not available when necessary [4].

This article proposes an information system and technology to collect data directly from the worksite and process it on the web, thus we will be able to assess and control a construction site continuously, track every activity, and have access to it from wherever we are. This system was already patented by its authors several years ago with excellent results, but now we are incorporating in this new proposal the technology to automatize both data collection and processing. Said system collects data from the three resources of production through electronic devices and process it with an on-line software available in a web application.

* Corresponding author. Tel.:+ 0-051-221-1093

E-mail address: porihuela@motiva.com.pe

The Workforce resource is reported through touch screens by the workers themselves in the late morning, and in the late afternoon at the end of each shift. Material consumption is recorded on line tracking the materials that left the warehouse and were later consumed. The use of Equipment, as the use of workforce, is controlled by the operators themselves. Finally, the work progress is reported online on a daily basis from their worksite through digital tablets using store-and-forward applications.

2. Managing Production Information in Construction Works

The quality of production information in construction works is not consistent with current times; in practice, often just at the end of the work can accurate information be obtained in a financial statement of income and expenses when it is already late. Apart from being late, the information delivered by traditional control systems is too grouped to be useful for controlling and planning decision making [5, 6].

In the last two decades, construction industry has shown great advances in the use of ICTs worldwide, even in small and medium-sized enterprises, as described by several authors [7-12]. However, as Dave et al [13] conclude based on the work of Tartari et al [14]: the “majority of ICT solutions within construction industry are applied to the peripheral processes” and “site management and other construction related activities have remained virtually unaffected.”

This is consistent with Bowden’s studies [15, 16], which presents the existence of 85 paper-based tasks carried out on-site in their daily normal work. “These were grouped into different document types revealing the most commonly identified tasks as completing data collection forms (25%), dealing with correspondence (18%), viewing and reviewing drawings (13%) and reading and writing specifications (6%)”.

The Information Technology and System proposed in this article reduce to zero the filling out of data collection forms about the use of production resources during the information collection process.

3. Proposed Information Technology and System

Our proposal focuses on production improvement: The first issue is to improve the quality of communication and information among the management, professional staff and work team, and the productive entity by building a bridge that efficiently completes the feedback-based improvement cycle.

The proposed data collection is described below:

3.1. Defining the Baseline

Before the commencement of the construction work, it is necessary to define the baseline against which the tracking and control of production is going to be compared. This baseline is made up of construction Time, Cost and Scope; therefore information about work budget, activities schedule and technical specifications must be previously entered in the system.

3.2. Collecting Information about the Use of Workforce and Equipment

The main proposal of our system focuses on breaking the deep-seated paradigm, especially in the construction sector, which is managing works according to Theory X. Whereas this theory considers that the workers cannot control themselves, cannot be motivated, and just work for money [17], our system supports on Theory Z, proposed by William Ouchi and intermediate point between Mac Gregor’s Theory X and Theory Y [18], which considers that the workers are not motivated only by money but also by new challenges and the trust that their company may place in them.

By delegating the responsibility for information to the production source, i.e. the workers, a permanent control is available, not over discretionary samples, but over 100% of activities and 100% of resources. Therefore, when workers are getting off work and at lunch, they go to the registration site, identify themselves using a biometric face reader (Figure 1), and make a self-report about the time destined to each activity (Figure 2) using touch screens.

The web application developed for this operation was designed to be user-friendly, so it does not pose any obstacle for workers to execute this action. The identification of activities shows images to help them easily identify the activities performed, while the display of images on the screen is automatically customized to the worker’s profile after his identification. This requires less effort and it is easier for workers to draw up self-reports about the time spent in each activity.



Figure 1. Worker identification and self-report.



Figure 2. Worker self-report on a touch screen.

Before entering the worksite, new workers watch a 30-minute video as training that easily and readily explains the information system, the importance of this system for the company, and how they can participate. Every new worker must watch this video and take a short guided test on self-reporting. Additionally, workers who have operated equipment or machinery must also make a report, in a similar manner, about how long they have been operating them.

3.3. Collecting Information about the Use of Materials

All material that enters the worksite must be registered in the warehouse. For this task, the storekeeper has access to the system that allows him to directly register it on the web, recording also the quantity received and unit cost. Then, when these materials are required to be used, he must also record their exit, showing the quantity and destination record.

3.4. Collecting Information about Work Progress

Due to the nature of production in construction, work progress is recorded on site, going around the worksite registering information in different places where tasks have been carried out. This information is collected by a person in charge at the end of the workday using a digital tablet (Figure 3). This procedure helps save time normally spent to transfer the collected data—generally on paper—to a control system, that in most cases is done in an electronic spreadsheet. In order to avoid that the lack of Wi-Fi in the worksite where we record the work progress becomes a restriction, an application for mobile phones with the store-and-forward feature is used allowing information to be temporarily stored in the device (figure 4) and then automatically uploaded on the web as soon as Wi-Fi is available.

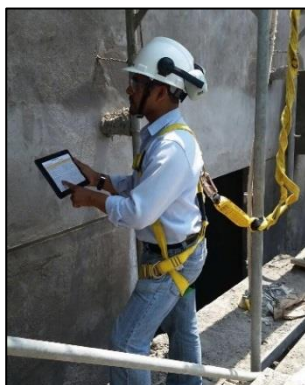


Figure 3. On-site work progress registration.



Figure 4. Use of digital tablets and store-and-forward

3.5. Production Reports

Once the system has all the daily production information uploaded on the web, several reports will be available to track, control and have a quite clear idea of the global workforce productivity at any time given time. The different reports can be accessed at any stage of the works with one-day accuracy and the performance diagnosis can be obtained within the periods matching the dates when the work progress was recorded, thus reaching a 100%

control of the works without bearing excessive control staff expenses, since the system is practically run by the workers themselves.

By reviewing each user profile, the different stakeholders can have access to different reports according to their needs. For instance, crew leaders and the foreman can check their staff performance; contractors can track their staff if they also participate in this system; storekeepers can check all incoming and outgoing materials as well as valued stock; administrative offices can get updated information on staff assistance to calculate payrolls; professionals involved in the works can check the details concerning schedule, costs and performance of each activity; or the management can check the production ratios, the actual results, and the results projected for the end of the works.

Figure 5 shows us the traditional information flow corresponding to the production in construction works, while Figure 6 shows the same flow with the system we propose implemented. The benefit we obtain by simplifying the collection, transfer, storage, processing, distribution and communication of data for the stakeholders can be clearly noticed.

4. Contribution of the system for the Continuous Improvement

Feedback in construction works is managed late with approximate figures, isolated samples, and not very trustworthy information, which prevents us to implement a continuous improvement cycle in an effective manner. Thanks to this system, the information is continuous and permanent. And since monitoring what was executed is carried out with the same accuracy as monitoring what was planned, we have the opportunity to receive a very efficient feedback the next day from the moment each budgeted record is executed. Additionally, this system shows us the root causes behind why the executed activities did not meet the planned goals to take corrective measures, get lessons learned, modify processes, propose innovations, etc.

Having this web-based system makes it possible to share the information with all the stakeholders, thus providing a feedback in different directions, promoting proposals of continuous improvement supported on a collaborative teamwork. An important aspect is the fact that the Management is one of these stakeholders. Normally, due to restrictions of time, distance, access, or poor communication, the Management loses its connection with on-site problems, i.e. it loses its involvement and support to continuous improvement programs for the projects. On the other side, we have the workers who are contributing now with the system in a significant way, making them important agents for project development.

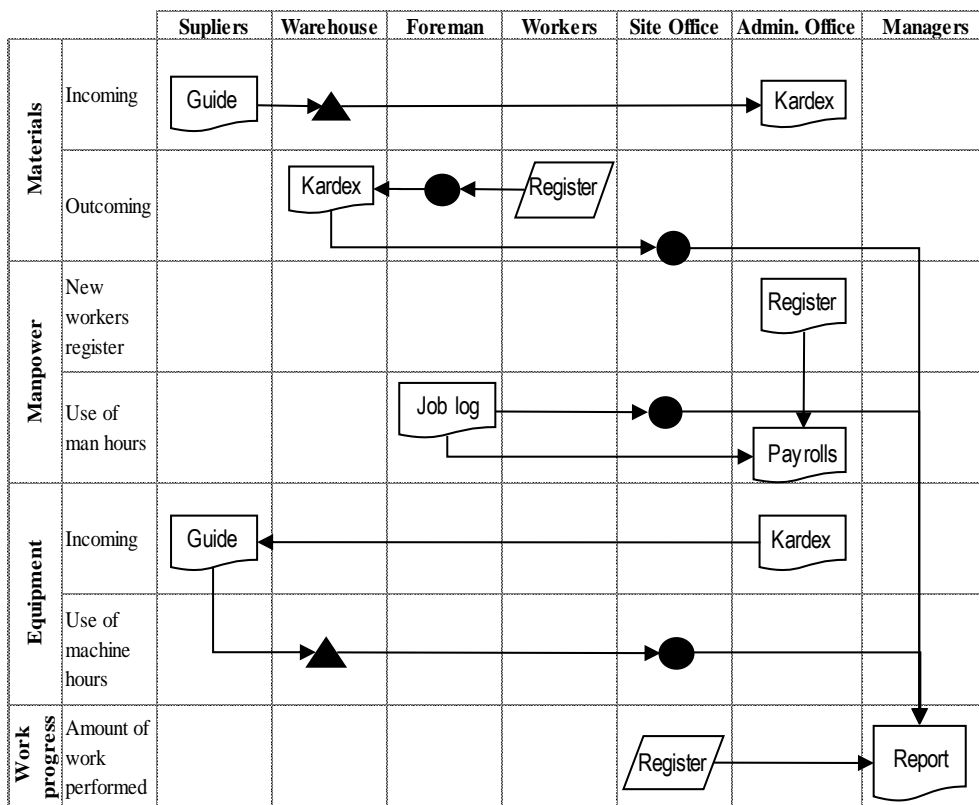


Figure 5. Traditional production information flow.

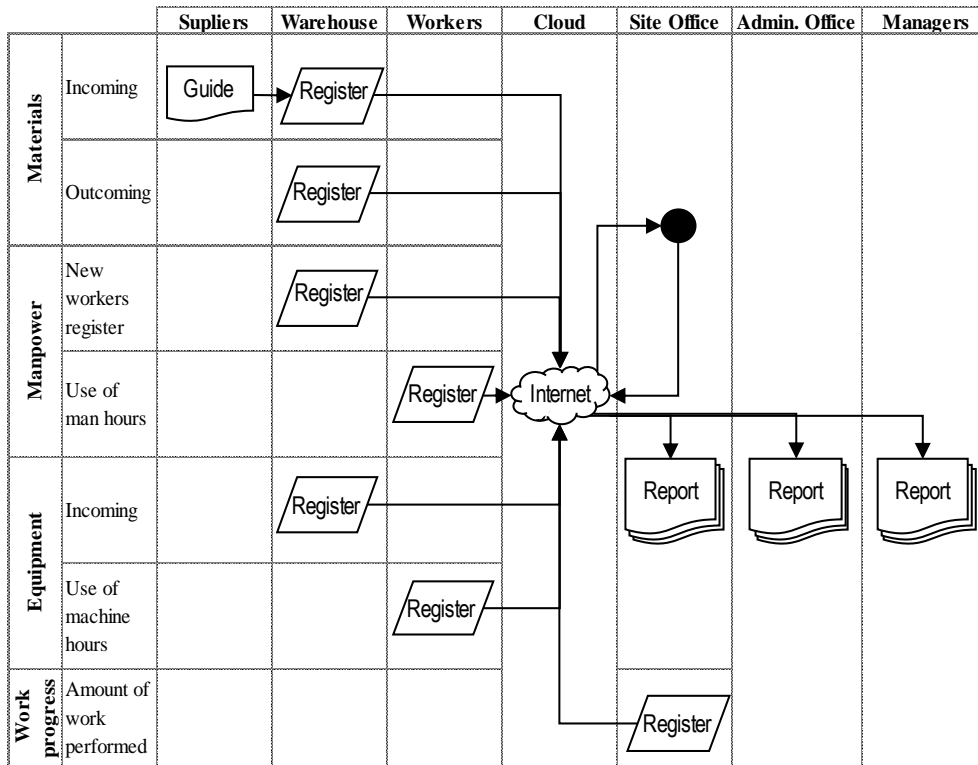


Figure 6. Production information flow with the proposed system.

This constant feedback allow us to evaluate innovations, since we can compare the new results with the ones before the implementation and have a historical data bank for the company, enabling us to plan future projects.

5. Conclusions

The system we propose is based in 3 main points: 1). Transfer the task to obtain most of the production information to the workers. 2). Use web applications to promote collaborative work to enter data and information shared distribution. 3). Use electronic devices to make information collection easier.

The first point - considered crucial and questionable - has been a daily successful practice in all the works our company carries out for many years. The second point also shows the same scenario, since we already have an intranet containing a module with the presented proposal that is extensively approved by all the stakeholders. On the other hand, the third point is an innovation indeed, which is in pilot testing, that we intend to use to complete the missing link to create an efficient Continuous Improvement Cycle application for the construction sector.

References

- [1] M. Walton, *The Deming Management Method*, Penguin, New York, 1988.
- [2] M. Imai M., *KAIZEN, The key to Japan's Competitive Success*, Random House Business Division, New York, 1986.
- [3] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, second Ed., McGraw-Hill, New York, 2013.
- [4] B. Dave, S. Boddy, L. Koskela, *Improving Information Flow within the Production Management System with Web Services*, in: K. Walsh, T. Alvarez (Eds.), *18Th Annual Conference Of The International Group For Lean Construction*, Haifa, 2010, 445-455.
- [5] P. R. C. Marchesan, T. Formoso, *Cost Management and Production Control for Construction Companies*, in G. Ballard, D. Chua (Eds.), *9Th Annual Conference Of The International Group For Lean Construction*, Singapore, 2001.
- [6] R. Navon, R. Sacks, *Assessing research issues in Automated Project Performance Control (APPC)*, *Automation in Costruction*, 16 (2007) 474-484.
- [7] R. Howard, A. Kiviniemi, O. Samuelson, *Surveys of IT in the Construction Industry and Experience of the IT Barometer in Scandinavia*, *ITcon*, 3 (1998) 45-56.
- [8] E. Tas, F. P. Irlayici, *A survey of the use of IT in building product information acquisition in Turkey*, *ITcon*, 12 (2007) 323-335.
- [9] A. O. Michaloski, A. P. Cabral, *A survey of IT use by small and medium-sized construction companies in a city in Brazil*, *ITcon*, 15 (2010) 369-390.
- [10] A. Alaghbandrad, E. Asnaashari, C. Preece, *Problems and Barriers of Ict Utilization on Iranian Construction Sites: Case Study on the Successful Use of ICT in Remote Construction Sites*, *ITcon*, 17 (2011) 93-102.

- [11] A. Abuelmaatti, B. Hall, V. Ahmed, Collaborative Technologies for Small and Mediumsized Architecture, Engineering and Construction Enterprises: Implementation Survey, *ITcon*, 19 (2014) 210-224.
- [12] E. O. Ibem, S. Laryea, E-Procurement Use in the South African Construction Industry, *ITcon*, 20 (2015) 364-384.
- [13] B. Dave, L. Koskela, M. Kagioglou, S. Bertelsen, A Critical Look at Integrating People, Process and Information Systems Within the Construction Sector, in P. Tzortzopoulos, M. Kagioglou (Eds.), 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester, 2008.
- [14] O. Tatari, D. Castro-Lacouture, M. J. Skibniewski, Current state of construction enterprise information systems: survey research, *Construction Innovation*, 7 (2007) 310-319.
- [15] S. Bowden, The Appropriate Use of I.T. on a Construo tion Site, Loughborough University, 2002.
- [16] S. Bowden, A. Dorr, A. Thorpe, C. J. Anumba, Mapping site processes for the introduction of mobile IT, in A. Dikbas, R. Scherer (Eds.), Proceedings of the 5th European conference on product and process modeling in the building and construction industry, Istanbul, 2004.
- [17] D. McGregor, *The Human Side of Enterprise*, McGraw Hill, New York, 1960.
- [18] W. Ouchi, *Theory Z*, Avon, New York, 1982.

TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN: UNA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN (*)

Pablo Orihuela^{1,2}, Jorge Orihuela¹, Santiago Pacheco¹

(*) Traducción de la versión original en inglés. Disponible en:
http://2016.creative-construction-conference.com/wp-content/uploads/2016/06/CCC2016_Proceedings.pdf

RESUMEN

Es muy fácil comprobar que los sistemas de información de la producción en las obras de construcción aún se basan en medios escritos, telefónicos o en el uso intensivo de correos electrónicos; de igual manera, el seguimiento y control se hace mediante muestreos aislados del trabajo y en determinadas actividades, lo que muchas veces nos proporciona una visión local en vez de una visión global de la productividad, llevándonos a diagnósticos y tomas de decisiones erradas.

El presente trabajo presenta una propuesta de un sistema y tecnología de información y comunicación que promueve el compromiso de los propios trabajadores, quienes emiten sus auto-reportes con la ayuda de dispositivos electrónicos y aplicaciones web que permiten una captura simple y amigable desde sus sitios de trabajo. Además, la propuesta incluye un procesamiento de la información en la web que facilita una amplia y cómoda accesibilidad a todos los involucrados del proyecto, en el lugar donde se encuentren y a través de sus computadoras, tabletas o teléfonos inteligentes.

Con esta disponibilidad de información, podemos efectuar un control integral de la productividad, pudiendo acceder a niveles muy detallados de la producción. De esta forma, podemos descubrir las causas raíz tanto de las pérdidas como de los ahorros en cada uno de los procesos constructivos, teniendo el respaldo necesario para una buena retroalimentación y la correspondiente toma de acciones.

A la luz de los resultados obtenidos en esta etapa de prueba, pensamos que el sistema propuesto elevará el control de la producción en las obras de construcción a un nivel tecnológico y automatizado, contribuyendo a mejorar la calidad y productividad de las obras, logrando una concepción holística de la construcción, con la participación activa de todos los involucrados a lo largo de la ejecución.

PALABRAS CLAVE

automation; innovation; ICT in construction; mobil devices; production control

INTRODUCCIÓN

Si queremos hablar de mejoramiento, ya sea de empresas o negocios de cualquier rubro, necesariamente caemos bajo la sombra del Kaizen o el Mejoramiento Continuo, el cual

¹ Motiva S.A., Lima, Perú, Teléfono: 0051 2211093

² Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

propone poner en práctica el Ciclo de Shewhart, más conocido en el Japón como el ciclo de Deming, porque fue el Dr. Deming quien lo dio a conocer, o como el Ciclo del PHEA (Planificar – Hacer – Evaluar – Actuar) [1-3].

En el rubro de la construcción civil, la aplicación de este ciclo consiste en: el planeamiento de la obra, la ejecución, la evaluación y la toma de acciones con miras al mejoramiento; sin embargo, en la práctica el tercer paso, el referente a la evaluación, no se cumple satisfactoriamente. En gran medida, esto se debe a que la información acerca del uso de los recursos de la obra no es confiable o no está disponible en el momento en que es necesaria [4].

El presente artículo propone un sistema de información y comunicación para capturar los datos directamente desde el sitio de trabajo y procesarlos vía web, con lo cual podremos evaluar y controlar una obra de construcción en forma continua, en la totalidad de sus actividades y con un acceso desde cualquier lugar donde nos encontremos. Este sistema ya ha sido patentado por los autores varios años atrás con excelentes resultados, pero lo que se está cambiando en esta nueva propuesta es la incorporación de tecnología para automatizar tanto la toma de información como su procesamiento. Dicho sistema captura la información de los tres recursos de la producción a través de dispositivos electrónicos, y los procesa mediante un software en línea disponible en una aplicación web.

El recurso Mano de Obra, es reportado mediante pantallas táctiles, por los propios obreros al finalizar la mañana y al finalizar la tarde de cada jornada de trabajo; el consumo de los Materiales, es registrado en línea mediante su salida del almacén y posterior uso; la utilización de los Equipos, al igual que la mano de obra, es controlada por los propios operadores y, finalmente, las cantidades de trabajo ejecutado son reportadas diariamente desde el lugar de su ejecución, en línea y mediante tabletas digitales usando aplicaciones del tipo store and forward.

LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

La calidad de información de la producción en las obras de construcción no es acorde con los tiempos actuales; en la práctica, muchas veces la información precisa sólo existe al finalizar la obra mediante un estado financiero de ganancias y pérdidas ya consumado. Además de ser tardía, la información entregada por los sistemas tradicionales de control está muy agrupada para ser útil en la toma de decisiones de planeamiento y control [5,6].

En las últimas dos décadas, la industria de la construcción ha mostrado grandes avances en el uso de TICs a nivel mundial, incluso en empresas medianas y pequeñas [7-12]. Sin embargo, como concluyen Dave et al [13] a partir del trabajo realizado por Tartari et al [14], la “mayoría de las TICs dentro de la industria de la construcción son aplicadas en los procesos periféricos” y “la gestión de obra y otras actividades relacionadas a la construcción han permanecido casi sin cambios”

Esto concuerda con los estudios de Bowden [15, 16], que presentan la existencia de 85 tareas que usan papel realizadas en obra dentro del trabajo cotidiano. “Estas fueron agrupadas en diferentes tipos de documentos, mostrando las tareas más comunmente identificadas como completar formatos de recolección de datos (25%), atender la correspondencia (18%), ver y revisar dibujos (13%) y leer y escribir especificaciones (6%)”.

El Sistema y Tecnología de Información propuestos en este artículo reducen a cero el llenado de formatos de recolección de datos en el proceso de obtención de información acerca del uso de los recursos de producción.

EL SISTEMA Y TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN PROPUESTOS

Nuestra propuesta se enfoca en la mejora de la producción, resolviendo en primer lugar la mala calidad de la comunicación e información entre la gerencia, el personal profesional y técnico de la obra y el ente productivo, tendiendo para esto un puente que complete eficientemente el ciclo del mejoramiento basado en la retroalimentación. A continuación, se describe la toma de información propuesta:

INGRESO DE LA LÍNEA BASE

Antes del inicio de obra, se debe ingresar la línea base contra la cual se va a efectuar el seguimiento y control de la producción. Esta línea base está compuesta por el Tiempo, Costo y Alcances del proyecto de construcción, por lo tanto el sistema debe ser previamente alimentado con el presupuesto de obra, la programación de actividades y las especificaciones técnicas.

CAPTURA DE LA INFORMACIÓN RESPECTO AL USO DE LA MANO DE OBRA Y EL USO DE LOS EQUIPOS

La propuesta central de nuestro sistema se basa en romper un paradigma muy arraigado, sobre todo en el sector construcción, que es administrar la obra basándose en la Teoría X, la cual considera que los trabajadores no son capaces de autocontrolarse, no son motivables y sólo trabajan por dinero [17]. En cambio, el sistema apuesta por la Teoría Z, propuesta por William Ouchi e intermedia entre la Teoría X y la Teoría Y ambas de Mac Gregor [18], la cual considera que a los trabajadores, además del dinero, también les motivan los nuevos retos y la confianza que la empresa pueda depositar en ellos.

Al delegar la responsabilidad de la información a la misma fuente de producción, es decir a los propios obreros, se dispone de un control continuo, no sobre muestras discrecionales y sobre el 100% de las partidas y el 100% de los recursos. Para ello, los obreros, a la hora del almuerzo y al salir del trabajo, se acercan al lugar de registro, se identifican con un lector biométrico de rostro (Figura 1) y, mediante una pantalla táctil, efectúan un auto-reporte del tiempo que han destinado a cada actividad (Figura 2).

La aplicación web desarrollada para esta operación ha sido diseñada de una manera muy simple y amigable, de tal manera que los obreros no tengan ninguna barrera que dificulte esta acción. La identificación de las actividades cuenta con imágenes que los ayudan rápida y fácilmente a identificar las labores realizadas y el despliegue de estas

imágenes en la pantalla es automáticamente filtrado de acuerdo al perfil del obrero luego de su identificación, esto permite un menor esfuerzo y comodidad para el auto-reporte de los tiempos usados en cada actividad.



Figura 1. Identificación del obrero y autoreporte



Figura 2. Auto-reporte del obrero mediante una pantalla táctil

Los nuevos obreros, antes de ingresar a la obra, reciben una capacitación con el apoyo de un video de 30 minutos de duración, en el cual se les explica de una forma muy simple y amigable en que consiste el sistema de información, la importancia que este tiene para la empresa y cómo es que ellos tienen que participar. Todo obrero nuevo, obligatoriamente tiene que ver este video y hacer una pequeña práctica asistida del auto-reporte. Adicionalmente, los obreros que han operado equipos o maquinaria deben de reportar también, de una manera similar, el tiempo que han estado operándolos.

CAPTURA DE LA INFORMACIÓN RESPECTO AL USO DE LOS MATERIALES

Todo material que ingresa a la obra, debe ser registrado en el almacén, para esta tarea el almacenero dispone de un acceso al sistema que le permite registrarlo directamente en la web, consignando además la cantidad recibida y el costo unitario. Luego, cuando estos materiales sean solicitados para ser usados, deberán también ser registrados, indicando la cantidad y la partida de destino.

CAPTURA DE LA INFORMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE TRABAJO REALIZADAS

Por la naturaleza de la producción en la construcción, las cantidades de trabajo realizado se toman en el sitio, recorriendo la obra y registrando la información en las distintas ubicaciones en las que se haya ejecutado una tarea. Esta información es capturada por un encargado al final de la jornada mediante el uso de una tableta digital (Figura 3). Esto evita el re-trabajo de transferir la información tomada, generalmente en un papel, a un sistema de control, que en la mayoría de los casos se hace en una hoja de cálculo electrónica.

Para evitar que la falta de WiFi en la zona de la obra en la que se toma el avance sea una restricción, se emplea una aplicación para dispositivos móviles que usa “Store and Forward”, lo que permite que la información sea almacenada temporalmente en el dispositivo móvil (figura 4), para ser subida a la web en forma automática en el momento que haya disponibilidad de WiFi.



Figura 3. Registro de las cantidades de trabajo en el sitio.



Figura 4. Uso de tabletas digitales y formatos Store and Forward.

INFORMES DE PRODUCCIÓN

Una vez que el sistema tiene en la web toda esta información diaria de la producción, se dispone de muchos reportes que nos permiten hacer el seguimiento y control y tener una idea bastante precisa sobre la productividad global de la obra en cualquier momento. Los diferentes reportes se pueden obtener dentro de cualquier período de la obra con la precisión de un día y el diagnóstico de aportes y rendimientos puede obtenerse dentro de los períodos que coincidan con las fechas en las que se han reportado las cantidades de trabajo, obteniéndose un control del 100% de la obra sin ocasionar gastos exagerados en personal de control ya que el sistema es operado prácticamente por los propios trabajadores.

Con el debido control de cada perfil de usuarios, los diferentes involucrados pueden tener acceso a diversos reportes de acuerdo a sus necesidades, por ejemplo, los jefes de cuadrilla y el maestro de obra pueden conocer los rendimientos del personal a su cargo, los contratistas pueden controlar a su personal si estos se acoplan al sistema, el almacenero puede obtener el ingreso, salida y stock valorizado de materiales, la administración puede acceder a la asistencia diaria del personal para el cálculo de las planillas, los profesionales de la obra pueden controlar al detalle los plazos, los costos y los rendimientos de cada una de las partidas o la gerencia puede conocer los ratios de producción, los resultados de lo realizado y los resultados proyectados al término de la obra.

La Figura 5 muestra el flujo tradicional de la información de la producción en una obra de construcción y la Figura 6 muestra este mismo flujo con el sistema propuesto. Se puede observar claramente el beneficio obtenido en la simplificación de la captura, traspaso, almacenamiento, procesamiento, distribución y comunicación de la información entre todos los involucrados.

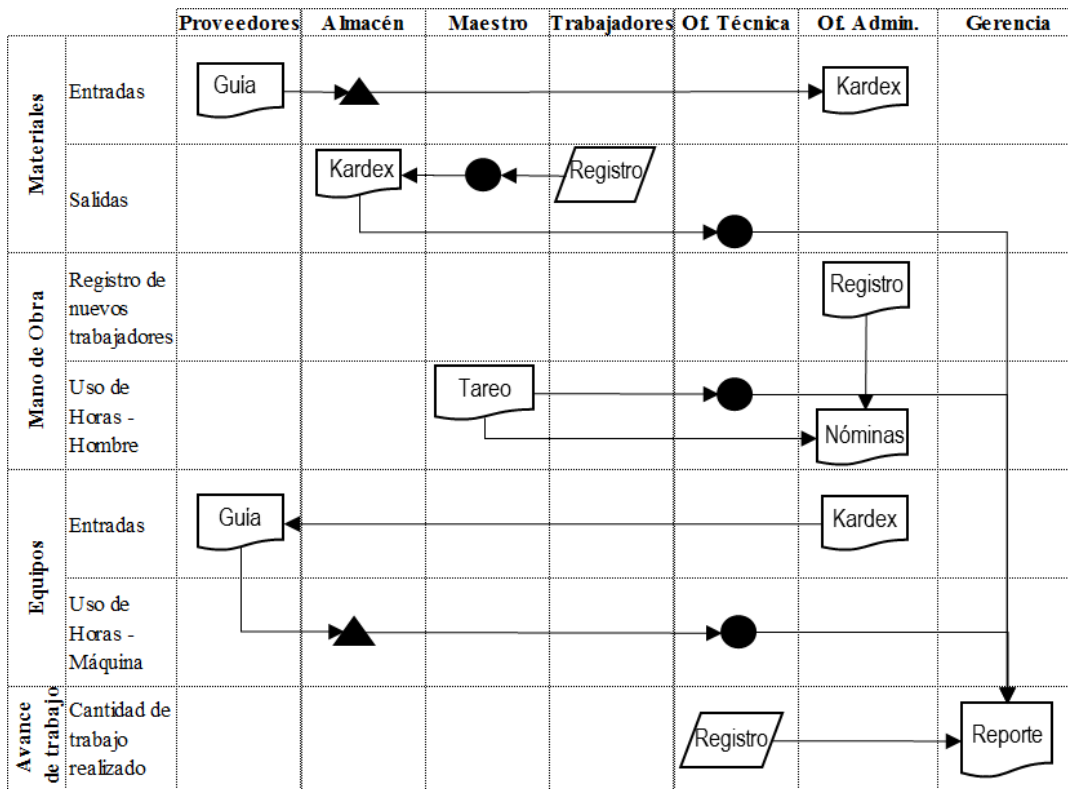


Figura 5. Flujo tradicional de información de la producción.

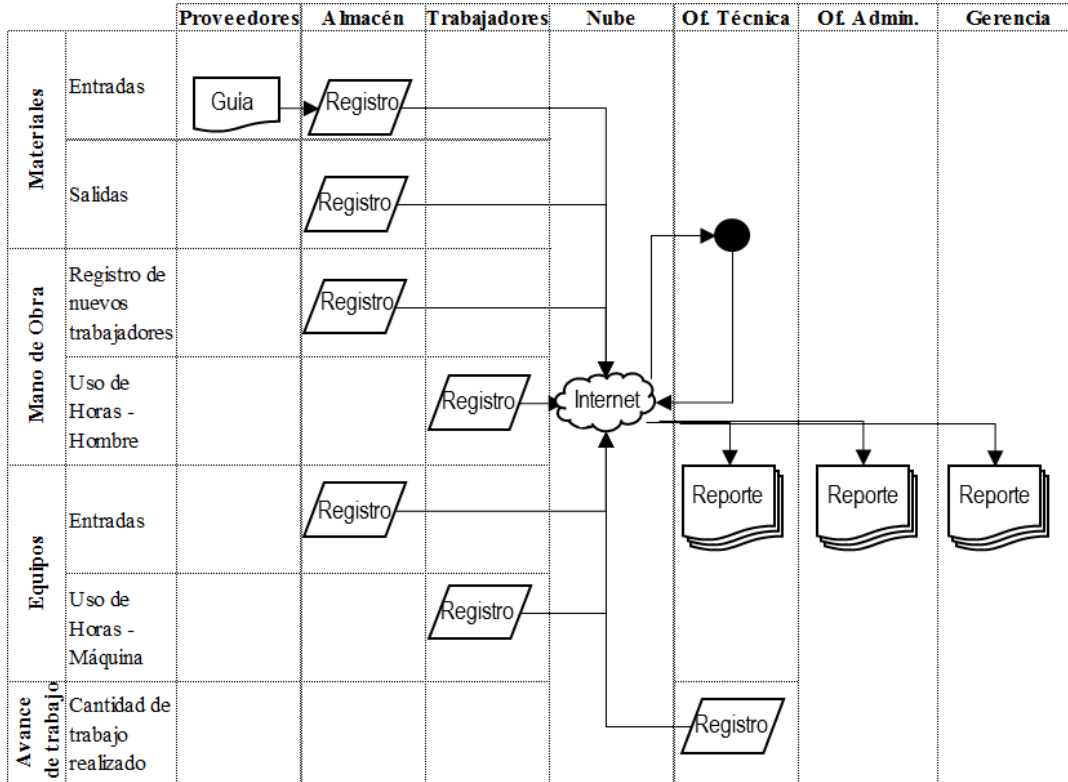


Figura 6. Flujo de información de la producción con el sistema propuesto.

APORTES DEL SISTEMA PARA LA MEJORA CONTINUA

La retroalimentación en las obras de construcción se gestiona de manera aproximada, con muestreos aislados, en forma tardía y con información no muy confiable, lo que impide desplegar con eficiencia el ciclo de la mejora continua. Con el sistema propuesto, la información se vuelve permanente y continua, y como el control de lo ejecutado se efectúa con el mismo nivel de detalle de lo planificado, tenemos la posibilidad de obtener una retroalimentación muy eficiente al día siguiente de ejecutada cada una de las partidas presupuestadas. El sistema nos permite encontrar las causas raíz por las cuales lo ejecutado no cumple con lo planificado, para tomar acciones correctivas, sacar lecciones aprendidas, modificar procesos, plantear innovaciones, entre otros.

El tener el sistema en la web hace posible compartir la información con todos los involucrados, generando así la retroalimentación en diferentes direcciones, promoviendo propuestas de mejora continua hechas mediante el trabajo en equipo y en forma colaborativa. Un aspecto importante es que dentro de estos involucrados está la Gerencia, la que muchas veces por restricciones de distancias, tiempo, accesibilidad y falta de calidad en la comunicación pierde el acercamiento a los problemas de campo y con ello su involucramiento y apoyo a la mejora continua de los proyectos. Al otro lado están los obreros quienes ahora contribuyen de una manera significativa en el sistema, reivindicándolos como importantes actores en el desarrollo de un proyecto.

Esta constante retroalimentación permite también evaluar innovaciones ya que podemos comparar los nuevos resultados con los resultados antes de su implantación, así como disponer de un banco de datos histórico de la empresa que nos sirva para planificar futuros proyectos.

CONCLUSIONES

El sistema propuesto está basado en 3 puntos principales: 1). El traspaso de la tarea de obtener gran parte de la información de la producción a los propios trabajadores. 2). El uso de aplicaciones web que promueve el trabajo colaborativo en la entrada de los datos y la distribución compartida de la información. 3). El uso de dispositivos electrónicos que facilita la captura de dicha información.

El punto 1, que consideramos es el más neurálgico y cuestionable, ya es una práctica cotidiana y exitosa en todas las obras de nuestra empresa desde hace muchos años atrás. Lo mismo sucede con el punto 2, ya que disponemos de una intranet que contiene un módulo con la propuesta presentada que es muy apreciada por todos los involucrados. El punto 3 sí es una innovación que está en una etapa piloto, con el cual pretendemos completar el eslabón faltante para una aplicación eficiente del Ciclo de Mejoramiento Continuo en el sector construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Walton, *The Deming Management Method*, Penguin, New York, 1988.
- [2] M. Imai M., *KAIZEN, The key to Japan's Competitive Success*, Random House Business Division, New York, 1986.
- [3] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, second Ed., McGraw-Hill, New York, 2013.
- [4] B. Dave, S. Boddy, L. Koskela, *Improving Information Flow within the Production Management System with Web Services*, in: K. Walsh, T. Alvarez (Eds.), *18Th Annual Conference Of The International Group For Lean Construction*, Haifa, 2010, 445-455.
- [5] P. R. C. Marchesan, T. Formoso, *Cost Management and Production Control for Construction Companies*, in G. Ballard, D. Chua (Eds.), *9Th Annual Conference Of The International Group For Lean Construction*, Singapore, 2001.
- [6] R. Navon, R. Sacks, *Assessing research issues in Automated Project Performance Control (APPC)*, *Automation in Costruction*, 16 (2007) 474-484.
- [7] R. Howard, A. Kiviniemi, O. Samuelson, *Surveys of IT in the Construction Industry and Experience of the IT Barometer in Scandinavia*, *ITcon*, 3 (1998) 45-56.
- [8] E. Tas, F. P. Irlayici, *A survey of the use of IT in building product information acquisition in Turkey*, *ITcon*, 12 (2007) 323-335.
- [9] A. O. Michaloski, A. P. Cabral , *A survey of IT use by small and medium-sized construction companies in a city in Brazil*, *ITcon*, 15 (2010) 369-390.
- [10] A. Alaghandrad, E. Asnaashari, C. Preece, *Problems and Barriers of Ict Utilization on Iranian Construction Sites: Case Study on the Successful Use of ICT in Remote Construction Sites*, *ITcon*, 17 (2011) 93-102.
- [11] A. Abuelmaatti, B. Hall, V. Ahmed, *Collaborative Technologies for Small and Mediumsized Architecture, Engineering and Construction Enterprises: Implementation Survey*, *ITcon*, 19 (2014) 210-224.
- [12] E. O. Ibem, S. Laryea, *E-Procurement Use in the South African Construction Industry*, *ITcon*, 20 (2015) 364-384.
- [13] B. Dave, L. Koskela, M. Kagioglou, S. Bertelsen, *A Critical Look at Integrating People, Process and Information Systems Within the Construction Sector*, in P. Tzortzopoulos, M. Kagioglou (Eds.), *16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Manchester, 2008.
- [14] O. Tatari, D. Castro-Lacouture, M. J. Skibniewski, *Current state of construction enterprise information systems: survey research*, *Construction Innovation*, 7 (2007) 310-319.
- [15] S. Bowden, *The Appropriate Use of I.T. on a Construo tion Site*, Loughborough University, 2002.
- [16] S. Bowden, A. Dorr, A. Thorpe, C. J. Anumba, *Mapping site processes for the introduction of mobile IT*, in A. Dikbas, R. Scherer (Eds.), *Proceedings of the 5th European conference on product and process modeling in the building and construction industry*, Istanbul, 2004.
- [17] D. McGregor, *The Human Side of Enterprise*, McGraw Hill, New York, 1960.
- [18] W. Ouchi, *Theory Z*, Avon, New York, 1982.