

Automatización de la Inspección y Administración de Proyectos de Construcción de Carreteras en Puerto Rico

Josie Bianchi, Estudiante Doctoral¹, Didier Valdés, PhD¹, José Perdomo, PhD¹, Julio Valdés, Estudiante BA¹ y Tarik Calderón, estudiante BA¹

¹Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, Puerto Rico, josie.bianchi@upr.edu, didier.valdes@upr.edu, josel.perdomo@upr.edu, julio.valdes@upr.edu, tarik.calderon@upr.edu

Abstract- The construction industry is distinguished by generating large amounts of data which are used in the production of documents. Some of these documents include: quality control reports, daily inspection reports, change order reports and logs, memoranda, payment certifications, project progress certifications, activity progress logs, as well as inventory, among others. These documents are used by construction managers to monitor the development and quality control of the project. However, the quality control and administrative control processes of road construction projects in Puerto Rico are mainly done on paper. Such processes can be efficiently streamlined through the automation of tasks relevant to each activity within the project. The main objective of the research presented in this technical article is the creation of a conceptual framework, a mobile application and a web based application for the automation of inspection and administrative processes of road construction projects in Puerto Rico. The methodology developed has the potential to accelerate the administrative and inspection tasks through the digitalization and automation of the data collection and processing during the road construction inspection process. This digitalization and automation of project data simplifies the project manager's generation and management of documents thus eliminating the use of paper and providing an organized document storage system which can be accessed through the Internet.

Keywords - Inspection, Construction Management, Project Management, Road Construction

Abstracto- La industria de la construcción se distingue por generar grandes cantidades de datos los cuales se usan en la producción de documentos. Algunos de estos documentos incluyen los reportes de control de calidad, reportes diarios de inspección, reportes y bitácoras de órdenes de cambio, memorandos, certificaciones de pagos, certificaciones de progreso del proyecto, registros de progreso de actividades, así como de inventario, entre otros. Estos documentos son utilizados por los administradores de la construcción para monitorear el desarrollo y el control de calidad del proyecto. El proceso de control de calidad de los proyectos de construcción de carreteras en Puerto Rico se lleva a cabo a través de las inspecciones diarias de las diferentes actividades de construcción, principalmente en papel. Los reportes y tareas relacionadas al proceso administrativo de control de proyectos de construcción de carreteras también se hacen en papel. Este se puede agilizar eficientemente a través de la automatización de las tareas pertinentes a cada actividad dentro del proyecto. El objetivo principal de la investigación presentada en este artículo técnico es la creación de un marco conceptual, una aplicación móvil y una aplicación a través del Internet para la automatización de los procesos administrativos en la oficina de campo de los proyectos de construcción de carreteras en Puerto Rico. La metodología desarrollada tiene el potencial de acelerar el proceso administrativo de control de proyectos a través de la digitalización y automatización de la recolección y procesamiento de datos durante el proceso de inspección de construcción de carreteras. De igual forma, simplifica la creación y manejo de

documentos por parte del administrador del proyecto eliminando la manipulación de datos del papel a la computadora y provee un sistema organizado de archivo de documentos accesible desde el Internet.

Palabras Claves— Inspección, Gerencia de Construcción, Gerencia de Proyectos, Construcción de Carreteras

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción se distingue por generar grandes cantidades de datos que se utilizan para la generación de diferentes documentos [1]. Algunos de estos documentos incluyen los reportes de control de calidad, reportes diarios de inspección, reportes de órdenes de cambio, memorandos, certificaciones de pagos, certificaciones de progreso del proyecto, registros de progreso de actividades, así como de inventario, entre otros. Estos documentos son utilizados por los administradores de la construcción para monitorear el progreso y el control de calidad del proyecto.

El proceso de control de calidad del proyecto se lleva a cabo a través de las inspecciones diarias de las diferentes actividades de construcción. Esto es de vital importancia para el dueño del proyecto y los ingenieros a cargo para asegurar que se cumple con la calidad esperada, documentar el progreso y los eventos para que esta información pueda ser usada en el caso de que surjan reclamaciones que pudieran terminar en litigios legales. De igual forma, el monitoreo del proyecto permite a los administradores ver el progreso de las actividades. Este progreso en el campo es comparado con lo planificado y se analiza si las actividades se mantienen dentro de los costos y tiempo de ejecución planificados. De haber diferencias, hay que hacer ajustes y controlar los gastos futuros. Actualmente, en Puerto Rico el monitoreo de los proyectos de construcción de carreteras se realiza de forma manual, en formas de papel, por funcionarios de la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) del Departamento de Transportación y Obras Públicas de Puerto Rico (DTOP). Esto genera una gran cantidad de documentos, que requiere varias personas en el manejo de los mismos. Los procedimientos de recolección de datos de las actividades realizadas, así como su procesamiento y generación de reportes asociados son realizados de forma manual, consumiendo tiempo y esfuerzo a los ingenieros y a los administradores de proyectos que podrían utilizar en las tareas de supervisión y manejo de construcción. En ocasiones, los datos tienen que ser pasados en la oficina, lo que pudiera generar discrepancias y errores al entrar los datos otra vez. Este proceso actual genera gran cantidad de documentos escritos propensos a errores humanos, manejo ineficiente de

información, demoras en los procesos administrativos e impacto ambiental, entre otros.

El proceso administrativo de control de proyectos de construcción de carreteras se puede agilizar eficientemente a través de la digitalización y automatización de las tareas pertinentes a cada actividad dentro del proyecto. El uso de tecnologías como tabletas y computadoras portátiles, así como teléfonos inteligentes, ofrece la oportunidad del desarrollo de aplicaciones útiles en el campo de la construcción de proyectos de carreteras que sirven de instrumento en el proceso de control de proyectos. Un equipo de investigación de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez trabajó como primera fase del proyecto en el desarrollo de una aplicación móvil para los sistemas iOS y Android en el que se automatiza las inspecciones dentro de los proyectos de construcciones de carreteras basada en el Manual de Especificaciones Estándar para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico. Además, se trabajó como segunda fase en el desarrollo de una aplicación a través del Internet para acelerar el manejo de documentos del proyecto a nivel administrativo. La aplicación y el programa trabajando en conjunto, tienen la capacidad de generar de forma automática las certificaciones de pago a los contratistas incluyendo la visualización del progreso del proyecto a través de la Curva-S, los informes de progreso diario y semanal, entre otros documentos. Con esta aplicación y el programa basado en Internet el administrador del proyecto es capaz de relacionar datos de diferentes reportes de manera automática ahorrando tiempo a la vez que se preserva la calidad de la información.

A. *Objetivos*

El objetivo principal de la investigación presentada es la creación de un marco conceptual, una aplicación y un programa para la automatización de los procesos administrativos en la oficina de campo de los proyectos de construcción de carreteras en Puerto Rico. Para esto se realizó un estudio detallado de las prácticas de control de proyectos empleadas actualmente por la ACT, se identificaron los elementos envueltos en los procesos de inspección de proyectos y procesamiento de información a nivel administrativo, y se desarrolló una metodología que integra la recolección de información a través de las inspecciones de proyectos utilizando la aplicación que alimenta el programa que a su vez permite el desarrollo de los reportes de informes de progreso, certificaciones de pagos y demás trámites por parte del administrador.

II. INVESTIGACIONES PREVIAS

La automatización de los procesos de construcción es un tema que ha sido estudiado durante las últimas tres décadas. Algunos autores enfocaron sus investigaciones en la identificación de mejores tecnologías para automatizar los diferentes procesos de construcción mientras otros se enfocaron en el manejo de la información generada durante la construcción.

Cox et. Al (2002) intentaron automatizar el proceso de inspección de proyectos de construcción utilizando Pocket PCs

y el programa Syware [2]. Su intención fue eliminar el uso de papel para procesos de inspección en proyectos. Moreno y Perdomo (2008) desarrollaron una aplicación para inspeccionar proyectos de carreteras utilizando computadoras portátiles o “laptops” [3]. Este fue el primer intento de automatizar el proceso de inspección de proyectos de carreteras en PR y sirve de base para el esfuerzo presentado en este documento. Chen and Kamara (2005, 2011) presentan en sus investigaciones los beneficios potenciales de usar tecnología móvil en el manejo de la información en los proyectos de construcción [4][5]. Los autores identificaron una estructura que implementa la tecnología móvil en los trabajos de campo considerando la información específica aplicable a las construcciones de obras civiles, y desarrollaron un modelo tecnológico con el diseño de sistemas de tecnología móvil en proyectos de construcción. Kim et al. (2013) propusieron un sistema enfocado en el monitoreo de los trabajos de campo, gerencia de proyectos y la transmisión de información en tiempo real utilizando teléfonos inteligentes [6]. Nourbakhsh et al. (2012) investigaron la información requerida para el uso de aplicaciones móviles en proyectos de construcción y desarrollaron un prototipo de la secuencia de las comunicaciones entre los involucrados durante el proceso de construcción [7]. Scott et al. (2003) identificaron la información más común requerida en los proyectos de construcción y determinaron los caminos del flujo de información [8]. Estos autores evaluaron la viabilidad de utilizar y desarrollar un sistema de manejo de información centralizado utilizando la internet como plataforma. Arruda et al. (2014) identificaron las tecnologías móviles existentes en la industria de la construcción [9].

Los estudios mencionados anteriormente sientan las bases para el desarrollo de aplicaciones de manejos de documentos y procesos digitalizados durante el desarrollo de construcción de infraestructuras. Sin embargo, ninguno de ellos desarrolla una aplicación que cubra el proceso completo de inspección, gerencia y documentación de las diferentes actividades de inspección durante la construcción de carreteras. El trabajo presentado en este artículo desarrolla un marco conceptual, una aplicación móvil y su extensión a través de internet para el manejo de los aspectos de inspección y generación de los documentos administrativos de proyectos de construcción.

III. METODOLOGÍA

La integración de tecnologías como las computadoras portátiles, tabletas y teléfonos inteligentes en el campo de la construcción presentan la oportunidad de optimizar los procesos de inspección y control del proyecto por parte de la administración del proyecto [2]. Esto también ayuda en el manejo efectivo de información a nivel administrativo a la vez que preserva su calidad. Por esta razón, un equipo de investigadores de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez identificó los procesos administrativos de control de proyectos de construcción de carreteras utilizados por la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT), agencia gubernamental encargada de la construcción, reconstrucción y mantenimiento

de las carreteras en Puerto Rico. Con esta información se desarrolló la primera fase de una aplicación móvil denominada como *Transportation Automated Inspection Process (TAIP)*. TAIP fue diseñada para optimizar los procesos de inspección y recolección de información durante la construcción de carreteras. La aplicación incluye las especificaciones del Manual de Especificaciones Estándar para Construcciones de Carreteras y Puentes de la ACT, manual que regula los procesos de construcción de carreteras en Puerto Rico. En la segunda fase del proceso de automatización de la inspección de proyectos la aplicación fue mejorada y ampliada para asistir al administrador del proyecto. Algunas de las mejoras incluyen: añadir la característica de monitoreo del progreso del proyecto a través del desarrollo de la Curva-S y la opción de generar los reportes de inspección diaria, monitoreo semanal/mensual de progreso del proyecto y las certificaciones de pago mensuales. Con esto el equipo de inspección puede verificar en cualquier momento si el proyecto cumple con el itinerario y costos estipulados en el contrato a la vez que puede ser utilizado como una herramienta de control de proyectos. Para identificar las mejoras necesarias se llevaron a cabo varias reuniones con ingenieros y gerentes de proyectos de la ACT los cuales evaluaron la aplicación a través de su implementación en un proyecto real.

Luego de esto el equipo de investigación desarrolló un marco conceptual para la automatización del proceso de inspección incluyendo una extensión a través del Internet. Esta extensión incluye la implementación de los diferentes reportes requeridos por la ACT como son el Reporte de Actividades Diarias y el Reporte de Inspección Diaria, así como el Reporte de Progreso Mensual el cual es utilizado para generar las certificaciones de pago. Los reportes fueron automatizados utilizando la información previamente recolectada en la aplicación móvil en cumplimiento con los formatos y especificaciones de la ACT. Estos se incluyen como parte de la aplicación virtual para proveer un manejo efectivo y eficiente de información.

En la Figura 1 se presenta el proceso de automatización desarrollado como parte del proyecto de TAIP. Este proceso provee la lógica para la automatización de la inspección de proyectos y la aplicación por Internet. El proceso de automatización final está en periodo de evaluación por personal de la ACT, una vez las nuevas características sean aprobadas, el prototipo de la aplicación será probado en el campo en un proyecto de la ACT para realizar los ajustes necesarios y obtener un producto final acorde a los requerimientos de ACT.

El primer proceso presentado en el flujograma es la recolección de datos por parte del inspector. El inspector realiza sus inspecciones utilizando la aplicación móvil TAIP, luego estos datos son almacenados en la base de datos central en la red, destinada para este propósito. El inspector puede generar el Reporte de Actividades Diarias directo de la aplicación. El segundo proceso se realiza una vez creado el reporte cuando el inspector lo envía vía internet a la base de datos central para su

almacenamiento, creación de otros reportes o futuras referencias.

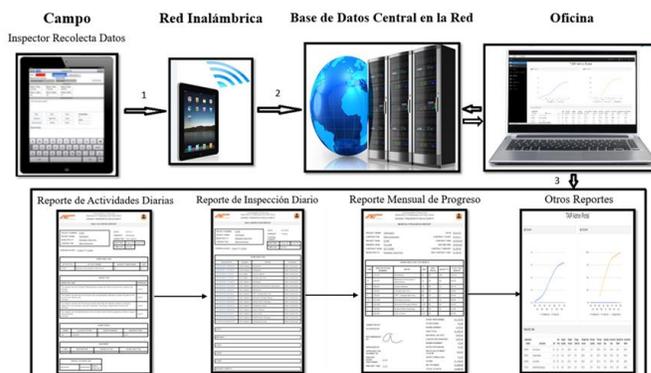


Fig. 1 Proceso de Automatización de la Inspección de Proyectos de Construcción de Carreteras en Puerto Rico.

Con la información del Reporte de Actividades Diarios se genera el Reporte de Inspección Diario. La aplicación tiene en su base de datos la información de todas las actividades de construcción con sus respectivas partidas, cantidades y costos. En el tercer proceso se crean los reportes de monitoreo de progreso del proyecto utilizando las cantidades de las actividades completadas en la aplicación de TAIP para ese periodo de tiempo. Cada Reporte de Actividades Diarias junto con el Reporte de Inspección alimentan la base de datos para la creación del Reporte Mensual de Progreso y actualizan la Curva-S de monitoreo del proyecto semanalmente. Con la información acumulada de las cantidades realizadas se crea también el Reporte de progreso para Pagos o Certificación de Pago mensual.

IV. APLICACIÓN MÓVIL Y A TRAVÉS DEL INTERNET

Como parte del proceso de automatización de la inspección de las actividades necesarias para la construcción de carreteras se desarrolló una aplicación móvil que puede ser utilizada en los sistemas iOS o Android. De igual forma se desarrolló una extensión virtual para la aplicación existente en la cual el administrador del proyecto puede monitorear el progreso de éste a la vez que genera los reportes requeridos por el dueño del proyecto durante el proceso de construcción.

A. Aplicación Móvil TAIP

TAIP provee apoyo al inspector en las tareas relacionadas al control de calidad facilitando listas de cotejo de cada una de las especificaciones estándar de la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT). De este modo, el inspector puede asegurarse de verificar todos los aspectos necesarios para asegurar la calidad del producto. En adición, puede tomar fotografías de la inspección, crear informes de cumplimiento de calidad, y distribuir estos informes a través de correo electrónico. La aplicación provee la opción de ser utilizada en uno de dos idiomas: Español o Inglés.

Los proyectos son creados por los administradores de proyectos o personal autorizado de la ACT. Una vez creado el

proyecto toda la información de actividades, cantidades y costos queda almacenada en la base de datos y de forma automática en la aplicación. En la Figura 2 se presenta la pantalla inicial donde el inspector va a escoger la actividad a inspeccionar según las especificaciones del Manual de Especificaciones Estándar para Construcciones de Carreteras y Puentes de la ACT.

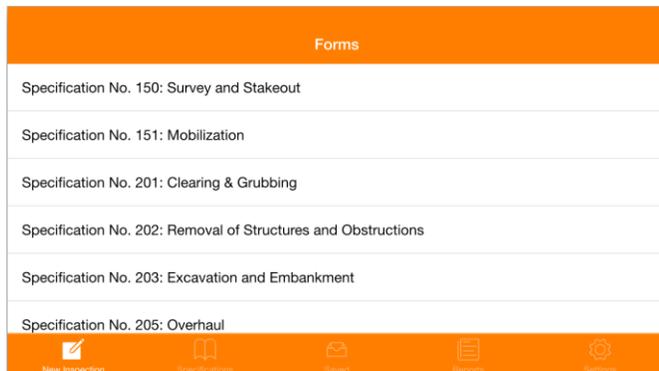


Fig. 2 Listado de los formularios de inspección para cada especificación incluido en T AIP.

Una vez seleccionada la especificación correspondiente a la actividad a inspeccionar, se abre el formulario de inspección. Esta consiste de un encabezado con la información básica del proyecto que ya había sido insertada anteriormente, la lista de cotejo de la inspección, un área para insertar fotografías, un área para seleccionar la distribución del informe, y un área para que el inspector firme la hoja.

La sección de inspección tiene una función de llenado automático que proporciona al inspector una lista de posibles actividades basadas en el texto introducido en los diferentes encasillados como se muestra en la Figura 3. Esto ayuda al inspector con la selección de las actividades correctas. Cuando la opción de la lista de actividades es seleccionada, la identificación de la actividad (Activity ID), las unidades y campos relacionados se llenan automáticamente. El inspector sólo necesita llenar la cantidad de trabajo realizado en el encasillado de cantidad medida. El inspector puede añadir múltiples actividades presionando el botón del extremo superior derecho que se muestra en la Figura 3.

Luego se encuentra la lista de aspectos de la construcción relacionados a las actividades que van a ser inspeccionadas como se presenta en la Figura 4. El inspector debe marcarlas como aprobadas, no aprobadas o no inspeccionadas. Debajo de cada aspecto inspeccionado hay un espacio en blanco para comentarios del inspector.

La aplicación tiene la opción para tomar fotografías de los elementos inspeccionados a través de las tabletas o teléfonos inteligentes que contengan cámaras fotográficas. Estas fotos se pueden adjuntar como evidencia de la inspección, o descartarlas si el inspector así lo desea. Debajo de cada foto hay espacio disponible para los comentarios del inspector. En la Figura 5 se presenta un ejemplo de una foto tomada durante una inspección de un proyecto.

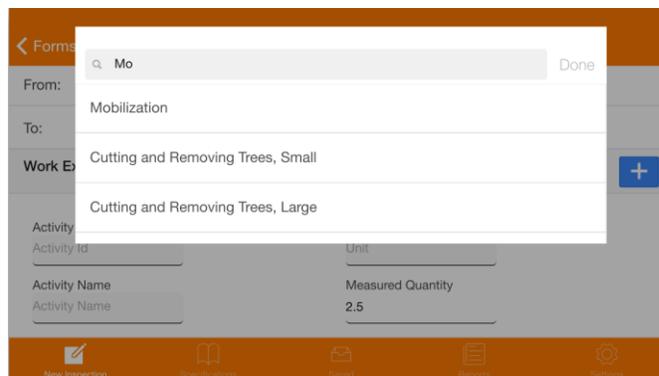


Fig. 3 Actividades con la Función de Llenado Automático de los Encasillados

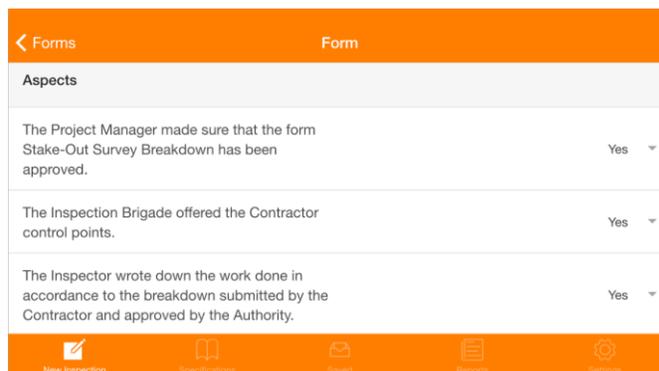


Fig. 4 Ejemplo de Aspectos de Inspección según establecido por la ACT incluidos en T AIP

Además de las características antes mencionadas, la aplicación incluye la posibilidad de añadir actividades por Administración Directa (Force Account), añadiendo encasillados para las nuevas actividades, equipo, materiales y mano de obra. Se incluye un área como la presentada en la Figura 6, para realizar dibujos de forma manual en caso de ser necesario.

La aplicación provee un área para que el inspector pueda firmar una vez termina la inspección. La firma del inspectores capturada a través de la pantalla táctil del equipo que se esté utilizando para realizar la inspección. Una vez terminado este proceso los detalles de la inspección se graban en la memoria local de la aplicación. La aplicación utiliza una carpeta temporal en el interior de la tarjeta de almacenamiento SD del dispositivo. Esta opción establece la cantidad máxima de espacio reservado para los archivos temporales, y provee la opción de borrar todos los archivos si así se desea. Los archivos temporales son: archivos en formato de documento portátil (PDF, por sus siglas en inglés) generados, fotos de la cámara que han sido procesadas y miniaturas (“thumbnails”). Los formularios completados no se guardan en esta carpeta, por lo tanto, no se ven afectados. Para facilitar la distribución de la información adquirida en la inspección, la información se convierte automáticamente en documentos PDF y está lista para ser enviada a la base de datos central. La aplicación necesita conectarse a internet para poder enviar la información a la base

de datos central. El inspector puede transmitir la información en directo si en el lugar de construcción tiene acceso a internet, o guardar la información en el dispositivo y transmitirla tan pronto este en un lugar con acceso a internet. La Figura 7 presenta parte de un ejemplo del Reporte resultado de una inspección de una actividad de construcción.

información de órdenes de cambio que se generan durante ese periodo de inspecciones. Los detalles de las órdenes de cambio se guardan en la base de datos para futuras consideraciones.

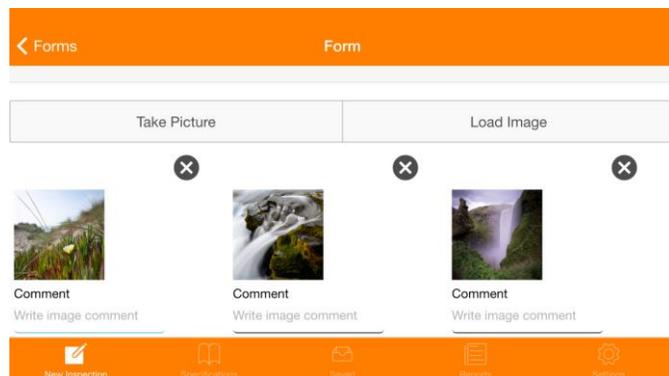


Fig. 5 Características de Inspección – Fotos y sus Comentarios en TAIIP

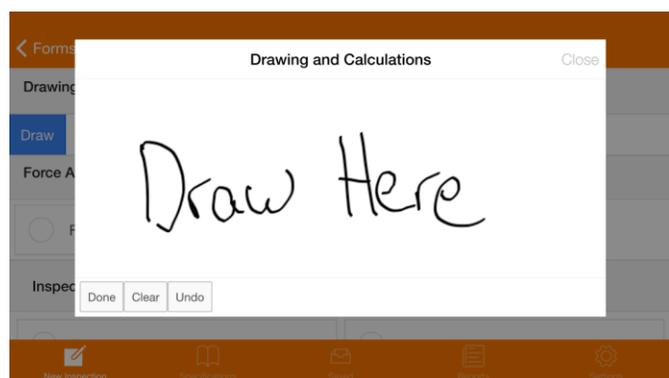


Fig. 6 Espacio para Dibujo Manual en TAIIP

B. Aplicación a través de Internet TAIIP

La aplicación a través del Internet desarrollada como extensión de la aplicación móvil TAIIP incluye una ventana principal con un tablero y diferentes opciones para navegar a través de la aplicación. Entre estas opciones se encuentran Proyectos Nuevos, Personal y Equipo, Mensajes, Usuarios, Órdenes de Cambio, y Reportes entre otros. La pestaña principal incluye información del progreso del proyecto a través de las Curvas-S generadas con la información del costo actual del proyecto versus el costo planificado, y la predicción de costos con Cambios Aprobados y Cambios Anticipados. Se necesita información de diferentes fuentes para poder generar estas curvas de progreso. Antes de comenzar el proyecto, es necesario crear en la base de datos central el itinerario de actividades con sus costos, así como el desglose de las partidas con sus cantidades y costos según especificado en los documentos de contrato del proyecto. Una vez el inspector comienza a realizar sus inspecciones y guarda la información en la base de datos, esta puede ser utilizada para generar las curvas de progreso (Curvas-S). Este análisis incluye la



Especificación No. 401: Pavimento Bituminoso de Mezcla Asfáltica Aplicada en Caliente	
0001-5678-401-1	
Proyecto: Mejoras Carr.1037	Pueblo: Mayagüez
Num. de Proyecto: 5678	Localización: Bo. Jayuya
Inspector: Luis Soto	Fecha/Hora: 05/09/2013 10:46 p.m.

ASPECTOS EVALUADOS:	Aprobado
1. El Inspector verificó que el subcontrato, fue aprobado por la Autoridad de Carreteras y Transportación.	Si
2. El Inspector se aseguró que el diseño para tipo de mezcla utilizado fue aprobado por el laboratorio de la Autoridad de Carreteras y Transportación.	Si
3. El Inspector se aseguró de que la superficie donde se depositó asfalto se le aplicó RC-2 o MC-1 según fue el caso.	Si
4. El Inspector se aseguró que los conductes contenían la información requerida (véase 401.13), al igual que se aseguró que el Inspector de Planta firmó el conducte y anotó la temperatura de mezcla al salir de planta y el Inspector en el Proyecto firmó el conducte y anotó la temperatura de llegada.	Si
5. El Inspector controló el espesor de capa según progresó la pavimentación y cotejó el rendimiento del tonelaje e hizo los ajustes necesarios.	Si
6. El Inspector realizó las pruebas a la superficie del pavimento utilizando regla de tres (3) metros (sección 401.24).	Si
7. El Inspector tomó catas para determinar espesor del pavimento según requerido en sección 401.25.	Si
8. El Inspector suspendió las actividades si al depositar material encontró que la sub-base estaba mojada, si el equipo de acarreo de asfalto se hundió al pasar por la sub-base o si comenzó a llover. Informó al Jefe de Proyecto de haber encontrado irregularidades con la calidad del asfalto.	Si
9. El Jefe de Proyecto totalizó diariamente los conductes. Preparó el resumen y archivó los documentos adecuadamente para facilitar el pago de certificaciones y futuros cotejos.	Si

RESULTADOS DE LA INSPECCION:	
¿La actividad cumplió con los requisitos de la especificación?	Si
Este informe se distribuye a las siguientes partes:	
Contratista	
Superintendente	

Fig. 7 Ejemplo del Reporte de Inspección Diaria en formato PDF generado a través de TAIIP

Cuando el usuario entra al sistema por primera vez se le solicita crear su firma digital como se presenta en la Figura 8. Para esto es necesario que el usuario se registre por primera vez en un equipo de pantalla táctil. Una vez hecho esto, la firma del usuario será insertada de forma automática en los documentos donde sea requerida su firma utilizando una contraseña de seguridad previamente programada.



Fig. 8 Programación de Firma en la aplicación TAIIP

Una vez el usuario programa su firma este es redirigido a la página principal de la aplicación donde se le pide ingresar la información del proyecto. Es aquí donde se incluye el nombre

del proyecto, su número de identificación, información de localización, las diferentes tablas con las actividades, partidas y costos. Se incluye también una tabla con el personal que va a estar trabajando en el proyecto, así como el equipo que se especifica utilizar, todas estas en formato de Excel. Las tablas con el formato requerido para su utilización están disponibles para el administrador dentro de la aplicación. El administrador es la única persona que puede añadir, editar o borrar personal y equipo del proyecto. Esta información va a estar disponible en la aplicación del inspector una vez comience a realizarse los trabajos de inspección. Las Figuras 9 y 10 presentan las pantallas principales de la aplicación a través del Internet de T AIP también llamado Portal Administrador.

inspectores; ambos, el inspector y el administrador pueden ver y generar los Reportes de Inspección Diaria y Reportes de Progreso Mensual. Tanto el portal de Internet como la aplicación móvil proveen de un elemento de búsqueda de reportes que incluye un filtro por el tipo de reporte, por inspector, por actividades o por fecha de inspección. Para crear los Reportes de Inspección Diaria o Progreso Mensual se presiona sobre el botón verde con el símbolo de suma al lado de la barra de búsqueda de los reportes como se presenta en la Figura 11.

Fig. 9 Pantalla Principal para el Portal del Administrador T AIP

Title	Id	Date	Location	Inspector	Download
A	J123486EGA19484115	08/28/2016	Caguas, Puerto Rico	Jose Vega	PDF
A	J123486EGA195511115	08/30/2016	Caguas, Puerto Rico	Jose Vega	PDF
A	J123486EGA195733115	08/30/2016	Caguas, Puerto Rico	Jose Vega	PDF
A	J123486EGA19612115	08/29/2016	Caguas, Puerto Rico	Jose Vega	PDF
A	J123486EGA20484115	08/28/2016	Caguas, Puerto Rico	Jose Vega	PDF
A	J123486EGA205511115	08/30/2016	Caguas, Puerto Rico	Jose Vega	PDF

Fig. 11 Base de Datos de Reportes de Actividades Diarias de T AIP

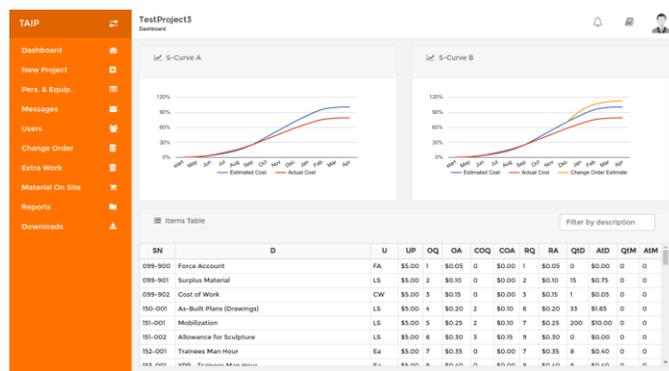


Fig. 10 Tabla de Especificaciones y Curvas-S de Progreso del Proyecto en T AIP

Luego de comenzados los trabajos de inspección a través de la aplicación de T AIP el administrador del proyecto puede ver los Reportes de Actividades Diarias generados por los

Para la creación del Reporte de Inspección Diaria es necesario que el administrador llene el formulario de inspección diaria. Este formulario incluye la información de identificación del proyecto, así como el nombre del inspector, datos climáticos del día en que se hace la inspección, horas trabajadas, tiempo de lluvia (de ser necesario), y la fecha en la que se realiza la inspección. Para someter esta forma es necesario que el administrador la firme digitalmente utilizando su código de seguridad previamente establecido. De igual forma, para crear el Reporte Mensual de Progreso, el administrador necesita llenar un formulario de progreso mensual del proyecto en el que se incluye la información de identificación del proyecto y tres tablas con la información acerca de las especificaciones de las actividades trabajadas durante ese mes, los materiales recibidos y los materiales instalados. Las tablas con los materiales recibidos e instalados ayudan a mantener un seguimiento de los materiales que llegan al proyecto y cuando se instalan. Esto es importante debido a que, si hay una cláusula de material en sitio, una vez los materiales llegan al proyecto se procede con el pago al contratista. No siempre los materiales son instalados durante el mismo periodo que estos se reciben. Dado que la aplicación hace todos los cálculos de costos y materiales de forma automática (previamente programado), es necesario incluir el signo de menos (-) en el encasillado de los materiales en caso de que estos sean instalados en otro periodo que no sea el de su llegada al proyecto. Por esta razón, es necesario que el administrador revise las tablas de materiales en el proyecto y

materiales instalados antes de generar los Reportes de Pago o Certificaciones de Pagos Mensuales.

El Reporte de Progreso Mensual para Pagos o Certificación de Pago Mensual incluye información que muestra el total del costo del contrato, el trabajo realizado por el contratista durante ese periodo de tiempo, el porcentaje completado del proyecto, entre otros. En este reporte, la cantidad de trabajo para cada periodo es grabada y el costo de cada actividad es calculado basado en el costo de cada partida dentro del contrato. Luego de someter el reporte este estará disponible para las firmas y aprobación del personal pertinente. El administrador firma automáticamente de forma digital con su contraseña y se le envía una notificación vía correo electrónico al personal requerido. Este personal incluye: el contratista, el supervisor de área, el director del área de construcción y el representante de finanzas. Las Figuras 12 y 13 presentan un ejemplo de Reporte de Pago de Mensual Reporte de Progreso Mensual.

Project Name: <u>Construction_Project</u>	Date: <u>2015-9-4</u>
Constructor: <u>Western Construction</u>	Contract Start: <u>2015-10-3</u>
Project Number: <u>14852</u>	Contract End: <u>2015-4-22</u>
Federal Number: <u>FED-14852</u>	Revised End: <u>2015-4-22</u>
Contract Number: <u>ACT-14852</u>	Contract Amount: <u>\$649,980.65</u>
Municipality: <u>Caguas, Puerto Rico</u>	Revised Contract Amount: <u>\$689,980.64</u>

Work Executed This Month						
Item Number	Specification Number	Item Description	Unit	Unit Price	Quantity	Cost this Month
1	032-220	A	cy	\$100	250	\$25,000.00
4	031-361	D	lf	\$35.71	1680	\$59,982.80
6	003-311	F	cy	\$51.61	775	\$39,997.75
9	005-120	I	lb	\$0.76	65500	\$49,780.00

% Work Performed (%107.55): <input type="text" value="107.55"/>	Liquidated Damages (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	Calculation Preview Sub-Total: \$349,541.10 Net-Payment: \$349,541.10 Total Amount to date: \$349,541.10 Signature Pin: <input type="button" value="Sign"/> <input type="button" value="Reset Data"/> <input type="button" value="Submit"/>
Percent Time: (%25) <input type="text" value="25.00"/>	Reimbursement(LqD) (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	
Work Performed (\$349,541.10): <input type="text" value="349541.1"/>	Extra Retained (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	
Percent Retained (%0): <input type="text" value="0"/>	Price Adjustment Clause (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	
Amount Retained (-\$0.00): <input type="text" value="0"/>	Safety Penalties (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	
Reimbursement(WP) (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	Other (\$0.00): <input type="text" value="0"/>	
Sub-Total (\$349,541.10): <input type="text" value="349541.1"/>	Net Payment (\$349,541.10): <input type="text" value="349541.1"/>	
Material on Site (\$0): <input type="text" value="0"/>	Total to Date (\$349,541.10): <input type="text" value="349541.1"/>	

Fig. 12 Ejemplo de Reporte de Pago Mensual generado en TAIP

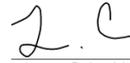
Submitted by:	 Project Administrator	Work Performed: <u>\$ 174,770.55</u>
	Pending Approval	% Retained: <u>\$ -8,738.53</u>
Accepted by:	Contractor	Reimbursement: <u>\$ 5,000.00</u>
	Pending Approval	Sub-Total: <u>\$ 171,032.02</u>
Recommended By:	Area Supervisor/Regional Director	Material on Site: <u>\$ 1,000.00</u>
	Pending Approval	Liquidated Damages: <u>\$ 0.00</u>
Approved by:	Construction Area Director	Reimbursement: <u>\$ 0.00</u>
	Pending Approval	Extra Retainage: <u>\$ 0.00</u>
Approved for Payment by:	Finance Area Director	Price Adjustment Clause: <u>\$ 0.00</u>
		Safety Penalties: <u>\$ 0.00</u>
Percent Work Performed:	<u>25.33 %</u>	Other: <u>\$ 0.00</u>
Percent Time:	<u>20.00 %</u>	Net Payment: <u>\$ 172,032.02</u>
		Total to Date: <u>\$ 172,032.02</u>

Fig. 13 Ejemplo de Reporte de Progreso Mensual generado en TAIP

V. CONCLUSIONES

El artículo presenta la metodología y aplicaciones desarrolladas con el propósito de acelerar el proceso administrativo de control de proyectos a través de la automatización de la recolección y procesamiento de datos durante el proceso de construcción de carreteras. El desarrollo de la aplicación móvil y su extensión a través del Internet simplifican la creación y manejo de documentos por parte del administrador del proyecto eliminando la manipulación de datos del papel a la computadora y proveyendo un sistema organizado de archivo de documentos accesible desde el Internet. También, se elimina la necesidad del uso de documentos en papel contribuyendo así a la preservación del medio ambiente. La aplicación desarrollada le provee al administrador del proyecto una herramienta para el monitoreo del progreso de las diferentes actividades de construcción, así como la creación de los diferentes reportes requeridos durante la construcción. Esto permite la generación y transferencia de información de forma rápida y efectiva preservando la calidad de los datos dado que la información es recolectada de forma digital minimizando los errores de la manipulación de datos.

La aplicación fue probada durante su primera fase por personal de la ACT donde se identificaron recomendaciones que fueron implementadas en una segunda fase de desarrollo. Al momento de esta publicación personal de la ACT está evaluando el resultado final de la aplicación y su posible implementación en los proyectos de construcción de carreteras en Puerto Rico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al University Transportation Research Center (UTRC) Región II por patrocinar este trabajo. De igual manera, los investigadores agradecen al personal de la ACT que ha colaborado en el desarrollo de esta aplicación.

REFERENCIAS

- [1] Perdomo, J., Nieves, M., Santiago, D. And Valdés, D. "Using Mobile Computers to Automate the Inspection Process for Highway Construction Projects". Proceedings of the ASCE 2013 Construction Research Congress/Canadian Society for Civil Engineers Conference, Montreal, Canada. 2013.
- [2] Cox, S., Perdomo, J., And Thabet, W. "Construction Field Data Inspection Using Pocket PC Technology". International Council for Research and

- Innovation in Building and Construction. Aarhus School of Architecture, Denmark. 2002.
- [3] Moreno, R., Perdomo, J. “Automatización del Proceso de Inspección para Proyectos de Carreteras”. Revista Dimensión - Colegio de Ingenieros de Puerto Rico. 2008.
- [4] Chen, Y. And Kamara, J. “The Use of Mobile Computing in Construction Information Management”. In: Proceedings of the 21st Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) SOAS, London. 2005.
- [5] Chen, Y. And Kamara, J. “A Framework for Using Mobile Computing for Information Management on Construction Sites”. Automation in Construction, v. 20, n. 7, p. 776-788. 2011.
- [6] Kim, C., Park, T., Lim, H. And Kim, H. “On-site Construction Management Using Mobile Computing Technology”. Automation in Construction. 2013.
- [7] Nourbakhsh, M., Mohamad, R., Irizarri, J., Zolfagharian, S. And Gheisari, M. “Mobile Application Prototype for On-site Information Management in the Construction Industry”. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 19 Iss: 5, pp.474 – 494. 2012.
- [8] Scott, D., Kwan, M., Cheong, W. And Li, H. “Web-based Construction Information Management Systems”. The Australian Journal of Construction Economics and Building. Vol 3, No 1. 2003.
- [9] Arruda, L., Franca, S. And Quelhas, O. “Mobile Computing: Opportunities for Improving Construction Productivity”. International Review of Management and Business Research, Vol. 3 Issue 2. ISSN: 2306-9007. 2014.