

CAMARAS IP: MONITOREO VIRTUAL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Camilo Acevedo Pino. Especialista en gestión de la construcción. Estudiante de la maestría en ingeniería Universidad EAFIT. Gerente técnico de ION Technologies. Medellín.

camilo.acevedo@iontecnoc.com

Resumen

El adecuado seguimiento a los proyectos en ejecución es necesario para el sector de la construcción, pues un ineficiente e inefectivo sistema de control del avance de actividades puede afectar la productividad, independiente del tamaño de los proyectos, tanto públicos como privados, ya que la gran mayoría de personal operativo, en ausencia de la adecuada supervisión, no realizan sus labores con el mismo rendimiento, afectando la productividad del proyecto en ejecución. Adicionalmente, la cantidad de accidentes que se pueden prevenir con un correcto seguimiento y sus correspondientes ahorros, permiten evaluar alternativas de monitoreo y control por medio de tecnologías de información y comunicaciones. Con el seguimiento virtual se puede mejorar la productividad, la seguridad industrial, optimizar la logística y tener seguimiento detallado de actividades de construcción.

El monitoreo virtual de proyectos mediante cámaras IP, ayuda a las diferentes áreas involucradas en la ejecución de proyectos de construcción. Proporciona un seguimiento óptimo y preciso de las diferentes labores, detectando equipos inutilizados, condiciones de seguridad poco apropiadas o imprudencias de trabajadores que pueden generar accidentes. Este método permite a cualquier persona autorizada revisar y controlar la obra de manera segura por medios virtuales remotos, proporcionando una óptima solución de control, al optimizar la movilidad del individuo sin tener que desplazarse a lugares alejados.

PALABRAS CLAVE: Cámara IP, productividad, seguridad, calidad, internet.

Abstract

The adequate monitoring of construction projects is necessary for the construction sector, because an inefficient and ineffective timing control system can affect productivity activities, regardless the size of the project, both public as private, because most operational staff, in the absence of adequate supervision, do not perform their duties with the same performance, affecting the productivity of project execution. Additionally, the number of accidents that can be prevented with proper monitoring and associated savings, lead to evaluate monitoring and control alternatives by information and communication technologies. With virtual monitor can enhance productivity, industrial safety, optimize logistics and have detailed monitoring of construction activities

Virtual Monitoring projects using IP cameras, helps the different areas involved in the execution of construction projects. It provides an optimal and precise tracking of different tasks; detecting unused equipment or inappropriate security conditions or imprudence by workers that may generate accidents. This method allows to any authorized person could be checking and controlling the working area safely by virtual remote sources, providing an optimal solution to solve the mobility of the individual and allowing enhance his time in more value tasks than in a shift to remote places.

KEYWORDS: IP camera, productivity, safety, quality, internet.

Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación, TICs, en el sector construcción en Colombia, no han sido utilizadas de forma masiva, ya que los constructores han centrado sus esfuerzos en diferentes aspectos, como la disminución de costos, la importación de materiales, el uso de maquinaria y equipo, entre otros, para mejorar la productividad, dejando relegado el uso de tecnologías de la información y la comunicación, las cuales pueden llegar a optimizar y mejorar sus actividades de una manera importante.

La supervisión de los proyectos de construcción es un aspecto esencial para el negocio, ya que su ausencia o ineficiencia, puede causar reprocesos y accidentes, lo cual genera sobrecostos y retrasos, siendo entonces determinante su mejora y evolución para la obtención de óptimos resultados. El uso de cámaras IP representa una alternativa y un complemento con gran valor agregado en el monitoreo y supervisión de proyectos de construcción. Por tratarse de una herramienta con gran adaptabilidad y amplias posibilidades¹, las cámaras IP se han empleado para brindar soluciones de monitoreo y control en industria, laboratorios, bancos, casinos y proyectos de construcción entre otras múltiples aplicaciones.

En el caso de la supervisión en la construcción es de gran importancia, como lo destaca Marr (1982), al contar con imágenes del exterior para cualquier tipo de observador, lo cual permite hacer un seguimiento desde cualquier lugar, eliminando las limitaciones geográficas, y facilitando el control de los diferentes proyectos. Dicho concepto ha sido empleado por empresas europeas mejorando la productividad y generando ahorros considerables; a su vez creando un entorno más seguro en obra ya que se generan reportes y controles continuos por lo que cualquier situación anormal en la obra se puede informar inmediatamente. Lo anterior ha generado que para muchas de las grandes constructoras multinacionales, la supervisión de proyectos mediante cámaras IP, sea una herramienta de uso obligado, contando incluso con programas y modelos de seguimiento propios, de acuerdo a sus necesidades particulares.

Algunas constructoras colombianas están tomando como modelo a empresas, universidades y centros de investigación de otros países que han aplicado e implementando tecnologías de la información y la comunicación en la construcción desde hace algún tiempo con éxito, con el objetivo de obtener óptimos resultados en productividad, seguridad industrial, salud ocupacional y mejora en los procesos logísticos, de acuerdo con las necesidades particulares, alcanzando ya varias experiencias exitosas en el país, incluso sorteando dificultades locales y regionales de conectividad, lo cual como lo establece Wireless (2013), es uno de los principales limitantes de este tipo de herramientas.

La complejidad en los proyectos actuales de construcción es cada vez mayor. La presión constante del mercado para la disminución de plazos y costos, sumados a las exigencias de calidad de clientes y usuarios finales, demandan de profesionales y empresas

¹ de acuerdo con Axis (Axis, 2013) en 1991 comenzó el monitoreo del nivel de café en la máquina de la universidad de Cambridge mediante la primera Webcam. En 1996 se creó primera cámara IP.

constructoras una mayor atención a los aspectos de logística, calidad, impacto ambiental, salud ocupacional y seguridad, por lo cual el uso de herramientas de apoyo que puedan ser utilizadas para el control de los procesos y el cumplimiento de los objetivos en los proyectos se hacen cada vez más necesarias.

Adicionalmente, el incremento en procesos administrativos, las dificultades de acceso, la lejanía y extensión en algunos proyectos, son aspectos que disminuyen el tiempo y dedicación de los profesionales para el seguimiento y control en campo de las obras, aspecto fundamental para el correcto desarrollo de las mismas, el cual al verse afectado por la poca dedicación de los profesionales al control, ocasiona mayores tiempos en la ejecución, incremento en los costos, aumento en la accidentalidad y menor calidad en el producto final. En el campo de la contratación pública y el desarrollo de las obras es crucial el control permanente del avance de los proyectos, teniendo en cuenta los recientes casos de incumplimientos, los malos manejos de anticipos y corrupción que se han presentado en este sector.

La utilización de tecnologías de la información y la comunicación, como las cámaras IP, son una herramienta poderosa que permite una revisión y control a los procesos por parte de constructores, inspectores, supervisores, clientes y usuarios finales, los cuales pueden tener un conocimiento en tiempo real del avance de los proyectos, de la materialización de sus inversiones, de la logística, de la seguridad, la productividad y la calidad, siendo lo anterior una solución a los problemas anteriormente mencionados y un complemento al control y la supervisión de obra. Es por esto que cobra importancia conocer qué ventajas tiene la utilización del modelo de control virtual en proyectos y procesos, y de qué manera se complementa con el control y la supervisión tradicional de los mismos para optimizar los resultados.

1 Monitoreo virtual

El monitoreo virtual, consiste en el control o supervisión de una situación, de manera virtual, remota o exterior, mediante la toma de imágenes o datos de fuentes o sensores externos. Dicho monitoreo se realiza con el objetivo de realizar la observación o seguimiento de uno o más parámetros para la detección de situaciones particulares o anómalas, o simplemente para mantener el control de una situación, evento o proyecto en general.

Para conocer y entender el concepto de monitoreo virtual se requiere saber sobre los software, las limitaciones y las arquitecturas que usan las cámaras para el seguimiento visual, entendiendo de antemano como es enunciado por Martínez Molina (Martínez Molina, 2008), que uno de los principales inconvenientes, es la poca flexibilidad en las arquitecturas tradicionales para monitoreo virtual. Sin embargo, dicha limitación con el paso del tiempo y el constante desarrollo de la tecnología, busca disminuir dicha rigidez mediante las diferentes opciones y posibilidades que trae el monitoreo mediante cámaras IP, sin dejar a un lado la intervención humana en los procesos de seguimiento y control, la cual es esencial dentro del proceso de monitoreo, como fue enunciado por Marr & Hildreth (Marr & Hildreth, 1982) desde hace más de 30 años.

Los diferentes esquemas de seguimiento visual son esquemas de estimación de fondo (González & Woods, 2002), esquemas de estimación de distancia (Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Sánchez Marín, 2003), esquema de cálculo de profundidades a partir del desenfoque de la imagen (Vélez Serrano, Moreno Díaz, Sánchez Calle, & Sánchez Marín, 2003), esquemas de clasificación de formas (González & Woods, 2002).

El esquema de estimación de fondo consiste en que, a partir de las secuencias de video capturadas por una videocámara estándar, se analiza la escena compleja donde se incluyen movimientos características básicas del lugar y cambios de iluminación, que permiten obtener una estimación del comportamiento del entorno y así poder plantear la detección del movimiento. El esquema de estimación de distancia considera dos cámaras de video independientes trabajando simultáneamente, el algoritmo determina en base al análisis de las imágenes, cuales captan la escena desde diferentes puntos de vista y la distancia a la que se encuentran los objetos del sistema de captación de imágenes. Lo anterior reduce falsas correspondencias de error y por conclusión el algoritmo solo se centra en los objetos detectados. La diferencia entre dicho esquema y el de cálculo de profundidades a partir del desenfoque de la imagen, es que el anterior solo requiere de una imagen de la escena para calcular la profundidad de los objetos, mientras el esquema de clasificación de formas se basa en que a partir de los objetos detectados sea mediante detección de movimiento o cualquier otro esquema, se desarrolla un algoritmo capaz de clasificar dichos objetos dentro de un grupo de formas determinado.

En los últimos años se ha dado un rápido avance a los sistemas de track visual para cámaras debido a las necesidades de mantener un correcto control, supervisión y vigilancia como indica Maria D. Ruiz (Ruiz, 2010); lo anterior a su vez va acompañado en la implementación de las cámaras IP para dichas actividades, las cuales son “cámaras diseñada especialmente para enviar señales de video (en algunos casos audio) a través de internet o una red de área local (LAN) desde un explorador de internet” (Garcia, 2013). Las cámaras IP también pueden incluir entradas para alarmas y salida de relé, incluso las cámaras de red más avanzadas pueden llegar a ser equipadas con muchas otras funciones para objetivos específicos, como son la detección de movimiento, la salida de vídeo analógico, la visión nocturna, entre otros.

De acuerdo a Teleinfo (TELEINFO, 2011), el uso de cámaras IP tiene mayor aplicación a cualquier clase de medio, siendo este sistema muy superior al normalmente usado circuito cerrado de televisión. Esto radica básicamente en la mayor flexibilidad de esta herramienta, y en la posibilidad de realizar un seguimiento remoto, lo cual es esencial dentro del medio globalizado, y por la creciente necesidad de expansión en el mercado. Aunque actualmente para supervisión monitoreo y control de proyectos tiene gran acogida el circuito cerrado de televisión, debido a que este ha demostrado su calidad y aplicación previamente, el uso de cámaras IP se ha ido incrementando y con el tiempo primarán sobre la tecnología previa. Para el caso de la supervisión y el monitoreo virtual de proyectos de construcción, se utilizan cámaras de última tecnología desarrolladas para trabajar en cualquier condición climática, intemperie, condiciones adversas y con

tiempo indefinido por lo que se realiza un mantenimiento exhaustivo antes de proceder a la instalación de estas

2 Antecedentes de control y monitoreo virtual de proyectos

El control y monitoreo virtual de proyectos, es un concepto que se emplea mundialmente en múltiples áreas del conocimiento y en diferentes sectores productivos, desde el monitoreo virtual del crecimiento de colonias de hongos en laboratorios de países tropicales, pasando por el seguimiento de las curvas de secado de la madera en plantas de procesamiento ubicadas en todo el mundo, hasta llegar al monitoreo virtual de obras de construcción ubicadas en cualquier lugar de la tierra. Siendo este último concepto de control y monitoreo virtual, de especial interés para la ingeniería colombiana.

El mundo actual ha sido afectado por una innovación tecnológica de gran importancia. El sector de la construcción no puede ser ajeno a esta situación. Es por esto que diferentes actividades productivas han sido impactadas con el uso de estas tecnologías, aumentando la capacidad de los profesionales para realizar cálculos, estar informados y compartir resultados en tiempo real y desde cualquier lugar del mundo, así como acceder a representaciones y simulaciones que facilitan la comprensión de diversos conceptos, en los proyectos, gracias al empleo de diferentes soportes multimedia.

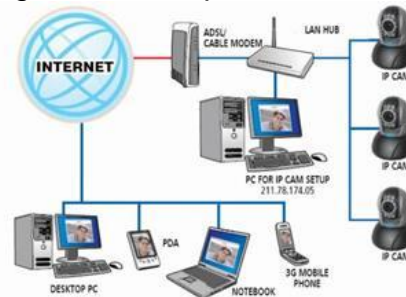


Figura 1: Componentes y distribución de red de monitoreo remoto (SySmain, 2012)

Estas herramientas son sumamente útiles para todos y cada una de las personas de una determinada área de conocimiento, ya que potencian la capacidad para la búsqueda, intercambio de información, la adquisición de datos experimentales, la realización de cálculos, entre otros. Debido a esto, han existido iniciativas, tanto a nivel nacional como internacional, para el control y/o monitoreo de proyectos de construcción, mediante el uso de distintos tipos de herramientas. Dichas iniciativas, pueden aplicarse tanto en el sector público, como en el privado, enfocado cada uno a sus objetivos específicos.

Dentro de las marcas de cámaras de seguridad y cámaras IP la que más destaca es Axis. Las cámaras Axis integran todas software de tracking visual capaces de habilitarse por detección de movimientos en la zona software que se ha mejorado y a su vez la calidad del envío de imagen actualmente en formato MPEG-4 (Axis, 2007)

Diferentes iniciativas a nivel internacional han puesto en marcha proyectos de monitoreo virtual, presentando propuestas a diferentes niveles, en el área de construcción. Algunos ejemplos de estas iniciativas son:

2.1 SINDEO (Sindeo, 2006)

Los negocios actuales, tanto los de las grandes como los de las pequeñas empresas, precisan facilidad de operación así como sistemas ajustados para la vigilancia de seguridad o la monitorización de procesos de producción, y aplicaciones avanzadas como la monitorización de la calidad de servicio y las transacciones del punto de venta. (Perez M. A., 2007)

Sindeo es una iniciativa privada, desarrollada por la multinacional española Acciona, cuyos inicios se remontan al año 2006, integrando un portal web y múltiples cámaras IP en sus diferentes proyectos. El sistema de monitoreo virtual está constituido por una red de cámaras web repartidas por los proyectos más importantes de la empresa, que permite el seguimiento en tiempo real de todos ellos. Su principal servicio va dirigido al personal de obra que podrá acceder a información en tiempo real relacionada con procesos constructivos y sistemas de organización de recursos.

Mediante la red Sindeo se puede intercambiar información entre el jefe de proyecto y otros servicios de la empresa (ingeniería, planificación, compras, seguridad, calidad, etc.), acercando los servicios y capacidades de la empresa a las obras. La plataforma de la red de Sindeo cuenta con la clasificación de niveles de seguridad y permisos para las personas con acceso, cuenta con claves personalizadas para cada tipo de configuración. Estas claves se otorgan dependiendo el tipo de acceso y capacidad de uso de la cámara que se quiera dejar a cada usuario. La plataforma Sindeo está estructurada de manera que permite ver videos o imágenes de cualquier proyecto manejado por ellos. El contar con este tipo de seguimiento permite tener un mayor control sobre todas las obras que se manejen de la compañía a nivel mundial.

Una de las grandes ventajas es que toda obra puede ser monitoreada tras la solicitud formal por parte de los responsables del proyecto, pudiendo llevarse a cabo con conexión vía ADSL, GSM, WIRELESS, SATÉLITE, etc. lo cual al poder contar con una gran variedad de posibilidades de conexión permite su implementación en cualquier parte del mundo de manera independiente a la ubicación geográfica y conectividad disponible. El sistema fue desarrollado en conjunto con personal de Acciona con la mentalidad de una tarea específica para ser más competitivos y ofrece los siguientes componentes:

2.1.1. Procesos. La Web Sindeo permite la extracción de una amplia gama de información, referente a procesos. Se hace a través de conexiones online que permiten seleccionar imágenes de procedimientos de ejecución. Esta información acumulada y archivada permite disponer de una biblioteca de tecnologías y procedimientos clasificados por tipología de obra. Esta herramienta es utilizada por aquellas personas que dispongan de nivel de acceso necesario a través de una clave asignada, y permite documentar procesos constructivos y procedimientos en cualquier tipología de obra, almacenando un histórico de conocimiento para la empresa, mejorando la competitividad al permitir la identificación de las mejores prácticas y de los errores.

2.1.2 Medio ambiente. Mediante el Centro de Información Web Sindeo se puede recoger información acerca de procesos de gestión medioambiental. Esto permite disponer de una base de datos multimedia que facilita la formación y la implantación de sistemas de gestión medioambiental en nuevos proyectos de similares características; adicionalmente permite hacer un seguimiento y un control del cumplimiento del plan medio ambiental en cada proyecto, verificando el cumplimiento de los requerimientos ambientales, y guardando un registro y un histórico como respaldo frente a las autoridades ambientales.

2.1.3 Calidad. Los sistemas de gestión de calidad necesitan de una herramienta de retroalimentación que facilite la mejora continua de procesos. Una herramienta potente de la cual los responsables de calidad pueden disponer es la web, con esta pueden tener la información en tiempo real. De esta forma se pueden analizar y mejorar los procedimientos existentes y elaborar nuevos procedimientos basados en información gráfica, con la posibilidad de construir el registro visual y fílmico de dichos procedimientos de una manera simultánea a la revisión y control.

2.1.4 Seguridad. El sector de la construcción es uno de los sectores de más alta accidentalidad entre las actividades industriales, la recolección de información en tiempo real acerca de escenarios de accidentes permite un análisis de los mismos y una mayor eficacia en la definición de medidas correctoras. El potencial de esta herramienta no sólo se limita al análisis y estudio de escenarios de trabajo, además de proveer un registro permanente para presentar a las empresas aseguradoras en caso de un accidente.

2.1.5 Planeación. La terminación de los proyectos en el plazo determinado es una demanda cada vez más importante de los clientes o del contratante. Para ello es imprescindible que los responsables del proyecto puedan realizar un seguimiento real de los trabajos. Este seguimiento debe permitir analizar y posteriormente mejorar la disponibilidad de recursos y la organización de los mismos. Con el tiempo y gracias a la posibilidad de archivo de las experiencias recogidas, a través de la Web Sindeo, se puede disponer de una base de datos que ayuda a la toma de decisión en futuros proyectos, además de garantizar que el seguimiento a la planeación de proyectos remotos se está haciendo correctamente, y la información consignada en el programa es verídica. (Acciona, 2006)



Figura 2: Sistema Sindeo panel inicial (Sindeo, 2006)

2.2 TIME – LAPSE DIGITAL

Time – Lapse, es una técnica fotográfica que a una velocidad acelerada un proceso o suceso relativamente lento, el video permite ver la evolución a una velocidad normal, acelerando los tiempos naturales; un ejemplo, es la construcción de un edificio que se demora 14 meses en finalizar, este tiempo es lento y la percepción de la evolución es imperceptible, con la técnica de Time- Lapse se presenta un video el que se resumen esos 14 meses en minutos.

En el ámbito académico se ha investigado sobre la documentación de Time - Lapse y seguimiento en tiempo real de proyectos (M. Pabón, Universidad de los Andes. Bogotá Colombia), donde se documentan de procesos constructivos en obra, mediante la aplicación de la técnica de video Time Lapse, con el fin de recopilar, comprender, analizar y mejorar dichos procesos constructivos, con el último fin de incrementar la productividad mediante la mejora de los mismos y se indica la posibilidad de realizar balances de cuadrillas y control de productividad con este método. Dicha investigación también abarca el Time – Lapse Digital y el seguimiento en tiempo real de proyectos.

Siendo este último de particular interés pero desarrollado de una manera más teórica, y enfocado al uso de cámaras digitales tradicionales y software de transmisión tipo video conferencias para la transmisión, pero reconociendo el gran potencial desde el punto de vista gerencial de esta herramienta.

2.3 SEGUIREM – Seguimiento remoto en obras

SEGUIREM, iniciativa de la empresa española Constructora Zabalandi, la cual cuenta con más de 35 años de experiencia, y se ha caracterizado por el constante desarrollo de proyectos de investigación aplicados a la industria de la Construcción, permite a través de herramientas informáticas sencillas mejorar el proceso de gestión y seguimiento de las obras. Con la implementación de este proyecto se buscaba la compensación de la diversidad en cuanto a tipología de proyectos, la dispersión geográfica de los mismos y la falta de recursos de las empresas pequeñas, siendo este último punto de gran interés, ya que el desarrollo de este tipo de iniciativas, se caracteriza por darse principalmente en grandes empresas multinacionales de Construcción.

La herramienta SEGUIREM, tiene como objetivo capturar en la propia obra información multimedia, fotografías, vídeo, e incluso ficheros de audio, a través de dispositivos móviles y cámaras de vídeo, con el propósito de enviar esta información recolectada a cualquier otro lugar remoto, principalmente las fotografías y el video, a través de tecnología inalámbrica, para poder realizar un diagnóstico colaborativo de las obras o proyectos y evaluar de manera remota cualquier dificultad puntual presentada, incluso permitiendo establecer sesiones de videoconferencia entre el personal de obra y los jefes de obra.

Adicionalmente, SEGUIREM permite almacenar la información capturada en obra, en un repositorio multimedia en el servidor central de la empresa, centralizando directamente el almacenamiento de la información, evitando de esta manera pérdida de la misma. Esto permite a diferentes empresas constructoras incorporar información adicional en todo tipo de informes: de seguimiento y avance de obra, notificación de problemas, contar fácilmente con información multimedia para la preparación de futuras ofertas a potenciales clientes entre otros.

Para el desarrollo de la herramienta SEGUIREM, se emplearon herramientas de libre distribución (opensource); adicionalmente el entorno de desarrollo ha sido java lo que asegura una compatibilidad con las plataformas Linux y Windows. Se emplearon herramientas existentes como Skype para dar soporte al módulo de videoconferencia. Lo anterior explica porque este tipo de tecnologías de la información pueden ser empleadas, por las diferentes empresas de construcción, de distintos tamaños.

La herramienta SEGUIREM cuenta con los módulos y componentes para la gestión remota de obras, la captura de archivos multimedia, gestor de información multimedia, módulo de video conferencias y módulo de administración y perfiles de usuario. Adicionalmente cuenta con un servidor central controla la base de datos en Access 2003 de las cámaras. Por otra parte las Webcams, cámaras IP y conexión a internet para el monitoreo se encuentran en los puestos remotos. Con estos servicios logra abarcar una amplia gama de opciones de apoyo y soporte durante la ejecución de los proyectos. (Perez A. , 2008)

2.4 OBRAS ONLINE

Iniciativa privada de origen español, la cual cuenta con un amplio espectro de aplicaciones, en el sector público, para la veeduría o monitoreo por parte de la población de obras públicas importantes, en el sector privado para el control de obras en el tema técnico y para el área inmobiliaria comercial, permitiendo el seguimiento al proyecto y visualización de acabados y especificaciones para los futuros propietarios.

El portal obras en línea surge de las mentes del periodista Rafael Núñez y del tecnólogo Juan Velasco, quienes vieron una oportunidad en el mercado inmobiliario, debido a la necesidad de los clientes o compradores que adquieren inmuebles sobre planos en otra ciudad o país de ver el desarrollo del proyecto en el que han invertido.

Según los reportes de Obras Online cada vez son más las administraciones locales que acogen esta herramienta, ya que se pueden apreciar retrasos, pero también se pueden apreciar y documentar las causas de los mismos. Así mismo se pueden apreciar detalles técnicos que brindan seguridad y tranquilidad a todas las partes, brindándole al estado, al contratista y a la comunidad plena claridad en las situaciones.

Cada vez que se contrata el servicio para una obra nueva, Obras Online, crea un sitio web dedicado al nuevo proyecto. Dicho sitio contiene varias secciones: en una de estas se encuentra la información de la obra y de la empresa o empresas encargadas de la

ejecución de la misma, otra sección contiene una galería de fotos las cuales se toman periódicamente con el fin de mostrar la evolución de la obra con el tiempo, permitiendo revisar avances en fechas específicas. Otra de las secciones contiene videos del proyecto y fotografías aéreas del mismo, y otra contiene recreaciones en tres dimensiones o modelizados de la obra, para que el público pueda apreciar, el objetivo al que se pretende llegar.

Por último, existe una sección privada, exclusivamente para el área técnica, donde se almacenan e intercambian archivos de construcción del proyecto, y los proveedores pueden ingresar la información correspondiente a los suministros, además de información técnica de planos, calidades, memoria detallada, gestión económica del proyecto, información de las empresas suministradoras y colaboradoras y otros datos de interés.

El portal web permite además del seguimiento las 24 horas al proyecto mediante cámara web, la adición de cualquier sección o área específica que el cliente requiera.



Figura 3: Accesos restringidos para monitoreo (Obras, 2009)



Figura 4: Localización de obra en mapa (Obras, 2009)

2.5 PANORAM

PANORAM iniciativa del centro de excelencia en gestión de la producción (GEPUC) de la Universidad Católica de Chile, se enfoca en la aplicación de los conceptos de Lean Construction y seguridad industrial, de los cuales tienen amplios reconocimientos e investigaciones a nivel latinoamericano e internacional,

Los orígenes de esta iniciativa, se dan desde el año 2007, cuando el centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Universidad Católica de Chile (GEPUC), inicia con el proyecto "Utilización de imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la seguridad, productividad y calidad en procesos de construcción", con el financiamiento de FONDEF, y el apoyo de IConstruye y DICTUC. La iniciativa consiste en un sistema de captura, procesamiento y análisis de información para aprovechar imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la seguridad, productividad y calidad de procesos constructivos. "Se utilizan GPS, sensores de movimiento y cámaras Web para analizar y mejorar los procesos constructivos desde la productividad, calidad y prevención de riesgos", (Ramirez, 2007).

Dicha aplicación tecnológica enfocada en la construcción, pero aplicable a cualquier tipo de industria, emplea videos e imágenes digitales, tomadas mediante diferentes tipos de cámaras, para registrar las actividades productivas y los tiempos correspondientes a dichas actividades de acuerdo a la teoría de Lean Construction. Dichos videos e imágenes son almacenados y posteriormente analizados, identificando los tipos de tiempos presentes en las actividades (productivo, contributivo, no productivo, detención autorizada), logrando mejoras en la productividad, y la identificación de la correcta asignación de cargas laborales.

Así mismo la aplicación Panoram, se emplea como una herramienta para el control de la seguridad industrial en las obras, permitiendo identificar posibles riesgos potenciales en los proyectos, lo anterior con el fin de disminuir tasas de accidentalidad y mejorar los procesos.

Una de las grandes ventajas con las que cuenta la aplicación Panoram es que permite hacer los análisis enunciados anteriormente en un tiempo reducido y a menor costo al contar con la herramienta virtual integrada a la visualización, además de obtener resultados automáticos en la herramienta y tener la posibilidad de contar con indicadores históricos de los proyectos.

2.6 APLICACIONES ESPECÍFICAS

En el ámbito internacional, existen múltiples empresas multinacionales, que emplean el monitoreo virtual de proyectos debido a su presencia en diferentes continentes. Lo anterior sumado a condiciones de difícil acceso y situaciones de seguridad complejas, han llevado a que empresas como Skanska, CB&I, Bechtel, entre otras, monitoreen sus proyectos mediante herramientas tecnológicas, como lo son las cámaras IP y el software especializado, adaptado a sus necesidades particulares.

Para el desarrollo de dichas aplicaciones específicas, estas compañías cuentan con divisiones informáticas y de TIC, encargadas de la investigación, el desarrollo y la innovación de acuerdo al enfoque de la empresa; ejemplificando esta situación, “las herramientas empleadas por CB&I, consideran parámetros enfocados en la construcción de infraestructura enfocada al área de hidrocarburos, debido a los múltiples proyectos de este tipo con los que cuenta la empresa a nivel mundial, mientras otras empresas enfocadas en infraestructura vial, no consideran dichos parámetros y variables.” (Pabon, 2005)

3 EXPERIENCIAS NACIONALES

En el ámbito local algunas de las empresas de mayor tamaño en el país, y algunas multinacionales en grandes proyectos locales, implementaron iniciativas aisladas de monitoreo, instalando cámaras para la visualización remota de obra y para el control de seguridad. A partir de ese momento, dicha actividad, se ha generalizado en empresas

de tamaño medio, en los sectores inmobiliarios y de infraestructura, pero continúa la orientación de vigilancia, seguridad y visualización de obra en su gran mayoría.

El presente proyecto de implementación de monitoreo virtual de proyectos de construcción en Colombia, tiene sus inicios en el año 2007 con la empresa ION Technologies S.A.S., cuando se conoce la plataforma de monitoreo virtual de proyectos Sindeo, de la multinacional constructora Acciona infraestructuras, en misión tecnológica realizada a España.

Luego de apreciar el potencial de la herramienta en el monitoreo y gestión de proyectos y en el marco de colaboración establecido en la misión tecnológica, se enviaron equipos para la implementación de la iniciativa en Colombia y se brindó el acceso a la plataforma virtual Sindeo y se permitió la vinculación de los proyectos Colombianos a la plataforma Sindeo.

El equipo empleado para el monitoreo virtual de proyectos consistía en cámaras PTZ (Pan – Tilt – Zoom) de alta especificación y de origen comercial, a las cuales se les hacían adaptaciones especiales, como la construcción de una carcasa exterior para su protección de la intemperie y de las condiciones desfavorables que se presentan para los equipos electrónicos por las condiciones de polvo, humedad, salinidad, nieve, entre otros que se tienen en las obras de construcción. Adicionalmente esta adaptación contenía un domo protector anti reflejo, un sistema de refrigeración o calentamiento dependiendo del clima en que se encontrara la obra destino, un filtro para evitar el ingreso de polvo y suciedad y permitir el ingreso de aire al interior y un sellante hermético para evitar el ingreso de humedad.

La mayoría de las obras en el continente Europeo de Acciona infraestructuras al momento de la implementación local y de la transferencia tecnológica, eran monitoreadas mediante red 3G, debido a que la velocidad era adecuada, permitía una visualización fluida de la imagen, y facilitaban la instalación de los equipos en obra, al suprimir el uso de cables. Bajo este esquema y debido a que los operadores celulares en Colombia, ya se encontraban ofreciendo internet móvil 3G, se optó por realizar la implementación bajo esta plataforma de comunicación. Para esto, dentro de la carcasa adaptada para el uso de las cámaras PTZ en obra, se adicionaba un enrutador 3G de la misma tipología empleada en el sector bancario, con el fin de garantizar la seguridad en la información transmitida.

Luego de la oficialización del acuerdo de colaboración establecido con la multinacional, y con los equipos en Colombia, se procedió a la ejecución de ensayos y pruebas con los equipos, iniciando con pruebas de conexión, funcionalidad, y configuración, pruebas que resultaron exitosas y permitieron la visualización de las cámaras dentro de red local; posteriormente se adquirieron las sim cards 3G, de los mayores operadores en la fecha, Comcel, Tigo y Movistar, las cuales fueron probadas en los enrutadores 3G adaptados a los equipos en los sectores de Sabaneta y Envigado inicialmente y posteriormente en la ciudad de Medellín, donde se presentaron los siguientes problemas:

- Falta de cobertura en la red 3G: Aunque en los diferente sitios probados siempre al menos uno de los operadores contaba con señal celular, está en gran parte de los

sitios, no era 3G, por esto no se lograba la transmisión de información; imágenes y video deseadas.

- Inestabilidad de la señal: Por encontrarse en las primeras etapas de implementación de la comunicación 3G en Colombia, la señal era inestable, perdiendo la conexión a los equipos de una manera periódica, y dado que estos tenían un tiempo de inicio considerable, de aproximadamente 30 segundos, esto producía discontinuidad importante en la transmisión de información.

Las pruebas efectuadas con los enrutadores 3G, con los mayores operadores nacionales, permitieron concluir, que dado el detalle, la precisión y la continuidad requerida en el monitoreo virtual de proyectos de construcción, la implementación local de la iniciativa mediante tecnología 3G no era posible inicialmente, se debía esperar a tener una mayor madurez y desarrollo de esta en el país.

Dicha situación se compartió con los ingenieros responsables de la plataforma Sineo y el monitoreo virtual de proyectos de Acciona infraestructuras en el mundo. Se decidió la implementación de red física prioritariamente, en los proyectos iniciales. Se implementaron para el monitoreo de los proyectos de Vivienda Torre Mantis, Torre Saltamontes y Torre Cigarras, de la Constructora Grupo Monarca S.A., ubicados en el Municipio de Sabaneta

3.1 Proyecto Monarca



Figura 5: Geo localización proyecto Medellín (Monarca, 2011)

El proyecto Mantis fue el proyecto piloto para la iniciativa y se inició el monitoreo desde las primeras fases del proyecto. Dicho proceso inició con el monitoreo de la construcción en la Torre Mantis; llevando red local al sitio de los trabajos mediante Cable UTP, en algunos tramos aéreo y otros enterrado, considerando siempre que la distancia entre el Switch o Router y el punto de instalación del equipo no puede ser superior a 100 metros lineales. En las etapas iniciales de excavación y pilas y aprovechando la pendiente del terreno, se instaló la cámara en un poste en un terreno elevado, esto permitía visualizar las actividades de esta fase, y se tenía facilidad de revisión del equipo en el caso de que se presentara algún problema de conectividad del mismo.



Figura 6: Monitoreo en excavaciones y pilas Torres Saltamontes (Monarca, 2011)

Al inicio se empleó red aérea y expuesta hasta el poste, sin embargo las condiciones de obra, generaban deterioros en el cable, cortes y daños por parte del personal obrero, por lo cual se optó por trabajar con red enterrada, en esta última aunque no se eliminaron los daños en la red a causa de las excavaciones se disminuyeron de manera importante.

Estas condiciones de instalación se consideraron favorables, dado que con un bajo costo, en instalación y poste, se cubrieron las primeras fases del proyecto, incluso hasta los primeros niveles de losa, que para el caso particular de la torre Mantis, debido al relieve del terreno, el ángulo de visión cubrió hasta el tercer nivel.

De esta primera etapa se detectaron condiciones de los equipos y software empleados en el momento del proyecto piloto. En las condiciones de obra debido a la irregularidad de energía, resultaban comunes los apagones relativamente prolongados; superiores a 30 minutos, generaban una desconexión de la cámara, esta no entraba en línea de manera automática, y no se podía visualizar en la red local, siendo necesario, reiniciar el equipo de manera directa y manual, generando desplazamientos por parte del personal informático al sitio de obra, de esta situación se decidió a partir de este momento, tener la cámara para el monitoreo en un circuito independiente. A partir del tercer nivel del proyecto y por recomendación de los expertos españoles en las actividades de monitoreo virtual se procedió a instalar la cámara en la torre grúa que se estaba empleando para la construcción del proyecto, dicha instalación se hizo mediante cable UTP, hasta una caja con switch y regulador, ubicado en la base de la misma, con el fin de tener fácil acceso en el momento de algún eventual problema de conectividad.



Figura 7: Instalación de cámara en torre grúa proyecto Saltamontes (Monarca, 2011)

Con la experiencia de comunicación local en las primeras fases del proyecto piloto, se implementó su monitoreo remoto en la web, lo cual fue un avance de gran importancia, ya que esto permitía la supervisión remota del proyecto, ya que con la visualización en la red local, el proyecto era monitoreado por los ingenieros cercanos e involucrados en los proyectos. La implementación del monitoreo en la web, amplió significativamente el

alcance de la herramienta, ya que esto permitía la visualización del proyecto por cualquier persona en la ciudad, el país y el mundo, siempre y cuando contara con una clave de acceso autorizada y conexión a internet.

El proveedor de internet empleado fue UNE telecomunicaciones, pero de manera independiente al proveedor, el procedimiento de conexión y las modalidades son las mismas. Inicialmente, de acuerdo a lo recomendado por los ingenieros encargados del Sindeo, se solicitaba el proveedor del servicio (UNE) la asignación de una IP fija, asociada a la línea de Banda ancha, dicha dirección IP fija, se asociaba a la cámara, y esta dirección se vinculaba a la plataforma Sindeo, para el acceso a través de esta a la visualización de la cámara.

Aunque se podía tener acceso a la visualización de la cámara directamente mediante la dirección IP; y esta a su vez se puede asociar a un dominio, la vinculación a la plataforma Sindeo, aportaba inicialmente herramientas como la toma de fotografías mediante comando, la programación de posiciones predeterminadas, toma de fotos en una misma posición, posibilidad de hacer comentarios en las fotografías, histórico climático del proyecto y principalmente filmación.

Durante el proyecto de los edificios saltamontes ubicados en sabaneta se evaluó el rendimiento la productividad y seguridad industrial y aunque se obtuvieron muy buenos resultados, se detectaron fallos y problemas en diferentes aspectos con los transportes, mal acopio y disposición del material, falta de material, falta de supervisión a los trabajadores, se detectó una disminución de productividad debido a la falta de servicios sanitarios, debido al desplazamiento del personal por las necesidades fisiológicas.



Figura 8: Proyecto Saltamontes Sabaneta (Monarca, 2011)

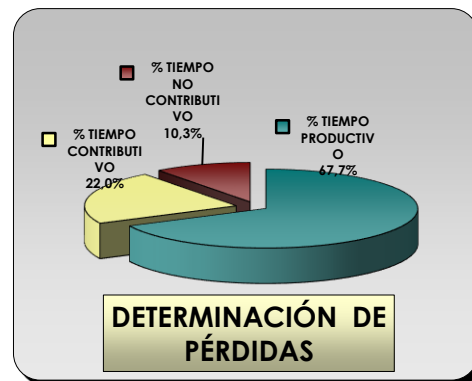


Figura 9: Productividad por medio del Monitoreo virtual



Figura 10: Seguimiento de vaciado (Monarca, 2011)
(Monarca, 2011)



Figura 11: Pérdida de tiempo de obreros

Se identificaron situaciones no detectadas durante el seguimiento en la obra como la sobrepoblación en vaciados, incumplimiento de labores por parte de trabajadores en ausencia de supervisores y faltas en el uso de material de seguridad, manila y arneses, en zonas de amarres en las columnas se pudo detectar la falta de limpieza de las barras de acero y de los escombros de concreto, esto aumenta los tiempos, debido a que su limpieza luego de instalado es más tediosa.



Figura 12: Zoom a zonas de amarre en columna.



Figura 13: Falta de seguridad en alturas

3.2 Pietermaai Parking and Mall (Curacao)

De manera complementaria al monitoreo de los proyectos en el municipio de Sabaneta, debido al requerimiento del seguimiento remoto del proyecto Piertermaai Parking and mall, en Curacao, por las condiciones de personal y de permisos laborales, la herramienta de monitoreo virtual, adquirió gran protagonismo, esto sumado con las condiciones de centro histórico de la zona afectada y a las múltiples normativas de control y seguridad existentes en la colonia holandesa.

Al tratarse de un proyecto ejecutado por una empresa colombiana, los impedimentos que representa la distancia fueron aliviados por el monitoreo permanente del personal desde Colombia, y el seguimiento de inversionistas desde Holanda. El proyecto contó durante su desarrollo con supervisión técnica permanente, la cual se hacía desde Colombia, así como control logístico de actividades, verificación de aspectos de seguridad industrial y control del personal, dado que la obra se encontraba en un centro histórico.

El seguimiento virtual del proyecto permitió el control de situaciones, las cuales eran registradas y posteriormente enviadas al personal relacionado mediante correo electrónico y herramientas de manejo de proyectos; casos como los presentados a continuación de equipo sin uso, errores constructivos y control de personal laborando en áreas restringidas, entre otros, fueron parte importante del monitoreo virtual del proyecto, evitando errores, sobrecostos y mejorando los procesos logísticos, entre otras aplicaciones.



Figura 14: Seguimiento realizado en Curacao

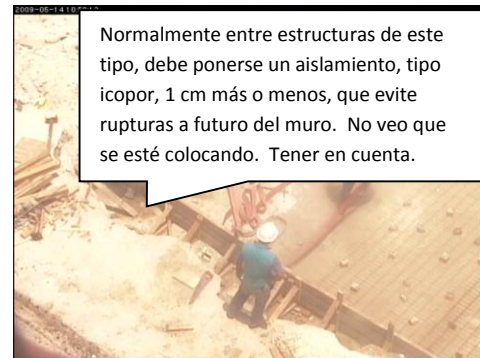


Figura 15: Errores en desarrollo de estructura

En las figuras se presentan dos situaciones captadas durante el monitoreo virtual. En la Figura 14 se observa personal operativo laborando fuera de la zona autorizada en una zona histórica, lo cual de no ser controlado de manera inmediata podía generar la suspensión del proyecto por parte de las autoridades. Mientras que en la Figura 15 se aprecia un error en construcción y supervisión técnica detallada debido a la capacidad de los implementos usados para el mismo y el control de equipo, herramienta y logística de la obra.

3.3 Proyecto Sepia – Envigado

Para el proyecto inmobiliario Sepia, ubicado en el municipio de Envigado, como parte de las actividades de supervisión técnica realizada, se realizó monitoreo virtual, aportando aspectos importantes, en temas logísticos y de control.

Adicionalmente, como parte del proceso de supervisión técnica, al contar con la herramienta de monitoreo virtual, se realizaron reportes diarios general del proyecto, semanales y mensuales, esto acompañado de la grabación de videos, generó una gran herramienta de control, y permitió contar con un registro detallado de obra.



Figura 16: Revisión de proceso logístico y accesos a la estructura

Uno de los aspectos más destacables del proyecto, fue el control de la elaboración del concreto; luego de presentarse problemas de resistencias bajas, y no obtener resultados mediante la supervisión tradicional del proceso de elaboración, dosificación y acopio de materiales, se realizaron grabaciones y control, mediante la herramienta del seguimiento virtual, se detectó un incremento en el agua por parte del personal al no tener supervisión directa, por solicitud del encargado durante los vaciados, para facilitar la labor de su personal, permitiendo esto la detección del problema, y la toma de acciones, para garantizar la calidad del concreto.



Figura 17: Seguimiento proceso dosificación concreto.



Figura 18: Seguimiento proceso dosificación

3.4 Proyecto Peaje Concesión Túnel de Oriente

El seguimiento se realizó en PEAJE Km 2 + 200 - Vía al Aeropuerto José María Córdova Envigado, Colombia. Se realizó un seguimiento permanente, enfatizando en momentos críticos como los fines de semana y días festivos, y haciendo control e inspección sobre los puestos de cobro, y los alrededores.

En este caso la cámara se instaló directamente sobre una de las vigas que atraviesa el tejado del peaje, para su montaje se bloquearon 2 carriles del mismo durante 1 hora y se realizó el montaje en la viga horizontal que une los dos carriles. Se seleccionó una hora de bajo flujo vehicular para evitar accidentes. El personal utilizado fue 2 técnicos en alturas y un ingeniero encargado de realizar la configuración dentro de la red. Inicialmente se presentaron problemas con la configuración y salida de video dado que en el peaje manejan un interruptor y la cámara fue unida a la red del mismo, pero finalmente se lo logro dar salida a la cámara.

Uno de los controles más realizados en este proyecto, fue la supervisión durante fines de semana festivos, para verificar el promedio de vehículos que ingresaban y salían de la ciudad para de esta forma tener un control sobre el personal y verificar el número de vehículos que transitan, igualmente este monitoreo virtual permite mejorar el proceso que se realiza, brinda seguridad y permite una supervisión remota por el personal directivo y de control de la concesión.

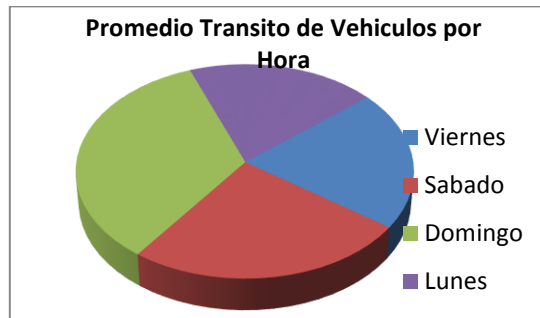


Figura 19: Grafica de Tránsito Vehicular por hora

Para el personal encargado del peaje es mucho más fácil saber cuánto debería ingresar al peaje además el monitoreo permite realizar una grabación completa del tiempo requerido, todo grabado en un equipo remoto a la red del peaje, es decir directamente por internet

Durante el monitoreo realizado se pudo observar como algunos vehículos evaden el peaje transitando por veredas aledañas a la vía. Con el monitoreo se estimaron las pérdidas que tiene el peaje por culpa de estas rutas alternas; además se controla la perdida de vehículos faltantes en el aforo vehicular que realiza el personal encargado, ya que como se tiene un conteo común del tráfico se puede verificar la cantidad completa de dinero que ingresa al peaje y se puede supervisar en que cajas se perdió dinero y saber de posibles robos por parte del personal interno al peaje. Adicionalmente, como el supervisor del sitio no puede estar en todo momento, el monitoreo virtual se convierte en gran herramienta para verificar lo que está sucediendo en tiempo real y decidir la habilitación de carriles en cada sentido de la vía ayudando a un funcionamiento más optimizado del peaje.



Figura 20: Seguimiento de flujo vehicular



Figura 21: Seguimiento de flujo vehicular peaje Palmas

3.5 Proyecto Incolmotos

La ejecución de las estructuras para la nueva planta de ensamblaje de Yamaha en el municipio de Girardota, contó con monitoreo virtual mediante cámara IP.

La instalación de la cámara se hizo sobre una de las tuberías de la cubierta atravesando el cable por el cielo falso y utilizando el internet de la planta donde se dispuso de una salida satelital. En este proyecto se monitoreo el avance de obra y la seguridad de los obreros, especialmente el cumplimiento de la norma para trabajo en alturas, el cumplimiento de la jornada laboral y determinar cuando alguien estaba incumpliendo con el trabajo y haciendo labores diferentes a las encargadas por el ingeniero o el supervisor de la zona de trabajo. Igualmente para esta obra se habilitaron accesos especiales para los ingenieros, gerente de construcción, gerente de Incolmotos Yamaha y para los ingenieros encargados de supervisar el avance de obra, así que con una misma cámara se tenían 4 accesos diferentes con diferente configuración y un administrador general controlado por ION Technologies S.A.S. La obra avanzo sin mayor retraso una vez finalizo la obra se realizó el desmonte correspondiente.



Figura 22: Seguimiento proyecto Incolmotos



Figura 23: Reportes de pérdidas de tiempo en Jornada laboral

3.6 Campamentos Hidroituango

Durante la construcción de los campamentos que posteriormente se usaran para el personal que realizara las obras de la represa de Hidroituango, se llevó a cabo un proyecto de monitoreo con unas limitaciones técnicas relacionadas con el video, ya que al ser este un sitio tan apartado del casco urbano no se tiene acceso a internet por lo que fue necesario conectarse a través de un modem edge o internet móvil, realizando una configuración especial para la cámara. De esta forma se logró habilitar el video con un ancho de banda muy limitado. A pesar de la limitación, se demuestra que el monitoreo a través de cámaras IP se puede instalar en cualquier lugar por lo cual se puede concluir que es una gran herramienta con muchos beneficios y de fácil instalación y operación.



Figura 24: Montaje Hidroituango campamentos.



Figura 25: Seguimiento Hidroituango avance en los campamentos

Por último, en la fase final de construcción de los campamentos el desempeño de la cámara fue tan bueno que se solicitó dejarla de forma permanente. Se considera entonces migrar de un sistema de moden edge a un sistema 4G para aumentar la resolución e implementar un sistema de energía autosuficiente para que la cámara funcione de manera continua. Adicionalmente se piensa aumentar el número de cámaras para realizar el seguimiento de la construcción de las múltiples obras en el proyecto hidroituango, debido a la lejanía y a las condiciones de seguridad de la zona.

3.7 Proyecto Setas Colombianas

En proyecto ampliación de la planta Setas Colombianas ubicada en el corregimiento de Yarumal, se realizó monitoreo virtual por parte de la gerencia del contratante y de la empresa constructora. Como actividad puntual se realizó un seguimiento nocturno durante el vaciado completo de la losa de base para los nuevos bunkers de pasteurización. El seguimiento de la fundida del concreto inició el sábado 15 de septiembre de 2012 a las 7:10 pm y se extendió hasta las 2:45 am dejando registro en video durante el tiempo de todo el proceso. Al evaluar las bondades del sistema, el grupo interno determinó la utilidad del monitoreo y se solicitó el servicio de nuevas cámaras permanentes al interior de la planta, ya que al ser un método de control en tiempo real puede generar mayor control e incrementar productividad en los empleados operativos.



Figura 26: Seguimiento en vaciado nocturno Setas Colombianas.

4 CONCLUSIONES

- Las diferentes tipologías y requerimientos en los proyectos realizados muestran las múltiples aplicaciones y usos específicos que brinda el monitoreo virtual de proyectos lo cual da bases para su implementación en diferentes industrias, no solo en el área de la construcción.
- Como tecnología de la comunicación, facilita el seguimiento en los aspectos de seguridad y control de las obras, permitiendo la detección y supervisión de procesos no detectados bajo el control directo en obra y posibilitando a una acción inmediata frente a sucesos o accidentes de seguridad en obra.
- Con las experiencias recogidas a partir de diferentes proyectos y utilizando los modelos acumulados, la implementación desarrollada en múltiples obras a nivel nacional e internacional presentan ventajas a nivel de desplazamiento y supervisión remota, un ejemplo es el monitoreo constante que se hizo en Hidroituango, permitiendo la supervisión y el monitoreo en una zona de alto riesgo.
- La implementación de tecnologías de la información en el área de monitoreo en obras incrementa la reacción en los procesos productivos, incrementando índices de productividad y eficiencia, al igual que el de seguridad dando como resultado mejores rendimientos y menos accidentes.
- La implementación de este tipo de tecnologías es más viable y confiable actualmente que en los años anteriores, debido al avance de las telecomunicación; la conectividad de dispositivos es mayor y más confiable que en los años de inicio de estos sistemas, adicional a las cámaras de última generación, esto permite que sea más accesible y precisa.

5 Bibliografía

Acciona. (2006). Memorias de Sostenibilidad. *MEMORIA ANUAL 2006* (pág. 84). España: ACCIONA S.A. ;Dirección General de Relaciones Institucionales;Marketing Corporativo y RSC.

Axis. (2007). *Axis Development Guidelines*. Lund: Axis Communications AB.

Axis, C. (2013). *Axis Communications*. Recuperado el 20 de Octubre de 2007, de Axis Communications AB: <http://www.axis.com/es/>

Garcia, R. G. (2013). *SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS EN CAMARAS IP*. MEXICO D.F.: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.

GEPUC. (2012). *GEPUC Excelencia sin límites*. Recuperado el 2 de Junio de 2012, de GEPUC Excelencia sin límites: <http://www.gepuc.cl/productos/>

- González, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Marr, D. (1982). La visión. En D. Marr, *La visión* (págs. 19-61). San Francisco: Freeman.
- Marr, D., & Hildreth, E. (1982). *Theory of edge detection*. London: Proc. Roy. Soc.
- Martínez Molina, J. J. (2008). *Arquitectura dirigida por eventos para un sistema de detección de intrusiones basado en patrones*. Universidad de Murcia. Murcia, España: UNIVERSIDAD DE MURCIA.
- Obras, O. (4 de 2009). *Obras Online*. Recuperado el Agosto de 2012, de Obras online: www.obrasonline.com
- Pabon, M. (2005). *Documentacion Time-Lapse y seguimiento real de proyectos*. Bogota: Universidad de los Andes.
- Perez, A. (2008). Seguimiento Remoto en Obras. *Construcciones Zabalandi* (págs. 1-13). Bilbao: Eraikal.
- Perez, M. A. (2007). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO CON CAMARAS IP*. Barranquilla: UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE.
- Ramirez, C. (Septiembre de 2007). Tecnologías de informacion en obra: Cambiar el chip. *BIT*(56), 16-28.
- Ruiz, M. D. (2010). *Un modelo para el desarrollo de sistemas de detección de situaciones de riesgo capaces de integrar información de fuentes heterogéneas. Aplicaciones*. Universidad de Granada. Granada: Universidad de Granada.
- Sindeo. (2006). *Sindeo*. Recuperado el 15 de Agosto de 2011, de Sindeo: <http://www.sindeo.net>
- SySmain. (7 de Junio de 2012). *SYSMAIN mantenimiento de sistemas informaticos*. Recuperado el 20 de Abril de 2012, de SYSMAIN mantenimiento de sistemas informaticos: <http://www.sysmain.com/post/sistemas-de-video-vigilancia/>
- TELEINFO, M. (2011). *TELEINFO Secure Cloud Business Connectivity*. Recuperado el 10 de Julio de 2012, de TELEINFO: <http://www.teleinfo.mx>
- Vélez Serrano, J. F., Moreno Díaz, A. B., Sánchez Calle, Á., & Sánchez Marín, J. E. (2003). *Visión por computador*. Madrid: Dyckinson y Serv.
- wireless, Y. (2013). *ys Wireless*. Recuperado el 27 de Agosto de 2013, de <http://www.yx.cl/>: <http://www.yx.cl/press/wp-content/uploads/2007/08/xibelis-axyon-camara-ip.pdf>