



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LOS SISTEMAS
DE CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA
Con opción terminal en Construcción

Presenta:

ING. DIEGO ARMANDO LÓPEZ OJEDA

Director de tesis:

DR. GUSTAVO ADOLFO CASTILLO RAMÍREZ

Codirector de tesis:

DR. ALBERTO VARGUEZ FLORES

Puebla, Pue.

Septiembre 2023



BUAP

Oficio No. SIEP/1090/2023

C. Diego Armando López Ojeda

Matrícula 219470118

Pasante de la Maestría en Ingeniería
con opción terminal en Construcción
Facultad de Ingeniería, BUAP.

Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Angel Cecilio Guerrero Zamora, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema titulado: **Análisis y propuesta de mejoras en los sistemas de control en la construcción.** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Asignándose como Director de tesis al Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez y al Dr. Alberto Varguez Flores.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Zaragoza, a 12 de junio de 2023.

M.I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



C.c.p. Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez y Dr. Alberto Varguez Flores, Director y Codirector del tema de tesis.

C.c.p. Archivo
AEPS/CBM/sco*

Facultad
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. ING - 4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
222 229 55 00 Ext. 7610



Oficio No: SIEP/100/2023

Mtro. Alfredo Avendaño Arenaz
Director General de Bibliotecas
Presente

Por este medio me dirijo a usted para informarle que la tesis con título **"Análisis y propuesta de mejoras en los sistemas de control en la construcción"** ha sido avalada bajo los preceptos de integridad académica; por tanto, se autoriza la impresión de tesis del alumno:

Nombre del alumno: Diego Armando López Ojeda
Matrícula: 221470190
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería con Opción Terminal en Construcción

Sin más por el momento, agradezco la atención al presente.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z., a 12 de septiembre de 2023


M. I. Ana Elena Posada Sánchez
Secretaría de Investigación y Estudios
de Posgrado


Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez
Director de tesis


Dr. Alberto Varguez Flores
Codirector de Tesis

Facultad
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. ING - 4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

DEDICATORIA

Le dedico el presente trabajo a mi abuelita, que siempre me dio su apoyo incondicional, encomendándome a Dios en sus oraciones para darme el entendimiento y la sabiduría.
Donde quiera que esté, le agradezco por mostrarme y encaminarme en esta vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi querida esposa Marisol:

Sin duda este proyecto no habría sido posible sin su apoyo, sin su paciencia y comprensión, ya que desde el primer momento en que emprendí este camino me ha respaldado, siendo un pilar de suma importancia en mi vida profesional, académica y sentimental, viviré eternamente agradecido por su presencia en mi vida.

A mi madre:

Le agradezco su amor, por ser un motor en mi desarrollo, que con mucho trabajo me ha impulsado para cumplir mis metas, por ser un ejemplo de persona a seguir. Gracias por creer siempre en mí.

A mis directores:

Gracias por creer en este proyecto y en mi persona. Que con su vasta experiencia profesional y académica hemos hecho esto posible.

ÍNDICE

RESUMEN Y ABSTRAC

INTRODUCCIÓN	1
PROTOCOLO	2
ANTECEDENTES.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS PARTICULARES	9
JUSTIFICACIÓN.....	9
HIPÓTESIS.....	10
MARCO TEÓRICO.....	11
METODOLOGÍA.....	13
CAPÍTULO I: SISTEMAS DE CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN	15
1.1 INTRODUCCIÓN.....	15
1.2 ANTECEDENTES	15
1.3 TEORÍA.....	16
1.3.1 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	17
1.4 CONCLUSIONES CAPITULARES	23
CAPÍTULO II: GESTIÓN DE PROYECTOS CON SISTEMAS DE CONTROL	24
2.1 GESTIÓN DE PROYECTOS	24
2.1.1 INTRODUCCIÓN.....	24
2.2 TIPOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS.....	30
2.3 CONCLUSIONES CAPITULARES	36
CAPÍTULO III: COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	37
3.1 INTRODUCCIÓN.....	37
3.2 ERP EN LA CONSTRUCCIÓN	39
3.3 EJEMPLO DE FUNCIONES.....	40
3.4 CONCLUSIONES CAPITULARES	43
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS	44
4.1 INTRODUCCIÓN.....	44
4.2 FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA ENTREVISTA.....	45

4.3	RESULTADOS OBTENIDOS	48
4.4	CONCLUSIONES CAPITULARES	54
	CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y CONCLUSIONES.....	55
5.1	PROPUESTA No. 1, PROGRAMACIÓN DE HOJA DE CÁLCULO.	55
5.2	PROPUESTA No. 2, UTILIZACIÓN DE SOFTWARE ESPECIALIZADO	63
5.3	CONCLUSIONES	69
	BIBLIOGRAFÍA	72
	ANEXOS.....	75

RESUMEN

El desarrollo tecnológico ha dado paso a que la industria de la construcción tenga un constante avance en la aplicación de nuevas formas de trabajo, así como la búsqueda de herramientas que faciliten los procesos de organización, planificación y ejecución de diferentes proyectos. Los datos obtenidos en cada fase son infinitos, generalmente provenientes de distintas áreas y mientras más grande sea la organización, más amplios serán los reportes que se tendrán que manejar internamente. Con el objetivo de analizar y evaluar la información recabada en cada etapa, se han diseñado e implementado sistemas de control que reducen significativamente, costos y tiempo, incrementando los alcances y el impacto que pueden tener en la toma de decisiones.

Para hablar de sistemas de control es importante mencionar que la teoría de control juega un papel indiscutible en este proyecto, pues se analizaron las variables, los controladores y todos aquellos componentes de los sistemas para determinar su importancia en cada uno de los procesos. Identificando así los dos tipos de sistemas que existen en la actualidad: los tradicionales y los digitales, los cuales fueron analizados desde su conceptualización, funciones e importancia dentro de la organización, evaluando y comparando entre sí. Las coincidencias se pudieron apreciar al establecer que formatos se utilizan, sin embargo, en esta misma línea de análisis se identificó que una de las grandes diferencias radica en la forma de llenado de estos; siendo los digitales los de mejor dominio para varios usuarios, al consultar y modificar al mismo tiempo mientras que en los sistemas de control tradicional estos procesos se ven limitados y deficientes.

Por otra parte, la retroalimentación en tiempo real solo existe si se tiene herramientas que permitan la comunicación tales como los software o plataformas digitales especializadas, siendo instrumentos eficientes que disminuyen los tiempos, aumentan las ganancias y reducen las perturbaciones, mitigando las problemáticas que suelen suceder a los proyectos de construcción. Los procesos de operación son determinados por las gerencias de las empresas, pero los alcances son correlacionados e integrados para que los resultados sean positivos y eficientes en cada momento.

Es posible concluir entonces que el uso de sistemas de control es necesario para la mejora en la toma de decisiones, la optimización del tiempo y el aprovechamiento de los recursos, y él que ya sea de un sistema tradicional o digital, dependerá de las necesidades de las organizaciones y sus usuarios siendo hasta ahora la mejor opción una adaptación de ambos, tomando las ventajas de cada uno, en pro de la mejora continua. Aun con lo anterior, se propone que se utilicen más y mejores herramientas digitales en la ejecución de proyectos de construcción con la mejora constante siendo parte de la evolución que la industria requiere para poder ser siempre competitivos.

Palabras clave: Procesos. Innovación. Retroalimentación. Herramientas tecnológicas. Sistemas de control.

ABSTRAC

Technological development has given way to the construction industry to have a constant advance in the application of new ways of working, as well as the search for tools that facilitate the processes of organization, planning and execution of different projects. The data obtained in each phase are infinite, generally coming from different areas, and the larger the organization, the more extensive the reports that will have to be handled internally. In order to analyze and evaluate the information gathered at each stage, control systems have been designed and implemented that significantly reduce costs and time, increasing the scope and impact they can have on decision making.

To talk about control systems it is important to mention that the control theory plays an indisputable role in this project, because the variables, controllers and all those components of the systems were analyzed to determine their importance in each of the processes. Thus identifying the two types of systems that exist today: the traditional and digital, which were analyzed from its conceptualization, functions and importance within the organization, evaluating and comparing them. The coincidences could be appreciated when establishing which formats are used, however, in this same line of analysis it was identified that one of the big differences lies in the way of filling these; being the digital ones the best domain for several users, to consult and modify at the same time while in the traditional control systems these processes are limited and deficient.

On the other hand, real-time feedback only exists if there are tools that allow communication such as software or specialized digital platforms, being efficient instruments that reduce time, increase profits, and reduce disturbances, mitigating the problems that usually happen to construction projects. The operation processes are determined by the management of the companies, but the scopes are correlated and integrated so that the results are always positive and efficient.

It is possible to conclude then that the use of control systems is necessary for the improvement in decision making, time optimization and resource utilization, and whether it is a traditional or digital system, it will depend on the needs of organizations and their users, being so far the best option an adaptation of both, taking the advantages of each, for continuous improvement. Even with the above, it is proposed to use more and better digital tools in the execution of construction projects with the constant improvement being part of the evolution that the industry requires to be always competitive.

Keywords: Processes. Innovation. Feedback. Technological tools. Control systems.

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, el aumento del conocimiento y el avance de las técnicas en los distintos sectores o industrias, han desarrollado como solución a sus necesidades, diversos procedimientos de gestión del conocimiento que externalizan las ventajas del avance tecnológico (Roca Dorda et al., 2011), es por ello por lo que continuamente se buscan nuevas formas de operación e interacción en diferentes áreas, en una sociedad en movimiento, que, a la vez, exigirá la misma capacidad de reacción por parte de su gobierno; muy afortunadamente, la innovación es un medio efectivo y accesible para lograrlo (SFP, 2014).

En el ámbito de la construcción, pero más en el sector público, es normal trabajar de forma tradicional en algunas actividades, como lo son: llenado de formatos, procedimientos de entrega de documentación, la forma de recibir o dar notificaciones, los métodos de comunicación al interior y exterior de la dependencia, informes de avances de obra y reportes fotográficos; sin embargo, la eficacia con que ahora se requiere la información se ha visto insuficiente y en algunas ocasiones rebasada por las exigencias del tiempo.

La innovación es un fenómeno mundial, convirtiéndose en una necesidad para todas las organizaciones, instituciones e industrias, obteniendo así, un mayor valor para sí mismas, dando como resultado herramientas, por ejemplo: base de datos, información en la nube, hojas de cálculo, sistemas automatizados, entre otros.

Dichas herramientas resultan ser novedosas y generan soluciones a las problemáticas que se viven, y necesariamente deben de aprovechar los conocimientos y habilidades con los que cuentan.

En ese orden de ideas, las empresas y los gobiernos deben de contar con sistemas de control de obra y de supervisión, que se encarguen de llevar a cabo las siguientes actividades: supervisar, vigilar, controlar, revisar, verificar, autorizar, coordinar, analizar, ordenar, informar, planificar, entre otras funciones.

De forma habitual, se organiza y se presenta la documentación pertinente para el llenado de los expedientes, la información, en gran parte física y en algunos casos en formatos digitales, pero sin una base con destino compartido o de interacción bilateral, donde algún otro usuario de la misma jerarquía o mayor pueda consultarla de forma

expedita, por lo tanto, esta propuesta pretende analizar los sistemas de control tradicionales y los electrónicos que se apoyan en diferentes plataformas digitales, agilizando las búsquedas y minimizando los tiempos para generar mejores resultados.

PROTOCOLO

En la actualidad existen distintos problemas en las empresas, pero las que están en constante crecimiento tienden a tener problemas administrativos y de organización.

Los objetivos principales pueden ser, crecer al paso que la demanda lo solicita, a mayores ventas, mayores procesos, con esto se dice que, al tener diferentes cuentas, se requiere monitorearlas en tiempo real y para esto se requiere sistemas de control automatizados y programados de acuerdo con las necesidades que cada empresa lo requieran.

Se debe de implementar diferentes metodologías, ya sea teóricas y prácticas, con diferentes instrumentos, bien pueden ser digitales o análogos, todo esto, para mejorar los procesos de las empresas.

ANTECEDENTES

Existe una creciente implementación de tecnologías digitales en la construcción, sin embargo, los efectos de transformación que abarcan la implementación de la tecnología digital aún no se han comprendido por completo en el contexto de la construcción.

Un programa de gestión eficiente de la ejecución de un proyecto es una herramienta fundamental en la construcción para evitar pérdidas o errores en las obras.

En el escenario actual, las empresas han tratado de desarrollar sistemas para la gestión y control de obras, con el objetivo de asegurar que los servicios y productos tengan buena calidad (Giacomello et al., 2014).

La planeación, por definición, es la etapa que forma parte del proceso administrativo mediante la cual se establecen directrices, estrategias y se seleccionan alternativas y cursos de acción, en función de objetivos y metas generales, económicas, sociales y políticas; el principio de planeación es el eje central para que el proceso de contratación se desarrolle de manera eficiente, desde la etapa precontractual hasta la liquidación del contrato (Mesa et al., 2019).

Existen diversas metodologías de planificación de obra que ayudan a analizar el proyecto, organizar la información y facilitar la entrega de esta, resultando en un plan de trabajo, es decir, una estrategia y tácticas para la ejecución del proyecto en función de las actividades, tiempos, cantidades, recursos, etc.

Estas metodologías de planificación dependiendo de los requerimientos del proyecto, su nivel de complejidad y el nivel de detalle con que se desee planificar su desarrollo.

Algunos métodos básicos de planificación utilizados en construcción son:

- **Diagrama de Gantt:** Es una herramienta de planificación visual de representación gráfica de barras, las actividades que componen el proyecto se listan en el eje vertical, mientras que la escala de tiempo se representa en el eje horizontal, para finalmente complementar mediante barras frente a cada actividad la duración correspondiente (Martins, 2022).
- **Diagramas Lógicos:** Corresponde al grupo de técnicas gráficas de planificación (símbolos) que representa el proyecto como una malla de actividades relacionadas entre ellas, destacando las interrelaciones y su secuencia de ejecución (De Solminihaç, 2019).
- **Last Planner System (LPS)** o Sistema del Último Planificador (SUO), que modifica el proceso de programación y control reduciendo la incertidumbre y la variabilidad implementando la filosofía Lean Construcción, cuyo objetivo es conseguir regular el flujo de trabajo disminuyendo las pérdidas o taras que no aportan valor (Cerveró, 2016).

De acuerdo con la norma ISO 9000, la gestión de calidad en la construcción depende de una planificación adecuada, con la indicación de las decisiones iniciales, de los objetivos y de las actitudes necesarias; del conocimiento de los productos y servicios empleados (Turk, 2006) y de las actitudes de mejora durante la implementación de los procesos, la implementación de la norma ISO 9001:2015 supone una ventaja competitiva para las organizaciones del sector de la construcción, pues permite poner en marcha sistemas de gestión de la calidad en proyectos y obras de construcción gestionadas a

través de planes de calidad con los que se da cumplimiento a las diferentes especificaciones aplicables a cada caso.

La implementación de las tecnologías digitales en la construcción ha desencadenado en una serie de estrategias que ponen en marcha técnicas que facilitan la transformación y la supresión de diversas barreras, pues abarca una amplia gama de servicios desde modelados de información, realidad aumentada, escaneo láser, impresión 3D, plataformas de prefabricación, software de análisis, gemelos digitales, software de administración de obra como la Planificación de Recursos Empresariales (*ERP*, por sus siglas en inglés), entre otros.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (*TICs*, por sus siglas en inglés), son todas las herramientas y soluciones tecnológicas que permiten ser eficiente, ordenar y procesar la información y las comunicaciones de cualquier tipo de persona, empresa u organización en pro de la eficiencia y agilidad.

Agrupan un conjunto de sistemas necesarios para administrar la información, permiten el fácil acceso a una inmensa fuente de información, proporcionan un proceso rápido y fiable de todo tipo de datos, canales de comunicación inmediata, capacidad de almacenamiento, automatización de trabajos, interactividad y la digitalización de toda la información. La revolución tecnológica que se vive actualmente es debido en gran parte a los avances significativos en las TICs (Díaz Lazo et al., 2011).

Por otra parte, la implementación de tecnologías digitales abarca efectos de transformación, conocidos como transformación digital o DT por sus siglas en inglés (*Digital Transformation*). Conceptualmente, DT se refiere a los cambios (innovaciones) que la implementación de tecnologías digitales trae a los modelos comerciales existentes, que pueden experimentarse en el proceso de producción de la construcción, las empresas constructoras y la cadena de suministro de la construcción (Hausberg et al., 2019).

La tecnología impulsa la necesidad de introducirse a la transformación digital y respalda la digitalización de una organización.

No existe una sola aplicación o tecnología que permita la transformación digital, sino que existen múltiples procesos clave que una organización generalmente debe tener para afrontar a dicha transformación. La transformación digital esta sostenida por algunas de estas tecnologías centrales y nuevas:

- **ERP y tecnologías de base de datos.**

La Planificación de Recursos Empresariales (ERP), es un tipo de software que las organizaciones utilizan para gestionar actividades empresariales diarias, como la contabilidad, el aprovisionamiento, la gestión de proyectos, la gestión de riesgos, el cumplimiento y las operaciones de la cadena de suministro.

Las funciones del software ERP para construcción incluyen la gestión mediante el camino crítico, diagramas de Gantt, programación de los subcontratistas, programación de tareas, uso de materiales y la programación de recursos necesarios para llevar a cabo cada tarea y cada etapa de obra (Oracle, 2022).

- **Analíticas avanzadas.**

Para ofrecer valor, los datos deben aprovecharse y entenderse. Usando algoritmos de IA (Inteligencia Artificial) y *machine learning*, las analíticas avanzadas brindan información estratégica e informes detallados, preciso y accionables (SAP Insights, 2020).

- **Conectividad en la nube**

La infraestructura basada en la nube es un componente esencial para el éxito de la transformación digital y el establecimiento de redes de IoT (Internet de las Cosas) por sus siglas en inglés; sistemas activos y datos, permite a las organizaciones escalar la infraestructura según sea necesario y cambiar o automatizar rápidamente los flujos de trabajo (Rosquez, 2023).

- **Soluciones de IA (Inteligencia Artificial) y *Machine Learning***

Big data creció junto con la IA y *Machine Learning*. Para procesar y darle sentido a Big Data, es necesario tener el poder de IA y *Machine Learning* para que brinden resultados precisos y significativos, ambos deben tener data sets lo suficientemente grandes para dar soporte a un aprendizaje y análisis sólidos (Rosquez, 2021).

- **Internet de las cosas**

Los dispositivos y máquinas de una red de IoT (*Internet of Things*) pueden enviar y recibir datos digitales.

Los registros de máquinas y los informes de mantenimiento se analizan para optimizar el rendimiento y la eficiencia.

De los sistemas de automatización se deriva el acceso digital, siendo la oportunidad que brinda el acceso móvil a las redes de Internet para ejecutar soluciones en tiempo real, como el análisis y el procesamiento de datos para tomar decisiones sobre el terreno o hacer predicciones futuras (Schober et al., 2006).

Se debe invertir en mejor tecnología para la realización de presupuestos, la administración y la rendición de cuentas de los grandes proyectos de infraestructura pública.

Los sistemas de control que utilizan plataformas digitales o software especializados deben ser diseñados con el propósito de prestar un servicio, para necesidades específicas; y no con un enfoque de sistema generalista. Es así como su diseño buscará en primera instancia la simplificación, la practicidad, la utilidad y la claridad.

La denominada *data driven culture* implica que los datos abiertos, indicadores y estadísticas que provea el Estado, deben tener la potencialidad de servirle al ciudadano y no ser un ejercicio enciclopédico de conocimiento estadístico.

De esta manera, las plataformas digitales deben ser útiles para la participación ciudadana en la toma de decisiones, así como en el análisis de la rendición de cuentas.

Las plataformas digitales o plataformas virtuales son espacios en Internet que permiten la ejecución de diversas aplicaciones o programas en un mismo lugar para satisfacer distintas necesidades.

Cada una cuenta con funciones diferentes que ayudan a los usuarios a resolver distintos tipos de problemas de manera automatizada, usando menos recursos.

La función primordial de las plataformas digitales es facilitar la ejecución de tareas a través de un mismo lugar en la web.

Existen diferentes tipos de plataformas como lo son:

- Educativas.
- Sociales.
- Para comercio electrónico.
- Especializadas, etc.

Uno de los grandes retos es adoptar procesos digitales para operar los proyectos y contratos de obra pública (que es el conjunto de edificaciones, infraestructuras y equipamiento, promovido y construido por el Gobierno de un territorio) a través de plataformas, es vital para transparentar estos procesos.

Por otra parte, el control de obra se define como la coordinación de los recursos humanos, de equipos y financieros, programados en tiempo y costo determinado, para lograr alcanzar los objetivos planeados.

Tomando en cuenta costo, calidad y tiempo mediante la planificación y la proyección de los recursos.

Finalmente, de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española, supervisar es ejercer la inspección en trabajos realizados por otros.

La teoría de la administración moderna se basa en un ciclo de cuatro funciones principales: Planeación, Organización, Dirección y Control; siendo la supervisión de los trabajos, una de las herramientas usadas para ejercer la Dirección (Súarez, 2008).

Para un tratamiento “mecanizado” de la información es fundamental que los datos se organicen de forma que se facilite su gestión, es decir, que el acceso a los mismos sea rápido y eficaz; mientras que, para la creación, actualización, consulta y enlistado de datos se trabajará con la información de entrada y para la obtención de resultados se trabajará con los datos de salida.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la manera tradicional de recopilar y agrupar la información, que se aplica en las dependencias que están encargadas del desarrollo de obra pública, así como en las empresas constructoras, se genera documentación faltante, incompleta o que incumple con los lineamientos y requisitos que marcan los procesos de contratación, dado

que, aunque existan filtros de revisión, no pasan por algún sistema digital para la evaluación estandarizada de los expedientes o informes finales.

Además, cabe la posibilidad de que la información varíe durante la ejecución de los proyectos, que puede ser causada por una falla en la comunicación, que ciertamente puede ser por medios no institucionales o de validez (mensajes de texto, correos no formalizados, llamadas, etc.); otra de las problemáticas asociadas a la información es la ausencia de una lista de verificación oficial, en la cual se pueda agrupar, ordenar y enlistar la documentación inicial, intermedia y final de los expedientes.

La industria de la construcción posee diferentes características en cada una de las etapas de ejecución de las actividades, por lo cual siendo ellas analizadas separadamente se consiguen mejoras en la gestión y control de las obras.

La mayor parte de la información es archivada físicamente, otra parte es recopilada en computadoras, discos compactos (CD), discos duros y algún servidor institucional, pero no se cuenta con una base de datos por departamento, o en conjunto por institución, salvaguardando de cualquier evento o siniestro la posible pérdida de información.

Es por esto por lo que se tienen que mejorar las técnicas y procesos de recopilación de información, para que los usuarios tengan la posibilidad de acceder, analizar y compartir la misma de manera rápida y sencilla, contribuyendo en la toma de decisiones.

Existe una pérdida significativa de información útil del proyecto con la falta de una o varias plataformas para el intercambio de información incompatibles (Koch et al., 2018).

Debido a que en la industria de la construcción se planea y proyecta de acuerdo con un proceso constructivo expresado en un cronograma de obra, con mucha frecuencia en el transcurso de la ejecución es difícil hacer la comparación del costo planeado con el real, debido a que no se utilizó un sistema de control robusto, con revisiones puntuales y constantes.

Lo anterior nos lleva a plantear, la siguiente pregunta, ¿Se deberá analizar y evaluar los sistemas de control en la construcción para mejorar el manejo de la información y el impacto significativo en el desempeño de los proyectos?

OBJETIVO GENERAL

- Analizar y proponer mejoras en los sistemas de control que se utilizan en la construcción, enfocados en la recopilación, organización, y exposición de la información.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar los sistemas de control aplicados en la construcción.
- Proponer mejoras en los sistemas de control.
- Evaluar las plataformas o software digitales utilizados como herramienta en las actividades de la construcción.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la gran mayoría de procesos de negocios están siendo soportados, automatizados y gestionados por sistemas informáticos. Así como los sistemas de información apoyan en la actividad gerencial y en la toma de decisiones, e inclusive es la propia información y el acceso a la misma, el producto o servicio que se intercambia como principal objeto de negocio (Baca Flores, 2016).

Las ventajas de las “Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones” (TICs) son incuestionables y forman parte de la cultura tecnológica que nos rodea.

Las TICs engloban los elementos, los sistemas y las técnicas utilizadas en el tratamiento y la transmisión de la información, y, por tanto, principalmente incluyen a las áreas de conocimiento relativas a la informática y a las telecomunicaciones (Roca Dorda et al., 2011).

Se requiere innovar en las técnicas de recopilación de datos, con nuevos enfoques sistemáticos de agrupación y medición, para que permitan a los usuarios reaccionar en menor tiempo, evaluando los resultados y anticipándose a las necesidades futuras.

Si la información que se encuentra en su mayoría en documentos físicos como es el caso actualmente, se corre el riesgo de que se pierda por casos de accidentes o desastres naturales, tales como inundaciones, temblores o incendios, además de que los archivos pueden deteriorarse con el paso del tiempo, con la manipulación o el mal resguardo de estos.

Otro de los riesgos que se corre es que la información sea robada o bien, revisada por el personal no autorizado.

Actualmente, tanto distintas dependencias como empresas cuentan con un tipo almacén denominado “archivo” donde se encuentran los expedientes de obra de manera física y está ubicado en sus instalaciones, teniendo a una persona encargada del manejo y manipulación de las carpetas, sin embargo, cuando se implementan plataformas digitales que sirvan como sistemas de control, resguardando las fuentes de información, siendo sistemas de comunicación y que cuente con funciones específicas de organización y agrupación de los datos que se “suben” y se “descargan”, los departamentos de obra pública y los de obra privada se verán beneficiados, ya que podrán tener un manejo ágil y preciso de las funciones que desarrollan de manera integral.

Al modernizar y actualizar la manera en la que se conforman los expedientes, lograrán tener un control sumamente eficiente.

Las plataformas deben encontrarse un paso adelante en la lógica intuitiva del usuario que está realizando la búsqueda, facilitando así la información de manera oportuna y puntual.

Teniendo la habilidad de automatizar varias de sus funciones, con el objetivo de brindar un servicio íntegro, atractivo para el usuario, invitando e incentivando al retorno y a la práctica constante de la plataforma (SFP, 2018).

Un sistema de control debe ser un elemento para reducir la diferencia entre lo real y lo deseado por niveles de rendimiento (Meredith et al., 2006).

Por todo lo anterior, se debe ampliar y mejorar la calidad de los datos disponibles, producto de la recopilación, estandarización y sistematización de la información de las diferentes obras que se llevan a cabo, así como el análisis de los procesos que se realizan en las empresas constructoras, evaluando el desempeño de estas, mediante sus sistemas de control, de acuerdo con esto, proponer mejoras en el transcurso de su aplicación.

HIPÓTESIS

¿La utilización de sistemas de control con herramientas digitales mejorara los rendimientos de recopilación y agrupación de datos en la administración de las empresas constructoras?

MARCO TEÓRICO

Las vías que se utilizan en la investigación para acercarse a la realidad son los métodos descriptivos, comparativos y experimentales, que es donde se establecen las relaciones, las estrategias y las técnicas que serán usadas, a través de un diseño.

Este estudio tendrá un **alcance descriptivo**, ya que se analizarán y evaluarán los sistemas de control de obra, así como las posibles plataformas digitales/software que se pueden emplear para optimizar los recursos tanto de las empresas privadas como de las públicas en la ejecución de obra, sin embargo, también, tendrá un **alcance correlacional**, el cual implica trascender el descriptivo y profundizar en el análisis acerca de las formas en que se relacionan e interactúan las variables y grupos de variables (departamentos y cada una de sus actividades).

Para realizar esta investigación de alcance correlacional, se requiere contar con una base de conocimiento y experiencia además de información que haya sido abordada, al menos desde el nivel descriptivo; para ello se recurrirá a fuentes primarias o bien, contemplar etapas internas del mismo alcance, que permitan obtener información y mediciones sobre las variables y conceptos que se analizaran; por lo que esta investigación tendrá un enfoque mixto, pues se tendrán datos cualitativos obtenidos de una serie de investigaciones realizadas al personal de la dependencia y datos cuantitativos como lo pueden ser los obtenidos de los reportes de avances físicos, datos de estimaciones, datos de estatus de información, por mencionar algunos.

Aclarado lo anterior, es importante destacar que el propósito de esta investigación es identificar los sistemas de control que dan lugar a un mejor desempeño del proyecto de construcción, ya que dichos proyectos frecuentemente enfrentan incertidumbre y eventos no planificados y, por lo tanto, los sistemas de control pueden ayudar a mejorar los resultados planeados.

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos mecánicos o electrónicos que regulan otros dispositivos o sistemas por medio de lazos de control (Contributor, 2017)

De acuerdo con (Moselhi et al., 2004), un sistema de control de proyectos consta de objetos de control que permiten la comparación entre el desempeño planificado y el real en términos de costo y cronograma, cobrando importancia al garantizar que el estado de un proyecto se informe con precisión a la gerencia para que los problemas puedan

identificarse antes de que pueda hacerse evidente cualquier impacto perjudicial (Bower, 2002).

El sector de la construcción es un motor clave para la economía, pero aun en estos tiempos, carece de la innovación que se espera.

Aún se tienen que adoptar las innovaciones digitales que podrían ayudar a mejorar la productividad y la rentabilidad, por lo que la digitalización del sector de la construcción podría ser un potencial de cambio, creando un factor común de innovación, estandarización y comercio para aumentar la productividad del sector de la construcción y la calidad de los productos finales en términos de edificios e infraestructura.

A medida que la industria de la construcción atraviesa las primeras etapas de la transformación digital, las empresas de software están creando nuevas plataformas, aplicaciones y otras herramientas tecnológicas para ayudar con la transición.

Estas plataformas digitales y soluciones de software se utilizan para administrar ordenes de trabajo, procesos de diseño, inventarios de materiales, equipos, seguimiento de productividad, contratos, documentos, entre otras cosas.

Las plataformas digitales se han convertido en un modo importante para organizar una amplia gama de actividades humanas, incluidas las interacciones económicas, sociales y políticas.

Existen varias definiciones, basadas en una visión técnica que se centra en los elementos y procesos técnicos que interactúan para formar una plataforma digital (Asadullah et al., 2018).

Autores como Spagnoletti definen una plataforma digital como “un bloque de construcción que proporciona una función esencial a un sistema tecnológico y sirve como base sobre la cual se pueden desarrollar productos, tecnologías o servicios complementarios” (Spagnoletti et al., 2015).

Una infraestructura de plataforma tecnológica puede crear valor al facilitar los intercambios entre su ecosistema de usuarios, pues ayudará a las empresas a lo largo del ciclo del proyecto de construcción para que se comuniquen e intercambien información con varios socios e innoven al ser pioneras en nuevas formas de trabajar.

METODOLOGÍA

Identificación de los sistemas de control que se aplican en la construcción.

Los sistemas de control de lazo abierto o cerrado partieron desde la conceptualización, obtenida de libros, artículos científicos y páginas de internet de carácter académico.

Posteriormente de los orígenes se evaluó la aplicación de estos en el ámbito de la construcción, mediante el instrumento de recolección de datos, su importancia desde los alcances o las metas que se destinan a cada empresa o gobierno.

Determinación de la importancia de los formatos para el control de obra representados en hojas de cálculo utilizadas a la construcción.

Para el análisis de los formatos primero se realizó la recopilación de datos mediante investigación en conjunto con métodos de observación de algunos previamente obtenidos de bibliografías digitalizadas o impresas además de documentos públicos y privados.

De acuerdo con los resultados de la investigación, se utilizan los métodos de estadística, siendo la encargada de recoger, almacenar y ordenar información, realizando tablas frecuenciales, elaboración de gráficas y calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos.

De esta manera se establecerán los siguientes conceptos generales, siendo la población que es formada por el personal técnico que trabaja en la industria de la construcción.

Por otro lado, el tipo de variable cuantitativo se definió como el porcentaje de aprobación a los formatos existentes y el tipo de variable cualitativo como los comentarios y opiniones recolectados.

Análisis y evaluación de las plataformas digitales, macros y software especializados que se podrían utilizar como herramientas para el mejoramiento de las actividades en la organización de los procesos de la construcción.

Se sugiere que el instrumento de recolección de datos sea la entrevista, pidiendo a los entrevistados contestar y calificar ciertos puntos de acuerdo con la escala Likert de cinco puntos, siendo el 1 el más bajo, el 3 punto neutral y el 5 el más alto, aplicándose en

algunas preguntas, se presentan al inicio de los anexos de este documento y en el capítulo IV los resultados de la misma.

Finalmente, se propondrán mejoras o alternativas dentro de los formatos que se utilizan actualmente, digitalizarlos y programar los campos a llenar para que den un resultado enfocado a los componentes de la plataforma digital.

Es importante mencionar que actualmente existen una serie de metodologías que pueden ser aplicadas para los fines e intereses de este proyecto.

En los proyectos especialmente complejos, como son los de construcción, con varias líneas de trabajo, donde colaboran muchas personas, el comienzo de algunas tareas depende de fases previas y es necesario un sistema que garantice un flujo y ritmo de trabajo constante, en el que no existan retrasos y se minimicen las pérdidas.

La metodología *Last Planner System* es un sistema de planificación que busca la eficiencia, en el marco de trabajo de la filosofía Lean Construction.

Está basado en un sistema “Pull” que añade un componente de control de la producción al sistema de gestión tradicional de los proyectos y genera una planificación realista donde los planes de trabajo semanales pueden llevarse a cabo a través del compromiso de los últimos planificadores, capataces o encargados.

Existen dos características fundamentales del *Last Planner System*:

- La planificación es un proceso colaborativo y se lleva a cabo mediante una negociación entre todos los agentes que intervienen en el proceso, es decir los trabajadores que van a ejecutar las tareas son los que se comprometen a su realización.
- Se lleva a cabo de manera inversa en el marco de la “Pull Session”, donde se comienza por una visión general de la obra terminada y se va planteando que se necesita para llegar al punto de finalización.

CAPÍTULO I: SISTEMAS DE CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La teoría de control no es un tema reciente, se tienen registros desde la antigua Grecia, donde se empezó a crear la ingeniería de control, llevando a la práctica algunos modelos, por ejemplo: el reloj de agua, al llenarse de un flujo continuo de agua, hacía caer unas bolas que al caer al piso sonaban como alarma.

También hubo lámparas de aceite, dispensadores automáticos de vinos y hasta lo más elaborado como molinos de viento en la edad media.

1.2 ANTECEDENTES

Desde los años 1600 donde se origina la Revolución Industrial, la teoría de control realimentada fue basada en experimentos de prueba y error, potenciando el desarrollo de diversas máquinas de vapor y dispositivos, así como sistemas de control de regulación.

A mediados de la década de 1800 se emplearon las matemáticas para el análisis de la estabilidad de los sistemas de control realimentados, utilizando ecuaciones diferenciales y denominándose esta época como prehistórica.

Tras la injerencia de grandes matemáticos, J. C. Maxwell en 1868, se considera como el que dio origen de la Teoría de Control, presentando la estabilidad del regulador de bolas de Watt.

Su técnica consistía en linealizar las ecuaciones diferenciales que describían el comportamiento del sistema, y en obtener, a partir de dicha linealización, la ecuación característica del mismo.

Una de las condiciones más importantes para el diseño de los sistemas de control lineales invariantes en el tiempo es la estabilidad.

Como se sabe, un sistema de control es estable si y solo si todos sus polos en lazo cerrado tienen parte real negativa; es decir, que se encuentra dentro del semiplano izquierdo del plano complejo.

La estabilidad está en el centro de todas las consideraciones de análisis y síntesis. Conceptualmente, “una” definición de estabilidad neutral y general que uno pueda pensar

es que un sistema es estable si ninguna cantidad en el sistema crece ilimitadamente (Yazdan Bavafa, 2017).

Esta definición parece físicamente justificable y verdadera, sin embargo, en ciertos sistemas no lineales, el estado del sistema puede converger a ciclos límite o atractores extraños, por lo tanto, se interrumpe el funcionamiento nominal del sistema.

El concepto de estabilidad en la teoría de control se complementa con un método de estabilidad en particular, a saber, el método de estabilidad de Routh-Hurwitz, que es una de las herramientas más importantes.

En matemáticas, el **teorema de Routh-Hurwitz** proporciona una prueba para determinar si todas las raíces de un polinomio dado se encuentran en el semiplano izquierdo.

Los polinomios con esta propiedad se denominan polinomios estables de Hurwitz. El teorema de Routh-Hurwitz es importante en sistemas dinámicos y teoría de control, porque el polinomio característico de las ecuaciones diferenciales de un sistema lineal estable tiene raíces limitadas al semiplano izquierdo (valores propios negativos)

El teorema de Routh-Hurwitz se demostró en 1895 y recibió su nombre de Edward John Routh y Adolf Hurwitz, proporcionando pruebas para determinar si un sistema dinámico lineal contiene estabilidad relativa o absoluta

Si es relativo, es cuantitativo, determina el grado de estabilidad, es más complicado por el análisis a profundidad por el comportamiento de este.

En la cuestión absoluta, se denomina cualitativamente, respondiendo con un sí o no a las preguntas de estabilidad del sistema.

1.3 TEORÍA

La ingeniería de control combina distintas áreas como la electrónica, mecánica, química, ingeniería de procesos, teoría matemática, entre otras, basándose en dos vertientes: **el análisis y el diseño**.

El análisis, es la herramienta que investiga las características de un sistema existente, mientras que en el diseño se determinan los componentes para crear un sistema de control que posteriormente ejecute una tarea particular.

1.3.1 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

La importancia de un control automatizado (conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, sin intervenciones de agentes externos) radica en la formación de los procesos modernos industriales y de manufactura, siendo estos, elementos para realizar desempeños óptimos de los sistemas dinámicos, mejorando así, la productividad, con operaciones repetitivas y rutinarias, incrementando paso a paso la seguridad.

Los sistemas de control son la suma de distintos dispositivos que se encargan de diferentes funciones: administrar, ordenar, dirigir o regular las acciones de este o de otros sistemas, además controlan los procesos de un proyecto, por ejemplo, en la industria de la construcción se utilizan para lograr objetivos determinados, evitando así fallas en el transcurso de la ejecución.

Estos sistemas pueden ser manuales o mecánicos, pero también electrónicos o digitales, dependerá de los objetivos a lograr.

A continuación, se definen los conceptos involucrados en la teoría de control:

- Variable controlada: es la cantidad o condición que el controlador mide y controla.
- Variable manipulada: es la cantidad o condición que el controlador modifica para efectuar el valor de la variable controlada.
- Controlar: medir el valor de la variable del sistema y aplicar la variable manipulada para corregir o limitar una desviación.
- Planta: es un equipo, herramienta o maquinaria, con el propósito de cumplir la operación u operaciones.
- Sistema: conjunto de elementos que actúan juntos para un objetivo.
- Proceso: es cualquier operación que se va a controlar y conduce a un resultado o propósito determinado.
- Perturbación: señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema.

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna).



Figura 1.1 Esquema general de cualquier sistema, (Notario, 2021).

Requisitos para tener un sistema de control que cumpla los objetivos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

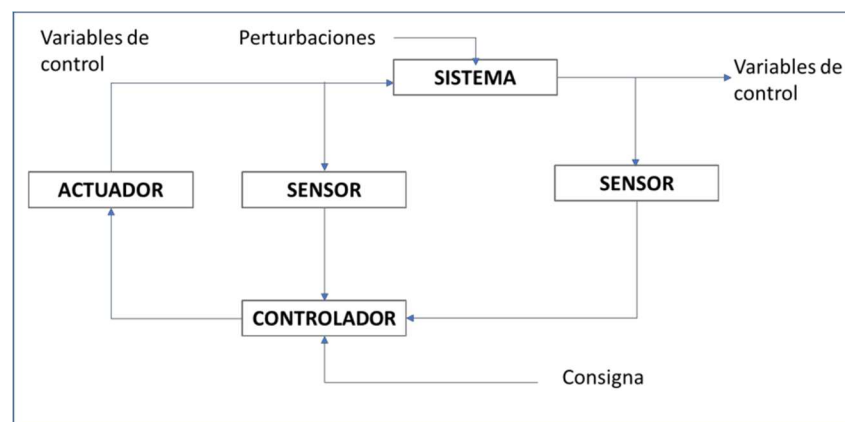


Figura 1.2 Esquema general de un sistema de control, (Notario, 2021).

Un sistema de bucle o lazo abierto es en el cual no existe la retroalimentación ni la medición de la variable a controlar, la salida no depende de la entrada ni afecta el sistema de control.

Regularmente es insuficiente debido a los errores del modelo y de las perturbaciones.

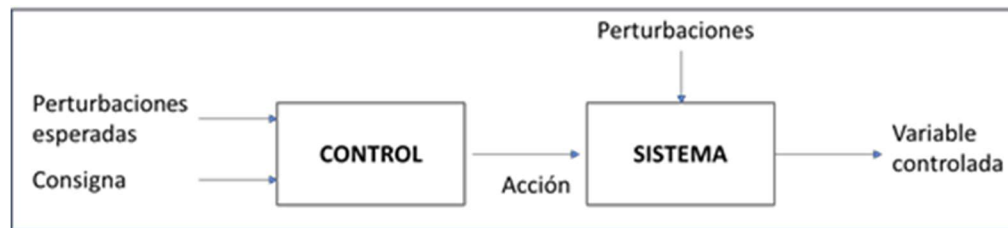


Figura 1.3 Esquema de control de lazo abierto, (Notario, 2021).

Por otro lado, un sistema de bucle o lazo cerrado si tiene una retroalimentación sobre la marcha, se emplean uno o varios sensores los cuales estratégicamente ubicados informan y automatizan los procesos, envían datos al controlador para que compare su salida y la salida con el punto de ajuste, si la comparación es errónea, el controlador analiza y envía una señal a su actuador cambiando los valores para que se acerquen al punto de ajuste dando el valor deseado.

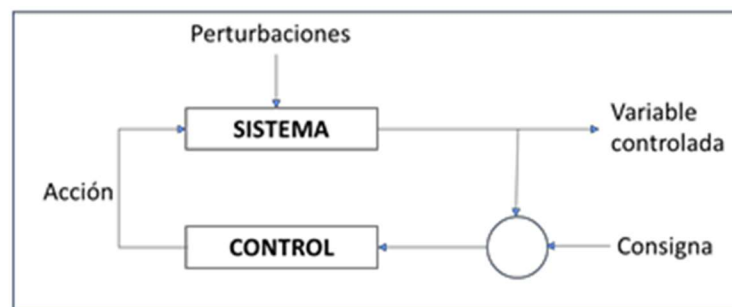


Figura 1.4 Esquema de control de lazo cerrado, (Notario, 2021) .

EJEMPLO DE BUCLES (LAZOS)	
BUCLE ABIERTO	Un microondas, realiza ciclos de calentamiento en función al tiempo determinado, pero no mide el grado de cocción o si el alimento está ingresado.
BUCLE CERRADO	Un equipo de aire acondicionado cuenta con un sensor de la temperatura ambiente y hace la comparativa de lo programado con la salida, si existe diferencia, se le denomina error y modifica el actuar.

BUCLES ABIERTOS		BUCLES CERRADOS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son simples	Son inexactos	Son confiables	Más complejos en la instalación
Son económicos	Son poco confiables	Son rápidos	Son costosos
Menos mantenimiento.	Son lentos y sin optimizaciones	Se pueden manejar varias variables simultáneamente.	El mantenimiento es difícil

Figura 1.5 Tabla comparativa de bucles “abiertos y cerrados”.

Para este caso de estudio, se tendrán que evaluar y analizar tres variables, siendo las más frecuentes:

- **TIEMPO:** Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo.
- **DINERO:** Instrumento aceptado como unidad de cuenta, medida de valor y medio de pago. (en nuestro caso será la medida para obtener ganancias o pérdidas a lo largo de los proyectos).
- **IMPREVISTOS:** Es aquello que no fue previsto, es decir, que no pudo ser visto, detectado o conocido con anticipación. Lo imprevisto, por lo tanto, sorprende.

El sistema lineal en lazo cerrado más común está representado por la siguiente función de transferencia:

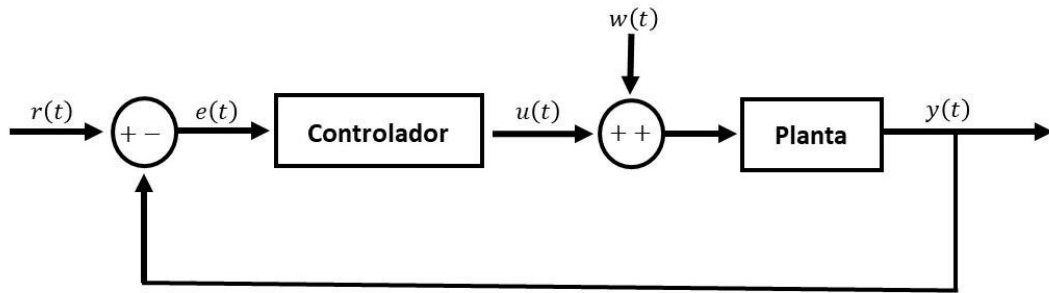


Figura 1.6 Esquema de función de transferencia de lazo cerrado, (Velasco Ulco et al., 2018).

En el diseño de cualquier sistema de control de un proceso dinámico, la estabilidad es uno de los principales parámetros para tener en cuenta, ya que el caso de entrar en inestabilidad se puede producir el deterioro y destrucción del proceso.



Figura 1.7 Sistema línea práctico, tomado y modificado de (Velasco Ulco et al., 2018).

En el esquema anterior se representa como se puede optimizar el rendimiento del personal en un caso práctico de la repartición de trabajo de una dependencia, teniendo en cuenta la suma total de las actividades, siendo de la siguiente manera:

Para iniciar se debe tener en cuenta la consigna, que es una nueva actividad de trabajo, para este caso sería la asignación a un trabajador (Residente de Obra), que entre

sus funciones es supervisar la ejecución de los trabajos, siendo el controlador el jefe o coordinador quien la asignará, mediante la carga de trabajo del anterior mencionado dentro de la dependencia, pero antes de que proceda, se deberá filtrar y retroalimentar mediante un sensor que pueda sumar el número de trabajadores (Residentes) y promediarlo entre el número total de actividades (obras en proceso), si al sumar la actividad al trabajador inicial, el número final supera el promedio, deberá de ser considerada para otro trabajador, así hasta que la equidad de trabajo sea regulada, realizando el mismo ciclo hasta que se pueda encontrar la salida, obteniendo el resultado de mejor rendimiento.

El campo de los sistemas híbridos es un área de investigación reciente y muy activa, que evoluciona a partir de los fundamentos de la teoría de control y la informática.

Es importante tomar en cuenta el comportamiento híbrido de un sistema de control cuando la dinámica del sistema basada en el tiempo y en los eventos interactúa de una manera que influye en el rendimiento general.

El término “sistemas híbridos” denota a sistemas con comportamiento definido por entidades o procesos de distintas características.

En este caso, la palabra híbrido hace referencia a combinaciones o composiciones de partes continuas y discretas, finalmente un “sistema dinámico híbrido” se entiende como un sistema dinámico donde el comportamiento de interés está determinado por la interacción de dinámicas continuas y discretas.

1.4 CONCLUSIONES CAPITULARES

Muchas empresas y/o dependencias enfrentan proyectos fuera de control y muchas reportan grandes pérdidas, al verse obstaculizadas por muchas fallas en la gestión de proyectos y las causas de fallas varían, por la incorporación de iniciativas de gestión de proyectos, mala calidad, retraso en el costo y el cronograma, procesos inmaduros, adherencia a los procesos, coordinación de flujo de información, transferencia de conocimientos, confianza en las relaciones del proyecto, etc.

Se concluye que los sistemas cerrados son más confiables, pero a un costo mayor, así como los abiertos son más lentos, pero con mayor estabilidad.

Por lo regular en diferentes industrias se utilizan los bucles cerrados, ya que la mayoría de los procesos deben permanecer con los valores deseados. Necesitando de un software y un hardware para controlar todos los valores del proceso.

También con los resultados obtenidos encontramos que se puede expresar matemáticamente los sistemas, entre más sensores se tendrá más variables y las fórmulas crecerán exponencialmente.

En los casos prácticos se puede aplicar el criterio, debido a que en cada dependencia como en cada departamento existen diferentes funciones que realiza el personal, pero en todos los casos se encuentra que entre más revisiones y/o filtros tenga esa ruta crítica, se tendrá mejores resultados, realizando de mejor manera sus actividades.

Se propone que en las dependencias se evalúe con teorías de sistemas de control las actividades que realicen los trabajadores, mejorando las rutas críticas, optimizando las funciones y acortando los tiempos, así como teniendo en tiempo real la información recopilándola con cualquier sistema cerrado siempre y cuando se utilicen las herramientas digitales.

Es importante recalcar, que el actual trabajo de investigación consiste en un análisis cualitativo, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que en un futuro se pueda complementar con un análisis cuantitativo, siendo una base para la continuación en el siguiente nivel de posgrado, o como fuente de información para otros colegas que quieran investigar sobre estos temas.

CAPÍTULO II: GESTIÓN DE PROYECTOS CON SISTEMAS DE CONTROL

2.1 GESTIÓN DE PROYECTOS

2.1.1 INTRODUCCIÓN

La gestión de proyectos es una disciplina que se enfoca en planificar, coordinar y controlar los recursos necesarios para completar proyectos de construcción y desarrollo de infraestructura.

Los sistemas de control son una herramienta clave en la gestión de proyectos civiles, ya que permiten monitorear y medir el progreso del proyecto en tiempo real, y tomar medidas correctivas para asegurar que se cumplan los objetivos del proyecto en términos de tiempo, costo y calidad.

En este sentido, los sistemas de control son esenciales para la toma de decisiones informadas, lo que puede aumentar significativamente la eficiencia y efectividad en la ejecución de proyectos de construcción y desarrollo de infraestructura.

Existen diferentes modelos de gestión de proyectos que utilizan sistemas de control, y algunos de ellos pueden ser clasificados como modelos de control abierto o cerrado.

A continuación, se mencionan estos modelos:

Modelos de Gestión de Proyectos con Sistemas de Control Cerrado:

- a) Modelo de Gestión de Proyectos de la Triple Restricción:** Se enfoca en controlar tres variables clave en un proyecto: tiempo, costo y alcance.

Se establecen metas específicas para cada una de estas variables y se monitorea el progreso del proyecto a través de un sistema de control cerrado, con el fin de asegurar que se cumplan las metas establecidas.

- b) Modelo de Gestión de Proyectos por Fases:** Este modelo se enfoca en dividir el proyecto en diferentes fases o etapas, cada una de las cuales tiene objetivos específicos.

El sistema de control cerrado se utiliza para asegurar que cada fase se complete exitosamente antes de avanzar a la siguiente.

El modelo de control cerrado también permitiría al equipo de proyectos identificar y gestionar riesgos y problemas, y tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos y el manejo de la calidad.

En última instancia, este modelo permitiría al equipo de proyecto asegurar que el puente se construya de manera eficiente y efectiva, cumpliendo con los objetivos establecidos y los estándares de calidad.

Para aplicar un sistema de control cerrado en la gestión de proyectos civiles, se requieren varios formatos que ayudan a medir el desempeño del proyecto en relación con los objetivos establecidos.

Algunos de estos formatos incluyen:

1.- Plan de proyecto: Este documento describe el alcance del proyecto, los objetivos y las metas específicas, y la secuencia de actividades necesarias para completar el proyecto. También establece el cronograma, el presupuesto y los recursos necesarios para cada actividad.

2.- Lista de actividades: Este documento detalla cada una de las actividades necesarias para completar el proyecto, junto con su duración y su dependencia de otras actividades.

3.- Diagrama de Gantt: Este formato es una herramienta visual que muestra la secuencia de actividades y su duración en un cronograma. Es útil para identificar posibles retrasos y problemas en el proyecto.

4.- Plan de gestión de riesgos: Este formato identifica los riesgos potenciales del proyecto y describe cómo se gestionarán y se mitigarán si se producen.

5.- Lista de verificación de calidad: Este documento describe los criterios de calidad que deben cumplirse para cada actividad y establece los estándares para la aceptación de cada actividad.

6.- Informes de progreso: Estos informes se utilizan para medir el progreso del proyecto en comparación con el plan de proyecto original.

Se pueden incluir métricas como el costo real, el tiempo y la calidad reales en comparación con las metas establecidas.

7.- Plan de acción correctiva: Este documento describe cómo se abordarán los problemas y desviaciones en el proyecto.

Incluye medidas correctivas específicas y un cronograma para su implementación.

Estos formatos ayudan a asegurar que el proyecto se complete dentro del alcance, el tiempo y el presupuesto previstos, y que cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Además, proporcionan una forma de medir y monitorear el progreso del proyecto y tomar medidas correctivas según sea necesario.

Un ejemplo de gestión de proyectos civiles utilizando un modelo de control cerrado sería la construcción de un puente.

En este proyecto, se establecerían objetivos claros y específicos, tales como el costo, el tiempo de construcción y las especificaciones técnicas del puente.

El equipo de proyecto diseñaría un plan de proyecto detallado, que incluiría la secuencia de actividades, el cronograma y los recursos necesarios para completar el proyecto.

Durante la ejecución del proyecto, se utilizaría un sistema de control cerrado para monitorear y medir el progreso en función de los objetivos establecidos.

Se establecerían hitos clave para el proyecto, como la finalización de la fundación del puente o la finalización del tablero.

Se medirían los indicadores de rendimiento, como el costo y el tiempo reales en comparación con el plan inicial, y se tomarían medidas correctivas si fuera necesario para asegurar que el proyecto se complete dentro del alcance, el tiempo y el presupuesto previstos.

Tipos de Modelo de Control Abierto:

- a) **Modelo de Gestión de Proyectos Ágiles:** Este modelo se enfoca en la colaboración y la flexibilidad, en lugar de la rigidez de los modelos tradicionales. El sistema de control abierto se utiliza para mantener la transparencia y la comunicación constante entre el equipo de proyecto y los interesados, con el fin de adaptarse rápidamente a los cambios y lograr una entrega de valor continua.

b) Modelo de Gestión de Proyectos de Diseño Centrado en el Usuario: Este modelo se enfoca en la creación de soluciones que satisfagan las necesidades del usuario final.

El sistema de control abierto se utiliza para involucrar activamente al usuario en el proceso de diseño y desarrollo del proyecto, a través de la retroalimentación y la iteración constante.

Es importante mencionar que la elección del modelo de gestión de proyectos dependerá de las características del proyecto y de las necesidades de los interesados.

En algunos casos, puede ser apropiado utilizar un sistema de control cerrado para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos, mientras que, en otros casos, puede ser más adecuado utilizar un sistema de control abierto para adaptarse a los cambios y a las necesidades del usuario.

En general, el uso de un modelo de control abierto en la gestión de proyectos es adecuado para proyectos que requieren una mayor flexibilidad y adaptabilidad, y que pueden beneficiarse de una mayor colaboración y comunicación con los interesados. Este modelo es especialmente útil en proyectos que implican innovación o que tienen un alto grado de incertidumbre en cuanto a los resultados esperados.

Un ejemplo de gestión de proyectos civiles utilizando un modelo de control abierto podría ser la construcción de un parque público.

En este proyecto, se podrían utilizar herramientas de colaboración en línea y de gestión de proyectos para involucrar a la comunidad y a los interesados desde el principio.

El equipo de proyecto podría trabajar con la comunidad para definir los objetivos y las especificaciones del parque, y luego desarrollar un plan de proyecto detallado que incluya la secuencia de actividades, el cronograma y los recursos necesarios.

Sin embargo, en lugar de mantener un control estricto sobre cada aspecto del proyecto, se permitiría la colaboración abierta y la retroalimentación constante de los interesados.

Durante la ejecución del proyecto, se establecerían hitos y se medirían los indicadores de rendimiento, pero se permitiría cierta flexibilidad para adaptarse a las necesidades y deseos cambiantes de la comunidad.

El equipo de proyectos podría utilizar herramientas de comunicación y colaboración para compartir actualizaciones sobre el progreso del proyecto y recopilar comentarios y sugerencias de la comunidad.

El modelo de control abierto permitiría a la comunidad tener una mayor participación y sentirse más involucrada en el proyecto, lo que podría aumentar su apoyo y su compromiso con el proyecto.

También podría fomentar la innovación y la creatividad en el equipo al permitir la experimentación y la exploración de soluciones diferentes.

En última instancia, este modelo permitiría al equipo construir un parque que no solo cumpla con las especificaciones técnicas, sino que también se adapte a las necesidades y deseos de la comunidad y genere un mayor sentido de propiedad y orgullo en el proyecto.

Para aplicar un sistema de control abierto en la gestión de proyectos civiles, se requieren varios formatos que ayudan a involucrar a la comunidad y a los interesados y recopilar comentarios y retroalimentación constantes.

Algunos de estos formatos incluyen:

1.- Plan de proyecto colaborativo: Este documento describe el alcance del proyecto y los objetivos específicos, pero también incluye un enfoque colaborativo con la comunidad y los interesados desde el principio. Se establecen los medios y herramientas de colaboración en línea para compartir ideas y comentarios.

2.- Matriz de responsabilidades: Este formato detalla las tareas y responsabilidades de cada miembro del equipo de proyecto y de los interesados en el proyecto, incluye a la comunidad en la toma de decisiones y establece cómo se tomarán y aprobarán las decisiones.

3.- Hitos y métricas de desempeño: Este formato establece hitos y métricas de desempeño clave para medir el progreso del proyecto y su éxito. Incluye el seguimiento y evaluación del impacto social y comunitario.

4.- Plataforma de colaboración en línea: Este formato proporciona una plataforma para que la comunidad y los interesados compartan comentarios y sugerencias sobre el

proyecto, y para que el equipo de proyecto proporcione actualizaciones y responda preguntas.

La plataforma puede incluir una variedad de herramientas, como foros de discusión, encuestas en línea y reuniones virtuales.

5.- Plan de comunicación: Este formato describe cómo se comunicará el progreso del proyecto a la comunidad y a los interesados. Incluye la frecuencia y los medios de comunicación, y cómo se responderá a los comentarios y sugerencias de la comunidad.

6.- Plan de gestión de cambios: Este formato describe cómo se gestionarán los cambios en el proyecto a medida que se reciban comentarios y retroalimentación de la comunidad y los interesados. Incluye la evaluación de los cambios y cómo se aprobarán.

Estos formatos permiten una mayor participación de la comunidad y de los interesados en el proyecto y fomentan la innovación y la creatividad en el equipo de proyecto al permitir la experimentación y la exploración de soluciones diferentes.

También permiten adaptarse a las necesidades y deseos cambiantes de la comunidad y proporcionan una forma de medir y monitorear el progreso del proyecto y tomar medidas correctivas según sea necesario.

La gestión de proyectos requiere de un enfoque general, que permita reducir costos, aumentar la eficiencia, mitiga los riesgos y optimiza los recursos.

Todo esto permite conocer los alcances, el tiempo y el costo para coordinar, planificar y organizar las actividades

Encontrar modelos abstractos de fenómenos tecnológicos es fundamental en muchas áreas de la ingeniería.

Para el diseño de los sistemas de control, un buen modelo es aquel que no solo es suficientemente completo para capturar las características importantes del sistema (dinámica, perturbaciones, ruido de medición, etc.), sino que también es lo suficientemente simple al mismo tiempo para permitir la aplicación del análisis y métodos de diseño existentes.

Por otra parte, la gestión de proyectos es la base de cualquier proyecto de construcción, ya que los proyectos están en constante evolución y es necesario un proceso bien planificado para asegurar el éxito (Stracusser, 2015).

Los excesos que pueden ocurrir en un gran proyecto de construcción son muy difíciles de cuantificar debido al gran volumen de variables involucradas, por lo que, el fracaso de este puede ser el resultado de sobrecostos o crecimiento no contemplado en el contenido del proyecto.

El fracaso inevitable requiere un enfoque diferente para la gestión de proyectos de construcción. Fomentar un enfoque más efectivo, requiere de conocer los diferentes enfoques que existen en la gestión de proyectos (tradicional, ágil y esbelto) y así como determinar las herramientas y técnicas efectivas a adoptar.

2.2 TIPOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Gestión de proyectos tradicional (Traditional Project Management): Es el proceso de planificación, ejecución y control de un conjunto de tareas para llegar a la meta deseada dentro del presupuesto y dentro de un plazo específico (Calvello, 2021).

Es muy común que aquellas empresas que usan este método elijan un software de gestión de proyectos que los ayude a establecer hitos adecuados, coordinar y organizar tareas específicas y alcanzar sus objetivos.

- **Alcance:** El acto de especificar todos los pasos del desarrollo del proyecto, que siempre debe incluir lo que se hará y no se hará, esto mantendrá al proyecto, bajo control.
- **Tiempo:** No se puede controlar el tiempo y esto puede significar un desafío, al tener que saber cómo usar el tiempo de manera eficiente, mantener el proyecto dentro del cronograma y alcanzar los resultados deseados.
- **Costo:** Se debe definir el presupuesto del proyecto lo antes posible. Una vez que se establece se debe comparar con lo que el cliente presentó.

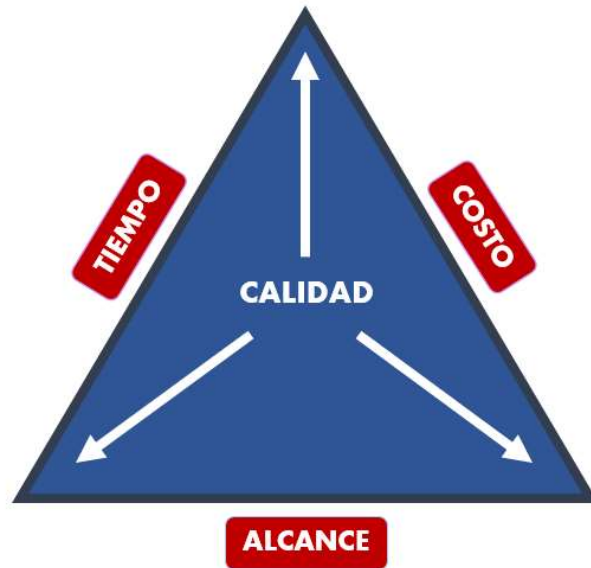


Figura 2.1 Triángulo de Gestión de Proyectos Tradicional. Cualquier proyecto debe planificar las restricciones antes de iniciar. En la gestión de proyectos tradicional, existen tres factores que conforman lo que se conoce como el triángulo de gestión de proyectos. *Tomado y modificado de Calvello, 2021.*

Gestión de Proyectos Ágil (Agile Project Management): La gestión ágil de proyectos es un enfoque iterativo para gestionar proyectos de desarrollo de software que se centran en lanzamientos continuos e incorpora comentarios de los clientes con cada iteración (Lalmi et al., 2021).

Los proyectos de construcción típicos tienen varias fases, iniciación/planificación, diseño, construcción, prueba y finalmente una fase de entrega al usuario, seguida por el cierre de proyecto.

Existen modelos más elaborados con puertas de múltiples fases y fases de licitación, pero el punto en común es la naturaleza secuencial, con la entrada del usuario principalmente en la fase de planificación o diseño, mientras que, en la fase de construcción, se elabora otro plan de trabajo secuencial (cronograma de proyecto).

El proyecto de construcción grande típico tiene varios contratistas que trabajan para un contratista general.

Lo ideal en proyectos de construcción es que se siguiera una secuencia lineal, sin embargo, no es así, debido a que pueden existir problemas significativos, sobre todo en los grandes proyectos, pues pueden generarse retrasos y aumentos de costos; los costos de

los materiales y un elemento de costo más significativo en la construcción, la mano de obra, cuyo costo aumenta con respecto al plan de referencia cuando se producen retrasos.

Todo esto puede ser el resultado de no tener el material adecuado en el momento adecuado, lo que puede ocurrir a causa de retrasos en los proveedores, en el envío, restricciones de financiación, así como por no tener las instrucciones de trabajo adecuadas, resultado de un diseño y documentación incompletos o inexactos, llevando así a un retraso en toma de decisiones o instrucciones y finalmente cambios en el alcance, generando así el aumento de los costos.

Tradicionalmente, los proyectos de construcción se consideran malos candidatos para un enfoque ágil, ya que, como se mencionó anteriormente, suelen ser de naturaleza secuencial y los cambios son costosos a medida que los proyectos avanzan.

Actualmente existen esfuerzos para mejorar la productividad de la construcción, con iniciativas como la construcción ajustada y lo que se denomina Gestión Integrada de Proyectos (IPM) o Entrega Integrada de Proyectos (IPD), cuyos enfoques se basan en una gestión de proyectos ágil (Stracusser, 2015), aunque aún se deben evaluar varios tipos de herramientas y técnicas para optimizar el proyecto.

Gestión de Proyectos Esbelta (Lean Project Management): La gestión de proyectos Lean se diferencia de la gestión de proyectos tradicional no solo en los objetivos que persigue, sino también en la estructura de sus fases, la relación entre las fases y los participantes en cada fase.

La construcción es uno entre muchos tipos de sistemas de producción basados en proyectos y está altamente caracterizada por la generación de residuos, condiciones de seguridad incierta y una alta variabilidad de su proceso constructivo.

La construcción esbelta surge como resultado de crear valor sostenible para el cliente mediante la eliminación de residuos a través de todos los procesos de la empresa y abordar el sitio de una manera diferente eliminando todos los residuos, desde el almacenamiento de materiales hasta la aceptación de la estructura (Ballard et al., 2003).

El diseño esbelto no tiene una definición común clara, pues se ha utilizado para una variedad de trabajos aplicando herramientas conocidas de construcción esbelta como el ultimo sistema de planificación para la gestión de diseños de construcción.

La metodología de gestión de proyectos “correcta” puede ser la primera y más importante elección que haga un director de proyectos.

El objetivo de un enfoque hibrido de los enfoques tradicional, ágil y esbelto, es aprovechar los beneficios de los enfoques y eliminar sus debilidades; en un enfoque hibrido todas las funciones deberían trabajar juntas para volverse más ágiles, manteniendo la previsibilidad del enfoque tradicional.

Tantos los enfoques tradicionales como los ágiles tienen sus ventajas y desventajas, por lo que no es posible elegir o confirmar el mejor enfoque entre los dos, así que, para satisfacer las necesidades específicas de un proyecto, a menudo es necesario utilizar los enfoques ágil y tradicional, un hibrido de los dos últimos enfoques puede ser el camino con mayor ventaja.

En un enfoque hibrido, ser flexible es el principio más importante para generar un buen modelo que sea apropiado para los requisitos del proyecto (Lalmi et al., 2021).

Con base en la literatura, proporcionar una base de análisis para resaltar un enfoque hibrido, comprender la evolución, falla y buenas prácticas de la agilidad ayuda a explotarlos en el nuevo enfoque hibrido para proyectos de construcción y el analizar el enfoque tradicional utilizado en la industria de la construcción permite señalar los fallos puntuales y facilita la localización del fallo, manteniendo y trabajando los puntos fuertes que garantizan el éxito del proyecto, corregir los fallos en diferentes fases del proyecto aumenta las posibilidades de éxito del proyecto, la coordinación y colaboración con el cliente, cuyo factor es importante en la eliminación o reducción de fracasos del proyecto.

En la actualidad los propietarios de proyectos, los consultores de gestión de proyectos, de supervisión y los contratistas deben adoptar las mejores prácticas en lo que respecta a la gestión de sus proyectos de construcción. Los proyectos que terminan tarde y por encima del presupuesto son el resultado de la falta de gestión y control de esos proyectos.

Es por ello por lo que se debe implementar un *Sistema de Control de Proyectos (PSC, por sus siglas en ingles)* para proporcionar una versión única en tiempo real de los informes de estado de desempeño de la verdad (PM, 2022).

Para que los informes de PSC sean confiables, se debe tener acceso a todos los datos de gestión de proyectos que se puedan rastrear hasta su transacción de origen o registro donde se capturaron estos datos.

El enfoque ágil se orienta principalmente hacia las aplicaciones de un software, pero otras prácticas pueden ser aplicables en un proyecto de construcción.

En todo proyecto de construcción son usados diferentes tipos de softwares, que realizan tareas específicas, por ejemplo: las hojas de cálculo, altamente utilizadas, ya que en ellas se pueden realizar tablas dinámicas, presentar formatos, operaciones sencillas hasta cálculos complejos y de lo más importante, la organización de los datos.

Por otro lado, en el área técnica se utilizan diferentes tipos de software para el diseño, en la actualidad muchas empresas han enfocado sus recursos en dar mejores prestaciones a los clientes, es por esto, que han abordado los diseños 3D y los 2D. La edición del diseño asistido por computadora es la base de la presentación de los proyectos, donde se detallan los trabajos a realizar.

Luego de ser presentados los trabajos, se deben de realizar informes detallados de costos, por ende, los softwares de análisis de precios unitarios ofrecen herramientas que llevan el control de recursos, materiales, mano de obra y demás elementos necesarios, además de alguna actividad específica hasta un grupo de actividades que representan las denominadas partidas.

Estos programas nos ayudan a realizar corridas e iteraciones presupuestales con un solo clic, siendo los programas más populares el Opus y el Neodata, que cada 2 o 4 años se van actualizando, así como su base de datos para volverse más competitivos y compatibles con otros softwares (Guevara, 2020), cabe mencionar que estos softwares son frecuentemente mal utilizados, esto se da cuando el contratista ve el análisis de costos como un requisito para ganar un concurso, en lugar de verlo como la herramienta clave para capitalizar, es por esto por lo que al final del día muchas empresas terminan con proyectos con más pérdidas que ganancia.

Finalmente, existen softwares de altas características que son específicos para ciertas tareas, como los utilizados para el cálculo de estructuras, cálculos hidráulicos, diseños topográficos de planimetrías y altimetrías, etc.

Además de programas que ayudan a establecer y/o encontrar la ubicación y referencia donde se llevaran a cabo los trabajos, siendo estos los que cuentan con datos geoespaciales, mapas e imágenes panorámicas de alta resolución.

Actualmente y por los recientes hechos ocurridos por la pandemia, se debe mencionar que se ha recurrido al uso programas de organización para eventos virtuales, mediante comunicación a distancia con una o varias personas a la vez; estos softwares de videoconferencia han permitido reducir tiempos y ahorro de traslado, así como la mejora en la toma de decisiones de forma remota.

Así mismo, muchas empresas y dependencias han optado por el almacenamiento de información de forma digital, permitiendo almacenar datos y archivos en internet a través de un plan de manejo de un proveedor, que administra y mantiene segura la información con sus servidores.

De todo lo anterior mencionado, existen softwares que hacen la recopilación, agrupación y exposición de los datos de un proyecto, denominados software de Planificación de Recursos Empresariales (ERP por sus siglas en ingles), es un sistema de información empresarial diseñado para integrar y optimizar los procesos y transacciones comerciales en una corporación (B. Moon, 2007), el sistema ayuda con la automatización y la administración en las áreas de finanzas, fabricación, servicios, suministros, compras, ventas, recursos humanos y operaciones.

2.3 CONCLUSIONES CAPITULARES

La gestión de proyectos se enfoca principalmente en el control de los tiempos, los costos y aumentar los alcances, aumentando la eficiencia de los procesos entre sí.

Si los procesos que se cumplen en las diferentes empresas pueden agilizarse de diferentes maneras, una de ellas es la utilización de los softwares disponibles a mayor escala o en su caso implementando nuevos para poder aumentar los alcances y obteniendo resultados más específicos.

Las problemáticas que existen para la industria de la construcción son diversas, dependen de la cartera de negocios que puede abarcar la empresa, pero también la complejidad y exactitud con que las mismas quieran trabajar.

Por lo tanto, la gestión tradicional puede resultar limitante en algún punto, se recomienda ya no solo mejorarla sino buscar nuevas alternativas teóricas y prácticas.

Como en la construcción como en cualquier ámbito si existen una gestión dentro del proyecto, aumentan las probabilidades de éxito. Ya que existen diferentes modelos y metodologías de gestión de proyectos, como la ágil y la gestión esbelta, que se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto. La elección del modelo adecuado va más hacia los factores como el tipo de proyecto, los recursos disponibles y los objetivos a alcanzar. En cualquier caso, se ofrecen beneficios, como mayor eficiencia, una reducción de costos, mayor satisfacción del cliente y una mejora continua en los procesos.

En conclusión, para lograr una gestión de proyectos exitosa, es importante contar con un equipo de proyectos que sea capacitado y que este a la vanguardia, utilizando diferentes metodologías y con herramientas digitales.

CAPÍTULO III: COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha descrito desde el inicio de este proyecto de investigación, los sistemas de control se utilizan en cualquier actividad empresarial, que puede ser desde una industria automotriz hasta una pequeña empresa, también puede ser el caso de las personas físicas que se desarrollan como “Freelance” (trabajo por cuenta propia), donde también se puede hacer uso de ellos.

Cada una de estos decide y adecua los sistemas de control a sus necesidades y a sus posibilidades, por ejemplo, un software de hoja de cálculo está al alcance de todos, teniendo un costo mínimo con esa hoja de cálculo las empresas pueden programar y automatizar las funciones que brinda el software, obteniendo muchos atributos, pero también demasiadas limitantes.

Los conocimientos que se deben tener para programar desde una simple tabla hasta las denominadas “macros” son muy variables, pero entre más complejidad tenga el sistema, más conocimientos se requieren para que en el momento de programar, los resultados sean tan veraces como sea posible, pues con un mínimo error como lo puede ser una “coma” puede cambiar los resultados, al tener innumerables archivos, se pueden cometer errores de todo tipo.

Los procesos que se ejecutan con esta herramienta son particulares, es por esto por lo que se requiere al menos una hoja de cálculo programada para cada proceso.

Por otro lado, hay empresas que eligen diferentes softwares, no solo una hoja de cálculo, sino también programas de texto, lectura de documentos, etc.

Requiriendo hacer más que solo balances generales, además de informes de actividades, mismos que se toman de un software a otro, utilizando varias ventanas a la hora de la elaboración.

Para lograr mejores resultados que los anteriores, ahora las empresas pueden tener una comunicación entre sí mismas y con otras empresas, ejecutando diferentes procesos al mismo tiempo, pues la tecnología ha dado pasos agigantados, modernizando los reportes de las empresas, es por esto por lo que poco a poco las empresas van eligiendo los famosos Sistemas de Control ERP (*Enterprise Resource Planning por sus siglas en inglés*)

permitiendo la automatización y la gestión de todos y cada uno de los procesos que la empresa requiera.

Se dice que es un mínimo porcentaje de la población la que los obtiene debido a sus costos de adquisición y de operación que son mayores a los de softwares libres.

La empresa elegirá las opciones que requiera de acuerdo con los departamentos con los que cuente, por ejemplo: producción, requisición, logística, inventario, contabilidad, recursos humanos, entre otros.

Se busca la automatización de estos sistemas, pero también la rapidez en la toma de decisiones ya que puede ser en tiempo real, aumentando la productividad y reduciendo los márgenes de pérdida.

La mejora continua es una herramienta que brindan los sistemas ERP, debido a que están programados para que cada error sea identificado a la brevedad por los usuarios, esto debido a que su manera de programación esta enlazada, permitiendo ver en cada momento los movimientos del negocio (puede ser uno solo o varios a la vez).

Los procesos que suelen simplificarse pueden ser los siguientes:

- Control de las finanzas.
- Gestionar la cartera de clientes.
- Actualizar los inventarios.
- Ordenar los pedidos y requisiciones.
- Tener la contabilidad al día.
- Optimizar los recursos humanos dentro de la empresa.

Los sistemas ERP se eligen por **los objetivos a lograr**, por ejemplo: Aumentar la utilidad, disminuir los costos indirectos, ahorrar tiempos, etc.

Se pueden elegir por el número de accesos o usuarios que van a intervenir en la interacción.

La interfaz del sistema debe ser amigable e intuitiva ayudando a simplificar los procesos, una característica idónea es la manejabilidad de información, lo más recomendable es que se pueda utilizar en la nube, ahorrando tiempo, sincronizando e integrando la información.

Por último, el soporte técnico de la plataforma debe de cubrir todas las dudas y resolver todas las inquietudes que el usuario llegue a tener.

Mencionado todo esto, si una empresa considera que la implementación de un sistema de control de tipo ERP puede mejorar sus servicios, debe de considerar muchos factores, debido a que en el mercado mexicano cada día se ofrecen diferentes opciones.

3.2 ERP EN LA CONSTRUCCIÓN

Para nuestro caso práctico se debe de aterrizar el sistema a la construcción con consistiendo en los siguientes departamentos:

- **Control de Costos:** Siendo los análisis de precios unitarios la base para lograr los presupuestos más actualizados y mejor logrados. Se sincroniza la explosión de insumos, las partidas de la obra entre otras al presupuesto control, donde se enlistan todos los insumos, sus cantidades tope y se puede lograr la mejor comparativa de contratado vs ejecutado.
- **Compras:** Se refleja en las solicitudes de cotizaciones partiendo desde las requisiciones que la residencia de obra va solicitando a lo largo del proyecto, con las autorizaciones y contrataciones se pueden hacer comparativos. Con las órdenes de compra o pedidos se procede al siguiente paso.
- **Contabilidad:** Se empata la orden de compra o pedido con el presupuesto para pasarlo a pago; en este paso se debe tener mucha atención, debido a que es donde pueden suceder varios errores como pagar los pedidos con efectivo cuando es transferencia, pagarlo a un proveedor distinto, no considerar las retenciones o aportaciones, o un sinfín de posibilidades contables.
- **Bodegas y almacenes:** Se deben de administrar los consumos de materiales, las entradas, salidas y traspasos de estos, filtrando desde pedidos específicos, proveedores, facturas, etc.
- **Inventarios:** Es importante tener la información actualizada, ya sea de herramienta, materiales, maquinaria o cualquier cosa que se encuentre en nuestras bodegas o almacenes, siendo estos como pasivos hasta su ocupación o utilización, de esta manera con las existencias se va a optimizar los recursos sabiendo que se cuenta con ciertas cosas y las que no, se deberán comprar.

- **Estado de pagos o visualizador de pagos:** Se administran los contratos, las retenciones, anticipos, costos por partida, para la elaboración de estados de resultados.
- **Contratos:** Donde la residencia se encarga de la elaboración de estimaciones, siendo estas las órdenes de pago para subcontratistas y proveedores.

En resumen, el sistema unifica procesos y funcionalidades que se utilizan en diferentes departamentos de una misma empresa, permitiendo que los departamentos interactúen, accediendo a la información, tomando las mejores decisiones en tiempo real.

La visión global de la empresa se podrá visualizar de manera ágil, si y solo si se cuentan con los permisos adecuados, ¿por qué esto?, porque estos programas funcionan con jerarquías, el administrador general del sistema otorga los permisos y atributos que cada usuario requerirá a lo largo de sus funciones, pero deberá estar limitado en cierto punto, para que no exista la manipulación de información.

Otra funcionalidad de estos programas es que cada que se ejecute, cambie o realice un cambio dentro de los proyectos, estos pasos se quedan grabados, no solo en tiempo y fecha sino también en quién, y cómo el usuario realizó el cambio, esto debido a que, al suceder un suceso raro, se puede investigar desde donde se originó, o yendo de enfrente hacia atrás para ver donde surgió el error.

3.3 EJEMPLO DE FUNCIONES

A continuación, se mostrará diferentes imágenes obtenidas de un sistema de control ERP para posteriormente describir sus funcionalidades.

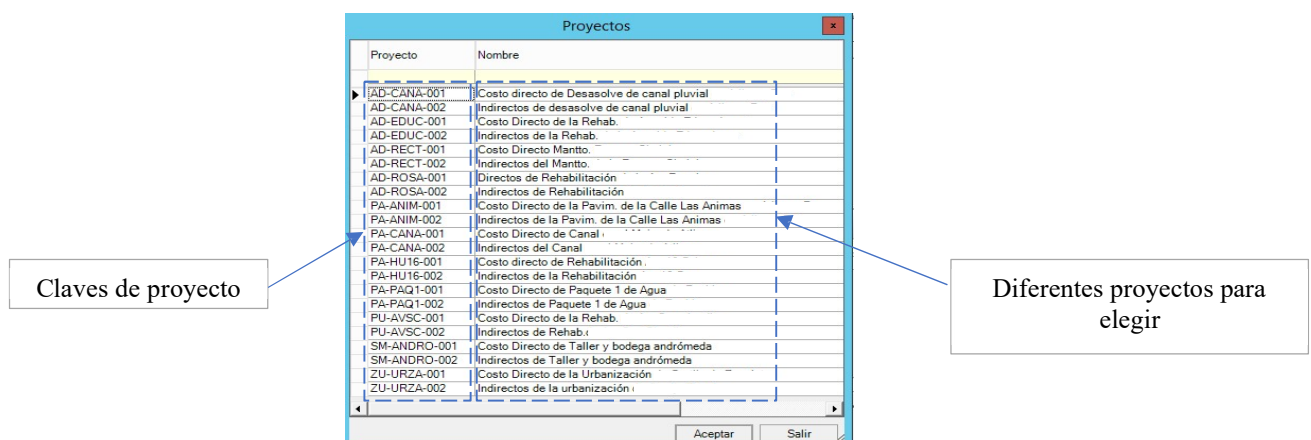


Figura 3.1 Elección de proyecto, (NEODATA®, S.A. DE C.V., 2017).

Para iniciar cualquier cambio se requiere escoger el proyecto y la primera clasificación es el Costo Directo o Costo Indirecto de cada uno de ellos.

Figura 3.2 Requisición de materiales en ERP, (NEODATA®, S.A. DE C.V., 2017).

Para realizar requisiciones lo más importante es tener identificado a que proyecto se va a cargar, el periodo, la partida a la que pertenecerá y los insumos que se requieren, en estos últimos se encuentran claves únicas de acuerdo con las familias de los insumos, la descripción, la unidad y la cantidad que se requiere.

REQUISICION DE INSUMO - CONSTRUCTORA XXXXX, S.A. DE C.V.									
AREA / DEPARTAMENTO							FOLIO:		
COMPRAS							FECHA		
OBRA							15/04/2023		
MTTO							TIPO DE INSUMO		
							VARIOS		
UNIDAD	CONCEPTO		CODIGO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	OBSERVACIONES	FECHA DE NECESIDAD EN OBRA		HORA REQUERIDA
	COSTO DIRECTO								
TON	CEMENTO GRIS		MT-CEME-0009	5.00			17/04/2023		

Figura 3.3 Requisición de materiales en hoja de cálculo.

Una requisición en una hoja de cálculo es simplemente un listado, con un formato definido pero que no tiene una vinculación con un cierto proyecto, y de tenerlo, sería requerido una macro tan grande como pueda ser una base de datos con el catálogo y con las requisiciones anteriormente realizadas, para que sea similar a la de una en ERP.

The screenshot shows a software window titled "Aditivas a la Explosión de insumos." with the following fields and table:

Form Fields:

- Proyecto:** AD-RECT-001
- Costo Directo Manto:** [Empty field]
- Folio:** 44
- Fecha:** 29/03/2023
- Comentario:** Solic. Ing. Diego, Pintura
- ☐ Cargar insumos basado en el catálogo

Table:

Insumo	Descripción larga	Unidad	Tipo	Cantidad Tope	Costo Tope Compra	Cantidad	Costo
▶ MT-PINT-00351	PINTURA VINILICA MCA. COMEX	CUB	1	56.0000	\$2,430.00	20	

Figura 3.4 Aditiva de insumo, (NEODATA®, S.A. DE C.V., 2017).

Como se mencionó anteriormente una de las mejores funciones que presenta un sistema ERP es el control, pues se puede tener el control de los materiales, la mano de obra, gastos directos e indirectos y de todo tipo de consideración que se pueda contemplar en las obras.

En la Figura 3.4 se ejemplifica una aditiva de materiales, la cantidad tope era de 54 cubetas, pero por cuestiones técnicas se tuvo que adquirir e implementar 20 cubetas más, en comentarios se observa el solicitante y se puede describir por qué se está realizando esa solicitud.

3.4 CONCLUSIONES CAPITULARES

Los sistemas de control están automatizados y sincronizados para que todo negocio sea escalable, se tienen múltiples funciones y si los usuarios como las empresas saben ocuparlas se puede obtener los mejores frutos.

Es importante hablar de las mejoras en la contabilidad, así como la interacción con las instituciones de gobierno que regulan los ingresos y egresos, porque con un mejor control de las finanzas es más fácil presentar los estados financieros.

Además, se debe considerar en el momento de la implementación muchos factores como: los costos, la resistencia al cambio, funcionalidades, soluciones, integración con otros softwares, entre otros.

En la construcción es deseable que la mayoría de las empresas puedan contar con este tipo de sistemas, recalcando que entre más sofisticado sea el sistema, el usuario debe tener una mayor interacción con el mismo, pero es menor al tiempo que se tendría que ocupar en hojas de cálculo tradicional.

Se puede comparar todo sistema que exista y que se utilice en una misma organización, sabiendo que cada uno tiene ventajas y desventajas, atributos y en otros casos contras; en algunas empresas fortalecen sus procesos con ambos sistemas, tanto el tradicional con el especializado, la problemática es hacerlos empatar en el punto que los dos coincidan.

Por otra parte, también sería recomendable que las instituciones gubernamentales de cualquier orden (municipal, estatal y federal) pudieran contar con este tipo de sistemas, para poder lograr una mayor gestión de sus recursos, reducción de tiempos y mejoras continuas en su personal, ya que estos sistemas ayudan a mejorar la eficiencia, el control y la toma de decisiones en los proyectos de construcción.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENTREVISTAS

4.1 INTRODUCCIÓN

La recolección de datos es el proceso mediante el cual, los analistas capturan la información que requieren, siendo su fin llevar a cabo un estudio (Westreich, 2021).

Son estudios previos a la realización de un evento estadístico, como primer paso, el procesamiento de la información, misma que puede ser cualitativa o cuantitativa. La primera indica las características y la opinión sobre el tema, la segunda indica las propiedades numéricas de medición.

La recopilación de datos es entonces un enfoque sistemático de reunir y medir información de diversas fuentes para obtener un panorama completo y preciso (Santos, 2022), sobre un tema específico.

Para que se lleve a cabo lo anterior se debe definir el instrumento de recopilación de datos, obteniendo de primera mano los datos arrojados por la población considerada para este análisis. Existen diferentes instrumentos y técnicas para recopilar información, y la elección de este dependerá del tipo de datos que se quieran recolectar, siendo los siguientes los más usuales:

- Entrevista
- Observaciones
- Encuestas
- Experimentos de laboratorio
- Focus groups
- Paneles online

Para este proyecto en particular se ha seleccionado la entrevista como instrumento de recopilación de datos, teniendo los siguientes atributos.

Es una conversación entre el investigador y el (los) entrevistado (s), pudiendo ser individual, grupal, presencial o a distancia, obteniendo testimonios reales de la población seleccionada, principalmente se utiliza para estudios cualitativos, pero se puede adaptar sin problema a cualquier investigación.

4.2 FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA ENTREVISTA

Se ha analizado y formulado una entrevista con fines de recolección de datos que deberán ser significativos en una muestra selectiva.

Misma que será integrada por dos sectores, el primero, los que laboran en instituciones gubernamentales y el segundo, los que laboran en empresas privadas.

La población deberá ser integrada por 50 ingenieros y/o arquitectos y ocuparán cargos en diferentes departamentos dentro de sus organizaciones, como lo son: costos, compras, proyectos, control de obra, supervisión y residencia.

Estas 50 personas se encuentran entre los 26 y 65 años, entre hombres y mujeres.

Así mismo, los dos sectores serán encuestados de diferentes dependencias y de diferentes empresas privadas, para tener un mayor panorama y no encasillarse en resultados de una misma organización.

Posteriormente de seleccionar la población entrevistada, se procede a contactar a cada uno de ellos.

Cabe señalar que la entrevista será de manera presencial y las preguntas serán impresas, donde los entrevistados deberán llenar sus datos, firmar a un costado y en las preguntas abiertas, anotar con su puño y letra sus opiniones, como primer paso se les presentan los formatos, mismos que se encuentran en la sección de Anexos de este proyecto de investigación, se les pide que los analicen unos minutos para poder fijar una postura dentro de las preguntas, al terminar se agradece su participación y aporte.

Al finalizar las entrevistas, los resultados se recopilan en un archivo de hojas de cálculo para analizar y representar en gráficos, que serán presentados en el subcapítulo siguiente.

A continuación, se presenta la entrevista formulada.

1. ¿Cuál es su nombre y que puesto desempeña?

Nombre: _____

Puesto: _____

Edad: _____

2. ¿A qué sector pertenece?

a) Público

b) Privado

3. ¿Qué sistemas de control utilizan en su empresa o institución?

a) Sistemas tradicionales básicos en tecnología

b) Sistemas asistidos por software especializados.

c) Ambos sistemas

4. ¿Por qué?

5. ¿En su empresa o institución utilizan sistemas de control?

a) Si

b) No

6. ¿Ha escuchado hablar de sistemas ERP (Planificación de Recursos Empresariales)?

a) Si

b) No

7. ¿Utilizan sistemas ERP?

a) Si

b) No

8. Se le mostrarán los siguientes formatos, ¿Cuáles utiliza?

a) Estado de cuenta

- b) Estimación
- c) Programa de avance de obra
- d) Números generadores
- e) Formato de requisición
- f) Otros

8. Mencione si hay algún otro formato que utilice si no está descrito anteriormente.

9. Se le presentan los formatos antes mencionados, como los calificaría siendo el 1 el más bajo y el 5 el más alto, en cuestión de eficiencia en su representación de información.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

10. ¿Que mejoraría de los formatos?

- a) La interacción entre formatos
- b) El orden de la información
- c) El llenado de los formatos

11. ¿Cómo se llenan los formatos que maneja?

- a) Digital
- b) Físicamente

13. ¿Ocupa plataformas digitales para el desarrollo de su trabajo?

- a) Si
- b) No

12. ¿Qué programas digitales utiliza en sus funciones?

13. ¿Estaría dispuesto a que en su trabajo sean implementadas herramientas digitales como softwares especializados?

- a) Si
- b) No

4.3 RESULTADOS OBTENIDOS

La recolección de datos es todo un desafío, debido la gran cantidad de datos que se pueden llegar a obtener, determinar si la información es útil o significativa, después almacenarla y usarla correctamente para representarla. De acuerdo con lo anterior, al instrumento seleccionado busca reunir y medir de la población entrevistada la información precisa acerca del tema de interés, evaluando los resultados para una mejor toma de decisiones, al mismo tiempo se han recopilado datos de naturaleza cuantitativa y cualitativa que favorecerán la propuesta de mejoras en los sistemas de control que busca este proyecto.

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos después de realizar la entrevista al personal correspondiente.



Figura 4.1 Porcentaje de utilización de sistemas de control.

De acuerdo con lo que se observa en la **Figura 4.1**, de las personas entrevistadas, son más las que utilizan sistemas de control en sus dependencias o empresas en comparación con las que aún no lo hacen; en la actualidad no se puede pensar que exista un organismo que no busque el control para mejorar sus funciones.



Figura 4.2 Uso de los sistemas de control de acuerdo con su naturaleza.

Por otro lado, se obtuvo que el 70% de la población utiliza sistemas tradicionales básicos en tecnología, mismos que van desde listados de control en hojas de cálculo sin mayor programación, mientras que un 4% utiliza software especializados.



Figura 4.3 Que tan conocidos son los sistemas ERP.

Como se describe anteriormente en este proyecto, ERP por sus siglas en inglés (*Enterprise Resource Planning*) permite centralizar la gestión de las empresas agilizando tareas y controlando con eficiencia las diferentes áreas que intervienen.

En el mercado mexicano existen varias empresas que se dedican a realizar software o plataformas para cualquier industria, no cuentan con limitaciones ya que los usuarios escogen los sistemas como trajes a la medida, de acuerdo con sus alcances a lograr.

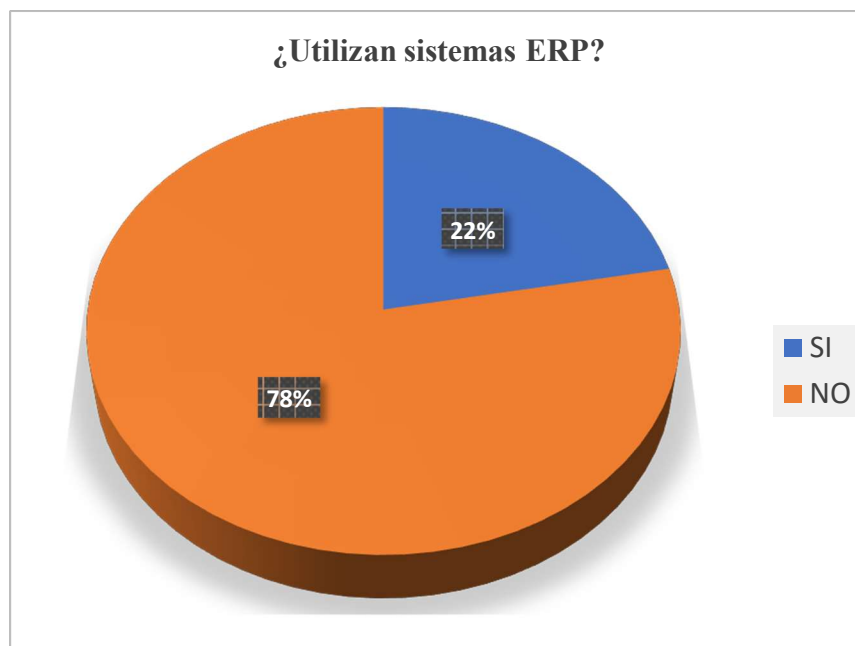


Figura 4.4 Utilización de sistemas ERP.

En esta entrevista arrojó que el 78% de las personas ocupa el sistema, siendo más común en las que trabajan en la iniciativa privada, debido a que en las instituciones públicas aún se siguen rigiendo por la documentación impresa, siendo la burocracia una limitante para el desarrollo de otros sistemas.

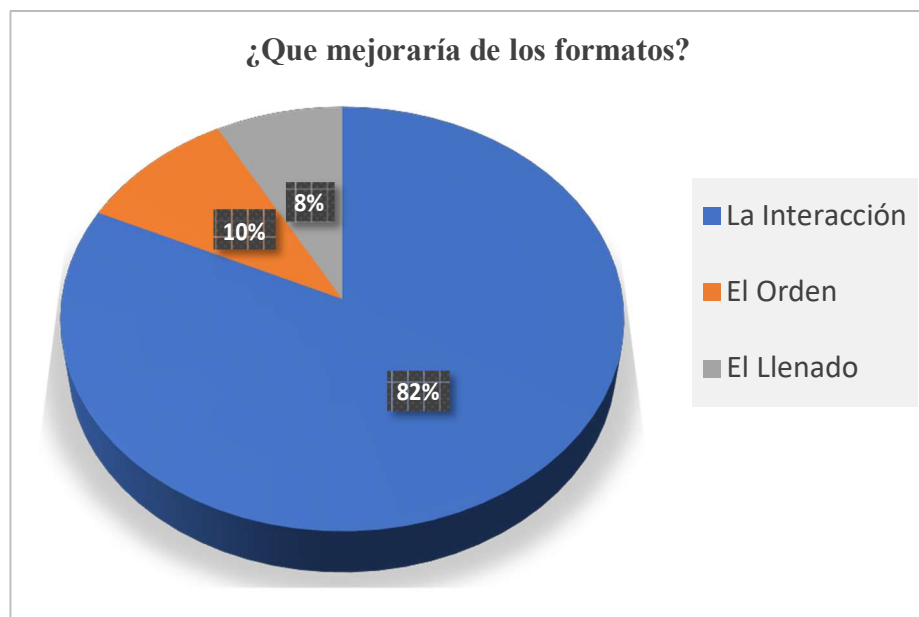


Figura 4.5 Mejoras en los formatos.

De acuerdo con lo que se observa en la **Figura 4.5**, la población encuestada preferiría que la mejora de los formatos fuera la interacción entre ellos; ya que puede ser clave en el aumento de la participación entre usuarios, mejorando los resultados.

Se pueden mencionar varias estrategias para la mejora como pueden ser:

- Los contenidos deben de ser variados, para el caso de la construcción se aplica debido a que cada proyecto es diferente, no importa si son tipo, al ser aterrizados siempre hay varianza.
- El contenido debe ser interactivo, se podría implementar cuestionarios al terminar cada proyecto para fomentar la participación y ser tomado en cuenta para futuros proyectos.
- Los resultados pueden ser usados para realizar análisis y comparativas, aumentando la interacción de los usuarios con el contenido.

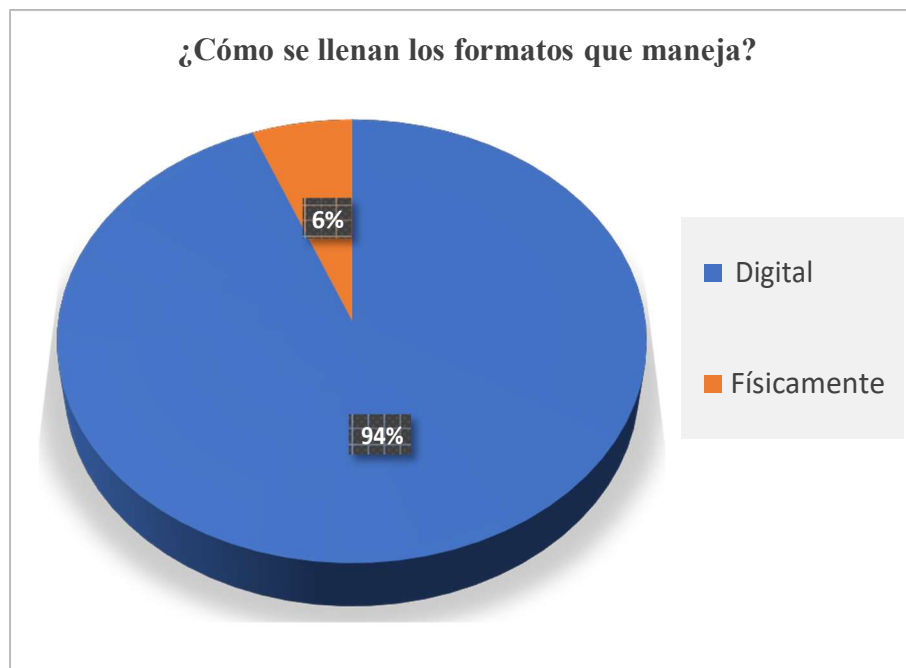


Figura 4.6 Llenado de formatos.

El llenado de los formatos que se utilizan es más común que se realice de manera digital, teniendo en cuenta que solo un 6% los llena a mano, por motivos de seguridad o de autenticidad.

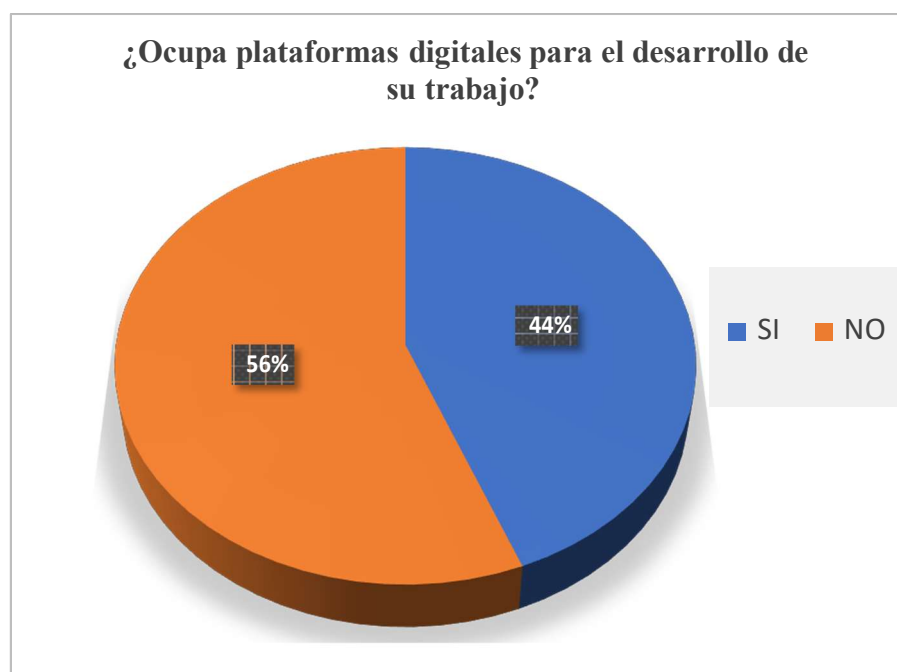


Figura 4.7 Utilización de plataformas digitales.

Las plataformas digitales son herramientas accesibles a través de Internet que permiten la ejecución de varias aplicaciones o programas en un mismo lugar para satisfacer distintas necesidades (Búho agencia creativa, 2021), para el caso de los encuestados se observa un poco más de la mitad las utiliza, destacando las personas que tienen responsabilidad de interactuar con compañeros en otras dependencias, que al compartir la información su medio de comunicación son las plataformas, también se encuentra que en la iniciativa privada los de mayor rango son las que las ocupan para poder tener acceso al control de las actividades de su personal.

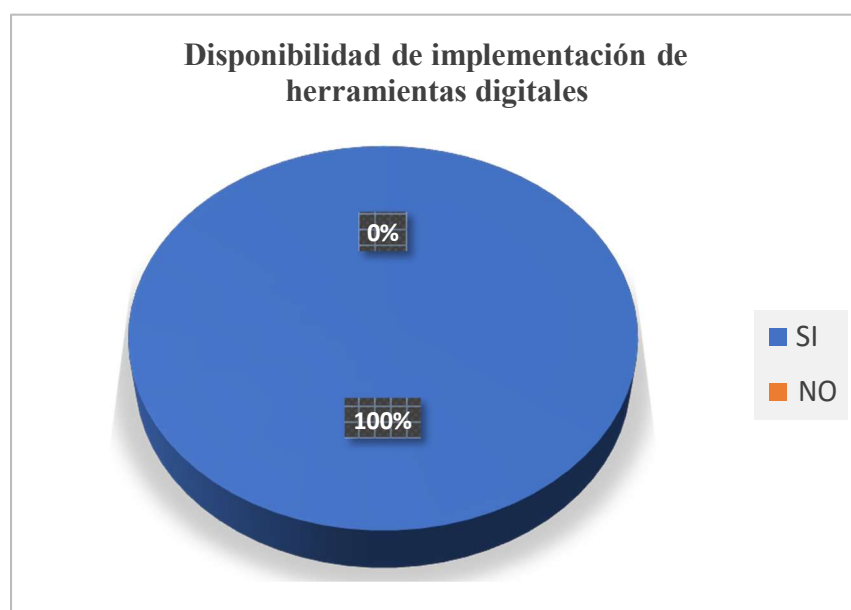


Figura 4.8 Resistencia a las implementaciones digitales.

La resistencia al cambio es nula al ser encuestados, pero se debe mencionar que, al momento de la implementación, al conocer los cambios que se estarán empleando baja el porcentaje de aceptación hasta un 40%.

Al querer reemplazar procesos analógicos con digitales se desarrolla una resistencia, mecanismo de defensa que apela a la autoconservación (Santoro, 2020).

Cabe recalcar que para realizar ciertas implementaciones en grupos se pueden presentar dificultades en la comunicación y el aprendizaje, impidiendo que los procesos nuevos se lleven más ágiles.

4.4 CONCLUSIONES CAPITULARES

Posteriormente a ser establecida la encuesta que se realizó, dando el tiempo suficiente para entablar con cada persona un entorno de confianza, se concluye que fue una elección adecuada realizar la entrevista ya que el propósito de recopilación de datos desde el ámbito profesional se cumplió; con la experiencia de los encuestados se encontró que las empresas y las dependencias si difieren en cuestión de avances tecnológicos, haciendo que sus empleados puedan quedarse o no con sistemas de control tradicionales en tecnología y que depende del cargo y funciones que puedan desarrollar el manejo de plataformas digitales o software especializados.

La existencia de diferentes sistemas de control, las empresas pueden a manejar su información y sus procesos a conveniencia, creando para ellos mismos soluciones a la medida de sus problemas o limitaciones.

Diferentes empresas han optado por ocupar software que les ayuden a solucionar esos problemas, con los nuevos ERP cada día hay más empresas que los ocupan, pero que implican inversión e implementación, que esta última tiene varios riesgos que con el tiempo van disminuyendo.

De acuerdo con los resultados de las entrevistas, se obtiene que el campo de mejora que pueden tener los formatos que se ocupan en la administración de obras puede ser la interacción entre los mismos, pero también se puede emplear en los procesos que se llevan a cabo. Desde el inicio de este proyecto de investigación se ha mencionado que la comunicación es parte fundamental del éxito en las empresas, así como debe de ser la interacción entre departamentos, entre el personal y entre los formatos.

CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y CONCLUSIONES

5.1 PROPUESTA No. 1.- PROGRAMACIÓN DE HOJA DE CÁLCULO.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el instrumento de recopilación de datos que se eligió para este proyecto, se obtuvo que el 82% opina que se mejorarían los formatos con una mayor interacción.

La interacción se puede definir como la acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, personas, agentes, fuerzas, funciones, etc. (Real Academia Española, 2022).

Para establecer esas acciones entre dos o más formatos se propone establecer un conjunto de instrucciones de programación escritas en VBA (*Visual Basic for Applications*) que automatizan un proceso repetido y estandarizado en una hoja de cálculo, que bien puede ser Excel de Microsoft Office, (Gupta, 2023).

Deberán estar todos los formatos que se desee que interactúen en un solo archivo, uno por cada hoja o pestaña, para mejor manejabilidad y sincronía, por ende, facilita la programación.

Se establecerán los datos que serán constantes en cada una de las hojas, para nuestro caso, serán los títulos o cualquier dato que no tenga cambios a lo largo del contrato, tales como el nombre de la obra, ubicación, nombre del contratista, número de contrato, entre otros. Esta información por lo regular se obtiene en las caratulas de contrato que se oficializan entre una dependencia y un contratista en el ámbito gubernamental, pero también existen en el ámbito privado entre dos empresas.

Ya que no deberán de tener cambios a lo largo de la obra, estos datos que se programaran, las celdas deberán ser bloqueadas para evitar tener datos erróneos adicionales o que irrumpen el propósito.

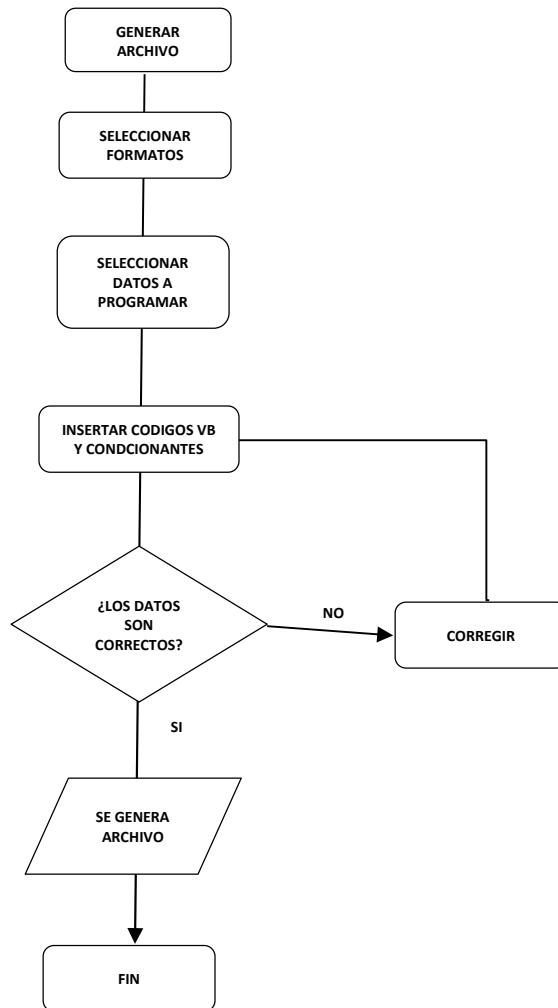


Figura 5.1.1 Diagrama de flujo inicial para establecer las fases de la programación.

Se presenta en la Figura 5.1.1 un diagrama de flujo inicial, el cual se formula de acuerdo con lo anterior descrito, para tener un orden de las ideas y no desviarse del objetivo, que es la recopilación y agrupación de los datos.

A continuación, se presentan los resultados de la macro creada como propuesta 1.

Figura 5.1.2 Formulario 1, selección de inicio de acciones.

Como se indica en la Figura 5.1.2, el primer formulario arroja 4 opciones para elegir, las cuales son:

- **NUEVO FORMATO:** permitirá avanzar con la hoja de cálculo programada, arrojando el formulario 2 que se presentará en la Figura 5.1.3.
- **EDITAR FORMATO:** esta opción te enviará al formulario 3 pero requerirá abrir el archivo con los datos que se hayan cargado previamente.
- **ENTRAR LIBRO:** esta opción es para dar acceso al programador, quien desee hacer alguna modificación en el archivo principal lo podrá realizar desde esta opción.
- **SALIR:** esta opción solo cerrará de manera segura el archivo.

Se ha programado de esta manera el primer formulario para que desde el inicio se le indique al usuario que camino puede elegir de acuerdo con las opciones disponibles sin necesidad de buscar las opciones en alguna parte del archivo, como es una macro algunos archivos requerirán de la autorización de desbloqueo, ya que los antivirus de las computadoras las pueden detectar como archivos inseguros.

FORMULARIO 2

INGRESE DATOS REQUERIDOS LIMPIAR

CONTRATISTA:

OBRA:

UBICACIÓN:

CONTRATO:

NO. DE OBRA: NO. ESTIMACIÓN:

PERIODO DE CONTRATO:

PERIODO DE EJECUCIÓN ESTIMACIÓN:

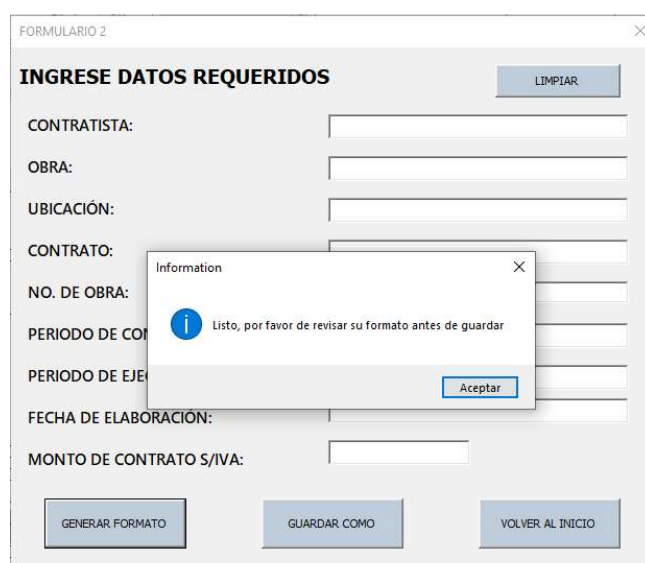
FECHA DE ELABORACIÓN:

MONTO DE CONTRATO S/IVA:

GENERAR FORMATO GUARDAR COMO VOLVER AL INICIO

Figura 5.1.3 Formulario 2, llenado de datos denominados constantes.

Todo lo que se requiera establecer como datos constantes deberán de enlistarse en el formulario 2, para que sean llenados con la información que sea proporcionada por alguna caratula de contrato o documento oficial. El formulario permite que se pueda llenar uno o todos los campos al seleccionar **GENERAR FORMATO**, el sistema arroja un aviso que solicita revisar la información antes de guardar, corre el programa y se obtiene una vista previa para ver que los datos estén en las celdas correctas.



The image shows a software window titled "FORMULARIO 2". Inside, there is a section titled "INGRESE DATOS REQUERIDOS" with a "LIMPIAR" button. Below this are several input fields labeled: "CONTRATISTA:", "OBRA:", "UBICACIÓN:", "CONTRATO:", "NO. DE OBRA:", "PERIODO DE COM:", "PERIODO DE EJE:", "FECHA DE ELABORACIÓN:", and "MONTO DE CONTRATO S/IVA:". At the bottom are three buttons: "GENERAR FORMATO", "GUARDAR COMO", and "VOLVER AL INICIO". An "Information" dialog box is overlaid on the form, displaying a blue information icon and the text: "Listo, por favor de revisar su formato antes de guardar". There is an "Aceptar" button at the bottom right of the dialog box.

Figura 5.1.4 Formulario 2 con notificación.

Posteriormente de confirmar que todo esté bien o mal con las teclas Alt + Tab se busca el formulario 2 y en ese momento se puede seleccionar varias opciones, por ejemplo si se selecciona la opción **LIMPIAR** todos los datos escritos serán borrados, brindando la oportunidad de empezar de nuevo; al seleccionar **GUARDAR COMO**, el sistema solicita una contraseña para bloquear las celdas en las hojas (formatos), la contraseña es a libre albedrio del usuario, puede ser una combinación de números, letras y símbolos.

The image shows a software window titled "FORMULARIO 2". Inside, there is a form titled "INGRESE DATOS REQUERIDOS" with a "LIMPIAR" button in the top right. The form contains several input fields: "CONTRATISTA:", "OBRA:", "UBICACIÓN:", "CONTRATO:", "NO. DE OBRA:", "NO. ESTIMACIÓN:", "PERIODO DE CONTRATO:", "PERIODO DE EJECUCIÓN ESTIMACIÓN:", "FECHA DE ELABORACIÓN:", and "MONTO DE CONTRATO S/IVA:". A modal dialog box is open over the "OBRA:" field, titled "Contraseña" with a close button (X). The dialog contains the text "Por favor escribe una contraseña para bloquear hojas" and two buttons: "Aceptar" and "Cancelar". At the bottom of the main form, there are three buttons: "GENERAR FORMATO", "GUARDAR COMO", and "VOLVER AL INICIO".

Figura 5.1.5 Formulario 2 con solicitud de contraseña después de seleccionar GUARDAR COMO.

El objetivo de bloquear las celdas es para minimizar el riesgo de modificaciones posteriores, ya que existen errores de llenado o por algún movimiento accidental puede modificarse o eliminarse los encabezados como cualquier otro dato escrito.

Abre la opción de “guardar como” del sistema de Microsoft en el apartado de Documentos de su ordenador, se deberá escoger una carpeta y un nombre para guardar el archivo.

En ese momento el archivo se ha guardado correctamente pero el formulario 2 seguirá apareciendo en la página principal, se puede usar la opción de **VOLVER AL INICIO** y seleccionar **SALIR**.

En este momento el archivo se ha guardado correctamente estando listo para ocuparse y el archivo programado ya no aparecerá a primer cuadro.

FORMULARIO 2

INGRESE DATOS REQUERIDOS LIMPIAR

CONTRATISTA:

OBRA:

UBICACIÓN:

CONTRATO:

NO. DE OBRA:

PERIODO DE CON:

PERIODO DE EJEC:

FECHA DE ELABORACIÓN:

MONTO DE CONTRATO S/IVA:

GENERAR FORMATO GUARDAR COMO VOLVER AL INICIO

Revisar

⚠ Por favor ingresar solo números para el MONTO DEL CONTRATO

Aceptar

Figura 5.1.6 Restricción de llenado de monto de contrato.

Como se indica en la Figura 5.1.6 se pueden programar restricciones y candados que al mismo tiempo pueden arrojar alertas importantes, como ejemplo es la de **“MONTO DE CONTRATO”** al teclear una letra, la celda marcará error y no permitirá guardar los resultados ni seguir con el proceso, ya que los montos de contrato solo deben ser números, solo se deberá dar clic en aceptar y regresará al formulario 2.

Para este caso solo se eligieron 9 campos a llenar como datos constantes, pero se puede elegir los que sean necesarios siempre y cuando cumplan con la condición de que en el futuro no sean modificables dentro de la obra.

FORMULARIO 3

INGRESE DATOS A EDITAR ABRIR LIMPIAR

CONTRATISTA:

OBRA:

UBICACIÓN:

CONTRATO:

NO. DE OBRA: **NO. ESTIMACIÓN:**

PERIODO DE CONTRATO:

PERIODO DE EJECUCIÓN ESTIMACIÓN:

FECHA DE ELABORACIÓN:

MONTO DE CONTRATO S/IVA:

EDITAR FORMATO GUARDAR COMO VOLVER AL INICIO

Figura 5.1.7 Formulario 3, edición de información previa.

Para llegar al formulario 3, se deberá seleccionar en el formulario 1 la opción de **EDITAR FORMATO**, a primera vista el formulario vendrá en blanco, pero al seleccionar el botón de **ABRIR** el programa permitirá al usuario buscar el archivo previo, tiene una condicionante específica, si el archivo que se ha seleccionado no tiene como mínimo 2 hojas con los nombres iguales a los del archivo original arrojará un aviso de “Archivo incorrecto”, si la selección fue correcta aparecerán los datos previamente cargados como se ve en la Figura 5.6, en este punto se pueden modificar todos los datos y para que se guarden se deberá seleccionar **EDITAR FORMATO**, posteriormente a dar el clic el archivo automáticamente ha sido modificado y puede cerrar el programa para poder continuar.



The image shows a software window titled "FORMULARIO 3". Inside, there is a section titled "INGRESE DATOS A EDITAR". Below this title are several input fields with labels: "CONTRATISTA:", "OBRA:", "UBICACIÓN:", "CONTRATO:", "NO. DE OBRA:", "PERIODO DE CONTRATO:", "PERIODO DE EJECUCIÓN EST", "FECHA DE ELABORACIÓN:", and "MONTO DE CONTRATO S/IVA:". At the top right of the form area are two buttons: "ABRIR" and "LIMPIAR". At the bottom are three buttons: "EDITAR FORMATO", "GUARDAR COMO", and "VOLVER AL INICIO". Overlaid on the form is a small dialog box titled "Revisar" with a yellow warning icon and the text "Archivo incorrecto". It has an "Aceptar" button.

Figura 5.1.8 Formulario 3 con alerta de archivo seleccionado incorrecto.

Como se mencionó anteriormente, la tercera opción es **ENTRAR LIBRO**, al darle clic abre el siguiente cuadro.

The image shows two overlapping windows from a software application. The top window, titled 'FORMULARIO 1', has a close button (X) in the top right corner. It contains a header 'SELECCIONE UNA OPCIÓN' and four buttons: 'NUEVO FORMATO', 'EDITAR FORMATO', 'ENTRAR LIBRO', and 'SALIR'. The 'ENTRAR LIBRO' button is highlighted. Below it, the 'ACCESO A PROGRAMADOR' dialog is open. It has a title bar with a close button (X). Inside, there is a label 'CONTRASEÑA' followed by a text input field containing the character '1'. Below the input field are two buttons: 'INGRESAR' and 'VOLVER AL INICIO'.

Figura 5.1.9 Acceso programador.

Esta opción permite a los usuarios entrar al archivo original, donde se encuentra el código base y los formatos originales, pero se requiere una contraseña, para este caso se ha programado como “**12345**”, dándole clic a **INGRESAR** y de inmediato abrirá el archivo desde donde se ha creado el código, las hojas de formatos, etc. Pero, si la contraseña tecleada es incorrecta se mostrará el aviso: “Los datos ingresados no son correctos”, también se puede seleccionar **VOLVER AL INICIO** para regresar al formulario 1.

This image shows the same 'FORMULARIO 1' application as Figure 5.1.9, but with an additional error dialog box. The 'FORMULARIO 1' window and the 'ACCESO A PROGRAMADOR' dialog are still visible. The 'ACCESO A PROGRAMADOR' dialog now shows the text '1' in the password field. A new dialog box titled 'Verificar' is open in the foreground. It has a title bar with a close button (X). Inside, there is a yellow warning triangle icon and the text 'Los datos ingresados no son correctos'. At the bottom right of the 'Verificar' dialog is an 'Aceptar' button.

Figura 5.1.10 Acceso programador con contraseña incorrecta.

Para finalizar, si se encuentra en el formulario 1, se selecciona **SALIR** el archivo se cerrará de manera segura.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo, como representación esquemática del algoritmo, con un enfoque paso a paso para resolver las tareas (Standard, 1947).

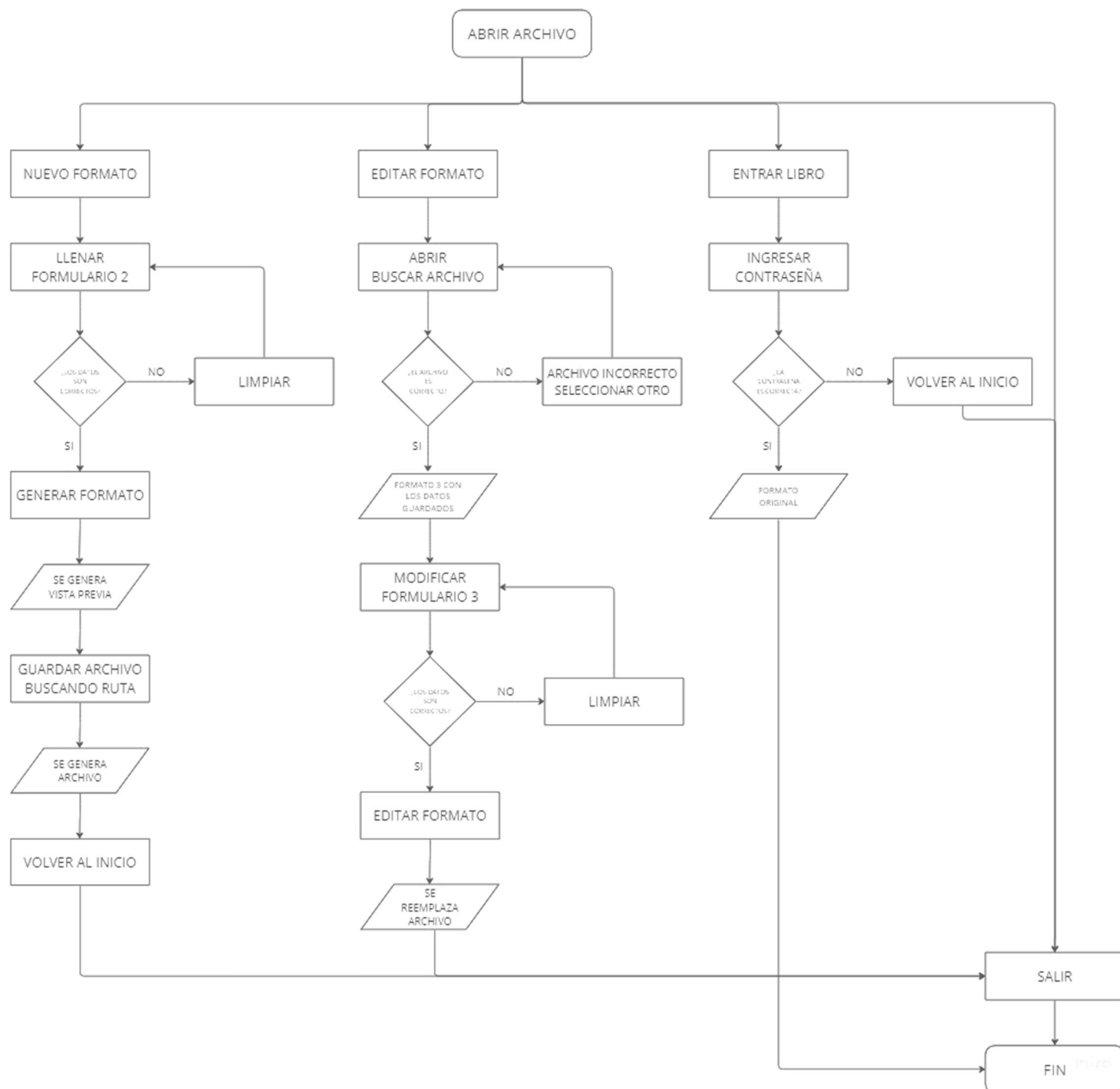


Figura 5.1.11 Diagrama de flujo de propuesta 1.

5.2 PROPUESTA No. 2.- UTILIZACIÓN DE SOFTWARE ESPECIALIZADO

La tecnología digital ha llegado a toda industria y la construcción no es la excepción, existiendo en cada una de sus diferentes ramas y especialidades, con una disparidad entre los sectores, dependiendo de los instrumentos y herramientas que tengan a su disposición, así como el manejo que puedan tener los técnicos sobre los softwares, entre más se especialice la empresa, requerirán profesionistas más calificados.

No es algo nuevo, ya que han sido implementadas en otras empresas desde hace varios años, en niveles básicos de tecnología como hojas de cálculo sin mayor formulación, hasta sistemas sofisticados, solamente que requieren licencias de prepago o con planes de renta.

En la actualidad hay diferentes propuestas y herramientas que fueron diseñadas para mejorar la planeación, la competitividad, controlar y centralizar la información, integrar las diferentes áreas de la empresa, establecer los procesos, implementar almacén de materiales, manejo de equipos, ejecución de trabajo, entre otras cosas para poder tomar mejores decisiones, siendo los líderes de las empresas los que escojan del abanico de posibilidades lo que quieren lograr. Siendo realistas, no se puede lograr todo en una primera etapa, ya que el cambio es muy brusco y no puede la empresa solo enfocarse en cambiar sus procesos sin dejar de producir.

Se deberá rediseñar los esquemas de trabajo invirtiendo tiempo, capital humano y económico para poder reemplazar la infraestructura existente.



Figura 5.2.1 Beneficios de utilización de ERP, (Blogger, 2012).

Para poder administrar el proyecto de implementación del nuevo sistema, se propone lo siguiente:

- El líder de proyectos deberá tener conocimientos técnicos detallados sobre la empresa (funciones) y los conocimientos de manejo del sistema, dando como resultado el éxito y la prosperidad del proyecto.
- El líder debe saber que metas se quieren alcanzar, ordena la implementación y vigila que se lleve a cabo.
- Los usuarios deberán de estar convencidos del reto al que se enfrentan pero que conlleva grandes beneficios.
- Todas y cada una de las áreas juegan un papel importante, se llevan de la mano e interactúan unas con otras.

Existen diferentes niveles dentro de los sistemas de control, entre más alto es el nivel que se requiere, mayor sofisticación que deberá lograr.

Se debe de considerar la (s) propuesta (s) para una o varias áreas dentro de la empresa, convenciendo y afrontando de manera óptima los problemas actuales que puedan tener.

Es mejor contratar un servicio de software ya creado, con soporte técnico, que desarrollar uno con tecnología interna, esto conlleva esfuerzos, recursos, tiempo y dinero que podrían desorientar los propósitos iniciales de la empresa, para este caso, se tiene que considerar que el costo puede ser elevado al inicio, pero se tendrá que considerar dentro de los costos indirectos para que a lo largo de un tiempo se recupere la inversión y se logren mayores utilidades.

El paso inicial para la implementación tecnológica es hacer presupuestos con diferentes proveedores, esto para hacer un estudio de mercado y así priorizar sus actividades.

Las empresas como cualquier negocio buscan ahorrar en todo lo posible, pero muchas veces es necesario invertir para minimizar los costos por ineficiencias, ver resultados reales y entender el verdadero valor de una herramienta.

Es importante buscar dentro de las herramientas gratuitas, en algunos casos, aunque sea limitadas, pueden ser de gran ayuda de acuerdo con las funciones que se requieran.

Esto anterior representa que no siempre las herramientas de software de paga son lo mejor, como se menciona una y otra vez, se tiene que adaptar a las necesidades de la empresa, sabiendo que se debe de confiar en lo que se contrate o se consiga, realizando un traje a la medida, con las soluciones esperadas.

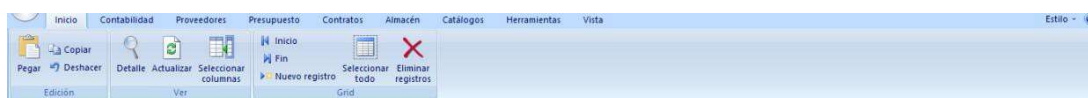


Figura 5.2.2 Barra de Menú principal de un usuario con atributos básicos, ERP Neodata 2014.

De acuerdo con la Figura 5.2.2, se presenta un menú de un usuario con atributos básicos, se dice esto ya que el usuario solo cuenta con la capacidad de visualizar los proyectos, realizar requisiciones, verificar estatus de las mismas, analizar presupuesto control y exposición de insumos, realizar estimaciones de contratos y verificar insumos en almacén.

Estas funciones son asignadas por el encargado del sistema, que debe de haber al menos una persona por cada empresa que lo ocupe, conlleva una gran responsabilidad para que el sistema marche correctamente.

A continuación, se presentan diagramas obtenidos del programa ERP de la empresa Neodata en su versión 2014 para poder explicar de mejor manera la interacción que puede haber entre los diferentes usuarios.



Figura 5.2.3 Diagrama del menú de Inicio, ERP Neodata 2014.

En este diagrama se ejemplifica una de las mayores problemáticas que se tiene hoy en día, la comprobación y facturación de todos los insumos y servicios que se llevan a cabo en una obra.

Debido a la fiscalización debe de existir una completa sinergia entre la contabilidad de los clientes con la de los proveedores, el programa podrá casar los pedidos que se

tramitan en la organización respecto a las requisiciones y/o los contratos con otros proveedores haciendo mach al finalizar la comprobación.

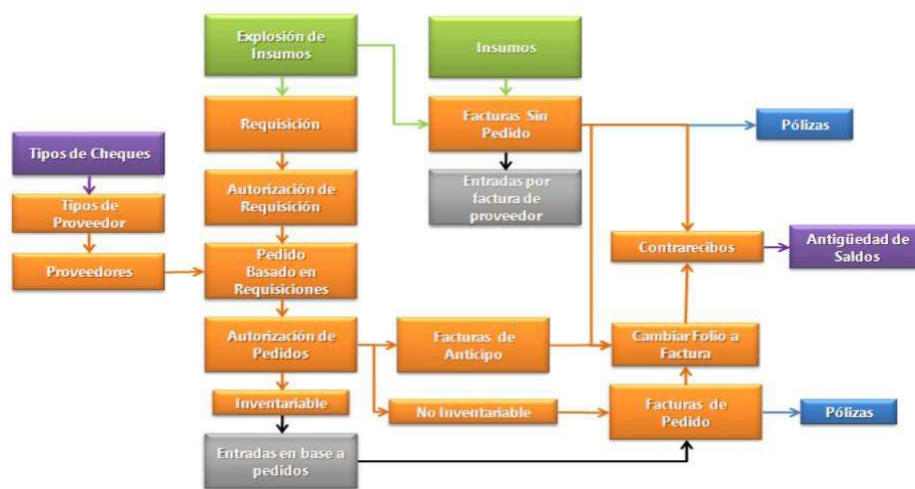


Figura 5.2.4 Diagrama del menú de Proveedores, ERP Neodata 2014.

En este apartado se pueden hacer las requisiciones que vienen siendo la solicitud de los insumos que existen en la exposición de insumos, mismos que serán necesarios para realizar los trabajos o actividades en la obra.

Para que el material llegue a obra tendrá que pasar por varios filtros y procesos mismos que dependerán de cada empresa, pero lo más optimo sería que el residente los solicitará mediante la requisición, control de obra los autorizará, el departamento de compras buscará la mejor opción de compra en cuanto a beneficio-precio y realizará un pedido dentro del sistema, el departamento de contabilidad tramitará su pago y por último, el proveedor enviará el producto al sitio solicitado.

Para este proceso que puede ser más simple en otros sistemas, con este, se asegura que el material sea el correcto, que tenga el mejor precio-calidad, que el pago se realice de una manera correcta y por último que no haya fugas.

Optimizando los recursos tanto contables como los humanos dentro de la empresa y/o organización que pueda contar con este sistema de control.

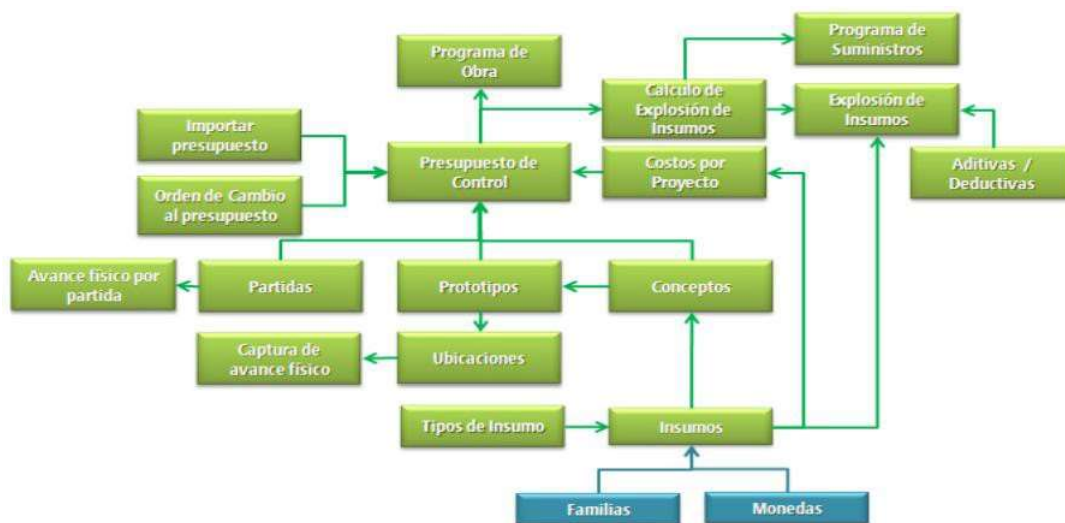


Figura 5.2.5 Diagrama del menú de Presupuesto, ERP Neodata 2014.

Para la construcción en México uno de los softwares especializados en análisis de precios unitarios más ocupados es Neodata, ofreciendo diferentes productos que pueden acoplarse a las necesidades de las empresas constructoras.

En la Figura 5.2.5 se expresa mediante un diagrama como es que el sistema puede importar la base de datos de un concurso realizado previamente en el sistema de PU (Precios Unitarios), de esta manera se requiere menos tiempo en el llenado de un proyecto nuevo ya que solo se deben de organizar y seleccionar la información que se va a exportar para posteriormente usarla.

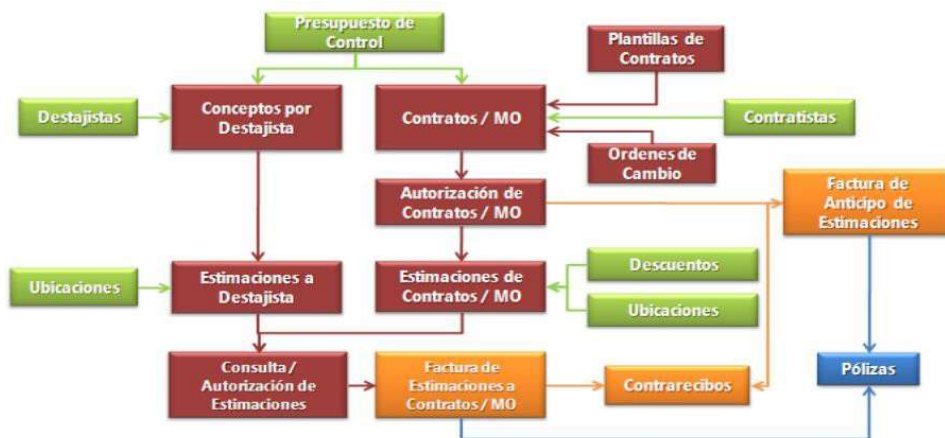


Figura 5.2.6 Diagrama del menú de Contratos, ERP Neodata 2014.

De acuerdo con la Figura 5.2.6, el diagrama presenta la división de las actividades que marca el presupuesto control existiendo dentro de la obra, con los destajistas y contratistas

que son usualmente contratados por administración y por contrato respectivamente, con términos específicos, los cuales para realizar sus trabajos y ser remunerados deberán de realizar estimaciones donde comprueben gráfica y numéricamente que han ejecutado sus trabajos.

Existen muchas de las ventajas de estos sistemas de control automatizados, entre ellas esta que posteriormente a realizar los pedidos y las estimaciones, el software te permite imprimir diferentes reportes con la información llenada.

También existe el visor de reportes en el cual se podrá visualizar, por pedido, por destajista o contratista los diferentes movimientos que ha habido a lo largo de la obra, los cuales se van archivado y enlazando, ya que tienen una secuencia y continuidad.

Así mismo, estos reportes son visualizados no solo por quien lo tramite, los puede ver cualquier usuario que tenga las propiedades o permisos correspondientes.

De esta manera los sistemas de ERP pueden favorecer a la toma de decisiones en tiempo real, ya que en cualquier proyecto que exista en el encargado del sistema podrá realizar reportes de lo que se haya tramitado en el sistema.

Los reportes que se pueden visualizar pueden ser movimientos de almacén, proveedores, compras, subcontratos y estimaciones, además que se puede ir más a fondo como: revisar entradas, existencias, inventarios, salidas, listado de contratos, autorizaciones, avances estimados, estados de cuenta, etcétera.

Estas herramientas facilitan la edición ya que los reportes traen un formato propio que se puede personalizar desde la configuración general para que todos los reportes se impriman con los datos de la empresa o institución.

Son innumerables las herramientas con las que cuenta el sistema, el hecho es que cada empresa ocupa los recursos que requiera de acuerdo en donde este y hasta donde quiera llegar.

5.3 CONCLUSIONES

Como parte de los avances tecnológicos que existen en la construcción, las aplicaciones, programas, plataformas y cualquier herramienta debe ser flexibles y adaptable a las condiciones de la empresa, logrando mejores experiencias para los usuarios, realizando las actividades con mejores amenidades e incluso convenciendo a los mismos que al usar la propuesta tecnológica se pueden optimizar y lograr mejores resultados.

La evaluación de la información obtenida en este análisis nos permite demostrar que los datos recabados en los diferentes procesos que se llevan a cabo en la industria de la construcción pueden ser tratados mediante diferentes sistemas de control diseñados e implementados para reducir significativamente los recursos empleados en cada uno de los mismos.

De acuerdo con el objetivo de este proyecto de investigación, titulado “Análisis y propuestas de mejoras en los Sistemas de Control en la Construcción”, cuya finalidad fue la búsqueda de nuevas formas de operación e interacción aplicada a las diferentes áreas de la construcción.

Para ello se realizaron análisis y evaluaciones de los sistemas de control tradicionales y digitales, que se ha demostrado son los más ocupados en niveles básicos e intermedios por el sector local, teniendo grados de importancia y eficiencia dentro de las empresas.

El proyecto se realizó con un alcance descriptivo y correlacional, profundizando en lo que requieren las empresas e incluso las dependencias de gobierno que requieran tener nuevas formas en que se relacionan e interactúan las variables y grupos de variables.

Finalmente se buscan alternativas como macros o softwares que ayuden en la recopilación, organización, evaluación y exposición de la información que se debe obtener en la ejecución de una obra.

Se propone que los formatos que se utilizan para la cobranza de pagos a dependencias y a particulares puedan ser automatizados mediante la retroalimentación dentro de un programa elaborado por un código sencillo de Visual Basic, con la posibilidad de que se pueda sofisticar y programar una base de datos, donde se encuentren los nombres, precios, conceptos y demás campos que ya fueron definidos desde la conciliación del contrato original, hasta la retroalimentación paso a paso de la obra.

La innovación es un fenómeno mundial, consiguiendo la optimización del tiempo y el aprovechamiento de los recursos de acuerdo con las necesidades que existen.

Para poder lograr lo anterior se debe implementar diferentes metodologías, recurriendo a la teoría y a la práctica utilizando diferentes instrumentos, digitales y análogos, desarrollando sistemas para la gestión y el control de las obras dentro de los procesos de las empresas.

Es claro que se debe de invertir en mejor tecnología para poder optimizar la administración, mediante un presupuesto control que cuente con las características de simplicidad, practicidad, utilidad y claridad, para ello, es posible cambiar la manera tradicional de agrupar la información, mejorar la comunicación entre los diferentes usuarios, aumentar enfoques sistemáticos de medición, disminuir riesgos de pérdidas en casos de accidentes o desastres así como deterioro por manipulación o resguardo de documentos, de tal manera que se pueda realizar una rendición de cuentas eficientes y claras, desde un pequeño proyecto hasta proyectos de gran infraestructura.

Para una aplicación correcta del enfoque se deben conocer sus fundamentos, como lo es la teoría de control; para este caso, el conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que el lazo cerrado cuente con retroalimentaciones y sea utilizado a criterio de quien lo aplica, al resultado se le denomina sistema híbrido, ya que sobre la marcha deberá irse ajustando a las necesidades.

Continuando sobre la misma línea, el siguiente paso es, la gestión de proyectos, utilizada por toda institución que necesite coordinar y organizar sus tareas mediante diferentes modelos, los cuales pueden ser tradicionales, ágiles o esbeltos, aprovechando lo mejor de cada una, para tener una gestión de proyectos cerrada, con objetivos claros: la disminución de costos y tiempos, empleando especificaciones técnicas dentro de los alcances previstos.

Por otra parte, al comparar los diferentes sistemas que se encuentran al alcance de las empresas, se obtuvo que existen grandes y exitosos sistemas que hacen cada una de las tareas, lo más sencillo posible, mejoran todos los procesos, sin embargo, la adquisición es de alto costo, dependerá de la problemática que se requiera cubrir en cada empresa, ya que los precios anuales oscilan entre los 80 a los 150 mil pesos pegando de manera brutal a los gastos de oficina y aumentando los indirectos.

Es por esto por lo que se debe de analizar y comparar que le conviene más a las empresas, se tienen diferentes caminos, uno de ellos es seguir con el sistema tal como está, si da frutos para que se quiere cambiar, aunque el crecimiento no se pueda tener, por otro lado, la implementación de estas herramientas de control, llegan a desequilibrar al inicio con los nuevos gastos de operación y adaptación a los usuarios, pero visualizando nuevos horizontes a mediano y largo plazo.

Si no se prefiere ninguna de las opciones anteriores, las empresas pueden iniciar con cambios mínimos dentro de sus sistemas mediante la modificación y programación de sus formatos, como se explica en el Capítulo IV, se debe definir como los formatos de información se puede organizar y simplificar mediante el llenado de los mismos, cambiando la manera tradicional a una donde al abrir los archivos te arrojen los cuestionarios deseados, se llenan una sola vez y se guardan de manera segura para que la modificación sea solo de quien tenga las facultades para hacerlo.

El monto que se puede emplear va desde los 5 a los 10 mil pesos, esto dependiendo de que tan sofisticado o puntual se requiera programar esas hojas de cálculo.

Concluyendo así, que con la utilización de sistemas de control como herramientas digitales que fomenten la retroalimentación instantánea en la recopilación y agrupación de los datos en la administración de la obra se optimizan los tiempos, costos y afrontan los imprevistos con buenas soluciones.

Al igual, cualquier usuario que se encuentre en la construcción, teniendo los conocimientos necesarios podrá implementar códigos de programación a los formatos básicos como una alternativa de los softwares especializados.

BIBLIOGRAFÍA

- Asadullah, A., Faik, I., & Kankanhalli, A. (2018). Digital Platforms: A Review and Future Directions. *PACIS PROCEEDINGS*, 12-26.
- B. Moon, Y. (2007). Enterprise Resource Planning (ERP): A review of the literature. *International Journal Of Management and Enterprise Development*, 235-264.
- Baca Flores, V. M. (2016). Diseño de un sistema de gestión de la seguridad de la información para la unidad de gestión educativa local Chiclayo. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 1-16.
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). Lean Project Management. *Building Research & Information*, 1-15.
- Blogger. (2012).
- Bower, D. (2002). En N. J. Smith, *Engineering Project Management* (págs. 1-11). Blackwell Publishing.
- Búho agencia creativa. (15 de junio de 2021). <https://buhoagenciadigital.com/plataformas-digitales-tipos/>
- Calvello, M. (3 de December de 2021). *Project Management Category*. <https://www.g2.com/articles/traditional-project-management>
- Cerveró, F., & Lledo, M. J. (29 de Mayo de 2016). *Think Productivity*. <https://think-productivity.com/6week-look-ahead-lps/>
- Contributor, T. T. (2 de Diciembre de 2017). *TechTarget*. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/control-system>
- De Solminihac, H. (18 de Noviembre de 2019). *La Clase Ejecutiva*. <https://www.claseejecutiva.com.co/blog/articulos/cuales-son-los-metodos-basicos-de-planificacion-en-construccion/>
- Díaz Lazo, J., Pérez Gutiérrez, A., & Florido Bacallao, R. (2011). Impacto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para disminuir la brecha digital en la Sociedad Actual SCIELO, 81-90.
- Giacomello, H., Gonzalez Stumpf, M. A., & Parisi Kern, A. (2014). Implementation of and integrate management system in to a small building company. *Revista de la construcción*, 10-18.
- Guevara, C. (8 de Julio de 2020). *LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/pulse/4-programas-de-an%C3%A1lisis-precios-unitarios-cristina-guevara/?originalSubdomain=es>
- Gupta, A. (24 de abril de 2023). *Simplilearn*. <https://www.simplilearn.com/tutorials/excel-tutorial/excel-macros>
- Hausberg, P., Liere-Netheler, K., Packmohr, S., Pakura, S., & Vogelsang, K. (2019). Research streams on digital transformation from a holistic business perspective: a systematic literature review and citation network analysis. *Journal of Business Economics*, 931-963.
- Koch, C., Karsten Hansen, G., & Jacobsen, K. (2018). Missed opportunities: two case studies of digitalization of FM in hospitals. *Facilities*, 381-394.
- Lalmi, A., Fernandes, G., & Boudemagh Souad, S. (2021). A Conceptual Hybrid Project Management Model For Construction Projects. *Procedia Computer Science*, 921-930.
- Martins, J. (12 de septiembre de 2022). *Asana Home*. <https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2006). *Project Management*. New York: Wiley & Sons.

- Mesa Lozano, M. C., & Muñoz Vargas, A. (2019). El principio de planeación en el contrato de obra pública. *IUSTA*, 185-208.
- Moselhi, O., & Alkass, S. (2004). Web-based integrated project control. *Construction Management and Economics*, 35-46.
- NEODATA®, S.A. DE C.V. (Enero de 2017). *Neodata*.
<https://drive.google.com/file/d/1HUbQWRWaFEjrcoST6vCti6k0XTYc7gP/view>
- Notario, Á. M. (2021). Modelado y predicción de sistemas dinámicos. *Universidad Politécnica de Madrid*, 88.
- Oracle. (24 de mayo de 2022). Oracle México. [https://www.oracle.com/mx/erp/what-is-erp/#:~:text=Enterprise%20Resource%20Planning%20\(ERP\)%20es,de%20la%20cadena%20de%20suministro](https://www.oracle.com/mx/erp/what-is-erp/#:~:text=Enterprise%20Resource%20Planning%20(ERP)%20es,de%20la%20cadena%20de%20suministro).
- PM 2022. (March de 2022). *PM Web*. <https://pmweb.com/managing-monitoring-and-tracking-new-requests-for-capital-projects/>
- Real Academia Española. (2022). *Interacción*. En Diccionario de la Lengua Española (23a edición). <https://dle.rae.es/interacci%C3%B3n>
- Roca Dorda, J., Roca Gonzalez, J. L., & Vera López, J. A. (27 de Mayo de 2011). *Repositorio Digital*. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/1708>
- Rosquez, A. (28 de Diciembre de 2021). *Centro Europeo de Postgrado*.
<https://www.ceupe.com.ve/blog/la-transformacion-tecnologica-permite-la-transformacion-empresarial.html>
- Rosquez, A. (28 de Diciembre de 2021). *Centro Europeo de Postgrado*.
<https://www.ceupe.com.ve/blog/la-transformacion-tecnologica-permite-la-transformacion-empresarial.html>
- Rosquez, A. (29 de Junio de 2023). *Centro Europeo de Postgrado*.
<https://www.ceupe.com.ve/blog/la-tecnologia-en-la-nube-transformando-el-mundo-empresarial-con-eficiencia-y-escalabilidad.html>
- Santoro, E. (22 de octubre de 2020). *Esto es*. <https://www.estoes.me/blog/article/la-resistencia-al-cambio-en-la-implementacion-de-nuevas-tecnologias-o-procesos-digitales>
- Santos, D. (14 de septiembre de 2022). *Hubspot*.
<https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20la%20recolecci%C3%B3n%20de%20datos,-La%20recolecci%C3%B3n%20de&text=Este%20proceso%20busca%20reunir%20y,una%20mejor%20toma%20de%20decisiones>.
- SAP Insights. (2020). *SAP*. <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-digital-transformation.html>
- Schober, K.-S., Hoff, P., & Nolling, K. (2006). *Digitization in the construction industry*. Germany: Roland Berger GMBH.
- Secretaría de la Función Pública (15 de Febrero de 2014). *Guía para promover procesos de innovación, transferencia del conocimiento y mejores prácticas en las dependencias y entidades de la APF 2014*. <https://www.gob.mx/sfp/documentos/guia-para-promover-procesos-de-innovacion-transferencia-del-conocimiento-y-mejores-practicas-en-las-dependencias-y-entidades-de-la-apf-2014>
- Secretaría de la Función Pública. (22 de 01 de 2018). Sistema Nacional Anticorrupción. 01. <https://www.sna.org.mx/2018/01/22/presenta-sfp-modelo-para-construir-la-plataforma-digital-nacional-del-sna/>
- Spagnoletti, P., Resca, A., & Lee, G. (2015). A desing theory for digital platforms supporting online communities: a multiple case study. *Journal Information*

- Technology*, 364-380.
- Standard, A. (1947). Operation and flow process charts. En A. Standard, *ASME standard: operation and flow process charts* (pág. 28). New York: American Society of Mechanical Engineers.
- Stracusser, G. (2015). Agile projet management concepts applied to construction and other non-IT fields. *PMI GLobal Congress-North America*. Orlando, FL: PA: Project Management Institute.
- Suárez Salazar, C. (2008). *Administración de Empresas Constructoras*. LIMUSA.
- Torres Formoso, C. (s.f.). Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. *Tesis de Posgrado*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Turk, A. M. (2006). ISO 9000 in construction: An examination of its application in Turkey. *Building and Environment*, 501-511.
- Velasco Ulco, V., Chuquitarco Aguayo, A., Llanes Cedeño, E. A., & Rocha Hoyos, J. C. (2018). Desarrollo del vehículo eléctrico tipo transportador personal. *PERSPECTIVAS*, 21.
- Westreicher, G. (1 de marzo de 2021). *economipedia*.
<https://economipedia.com/definiciones/recoleccion-de-datos.html>
- Yazdan Bavafa, T.-s. (2017). Stability Analysis. En T.-s. Yazdan Bavafa, *Introduction to Linear Control Systems* (págs. 201-256). Academics Press.

ANEXOS

A continuación, se presentan los formatos más usados en el área de la construcción, especialmente en la fase de cobro, siendo diferentes o modificables de acuerdo con las condiciones o características que cada dependencia y/o empresa requieran en ellos.

- **ESTADO DE CUENTA:** Se representa los importes cobrados y a cobrar durante la ejecución de la obra, se puede comparar fácilmente debido a que los resultados son programados con sumas y restas, estos cambian con cada cobro de estimación.
- **ESTIMACIÓN:** Es el concentrado del catálogo (claves, conceptos, unidades y precios unitarios), se realiza como tabla comparativa de lo contratado y lo que se está cobrando al momento de presentar esa estimación, como hoja de resumen.
- **PROGRAMA DE AVANCE DE OBRA:** Este formato es similar al de estimación, pero aquí se representan y se compara lo programado de acuerdo con el concurso o pacto inicial contra lo que se está cobrando al momento, es la línea del tiempo más confiable de la obra.
- **GENERADORES:** Como parte esencial del cuerpo de un expediente de cobro, es el formato donde se cuantifican los volúmenes de obra a cobrar, la parte numérica, ubicaciones, anotaciones y formulas. Es parte del conjunto de evidencias de la mano de los croquis y el reporte fotográfico.

Todos estos formatos comparten múltiples características, siendo los datos solidos como los encabezados y pie de páginas, información consolidada por cada proyecto, que no deberá de cambiar o estar diferente entre uno y otro.

Los formatos que se proponen para la implementación son específicos de acuerdo con la problemática que cada empresa tenga, pero existen empresas que se dedican al desarrollo de rutas críticas, softwares especializados en la entrega de reportes, balances, gráficas y demás reportes.

LOGO DE LA
DEPENDENCIA

LOGO DE LA
EMPRESA

ESTADO DE CUENTA

NOMBRE DE LA DEPENDENCIA
NOMBRE DEL DEPARTAMENTO

CONTRATISTA:											
OBRA:											
UBICACIÓN:											
CONTRATO:											
No. OBRA						No. DE ESTIMACIÓN:					
PERIODO DE EJECUCION ESTIMACION:						FECHA DE ELABORACIÓN:					

IMPORTE CONTRATO S/IVA:	
IMPORTE CONTRATO C/IVA:	\$0.00
IMPORTE CONVENIO C/IVA	

ANTICIPO S/IVA:	
ANTICIPO C/IVA:	\$0.00

FUENTE DE
FINANCIAMI
ENTO

TIPO DE RECURSO A EMPLEAR EN LA OBRA

ESTIMACION	PERIODO	IMPORTE	I.V.A	TOTAL	AMORTIZACION			TOTAL	TOTAL	TOTAL	LIQUIDO A	FACTURA	
No.		ESTIMACION			ANTICIPO	IVA	TOTAL	RETENCIÓN	DEDUCCION	DEVOLUCIÓN	PAGAR	NO.	FECHA
ANTICIPO													
SUMA:		\$0.00	\$0.00	\$0.01	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00		

SALDO TOTAL POR COBRAR C/IVA:	\$0.00
EN FINIQUITO. SALDO QUE NO SE EJERCE	\$0.00

SALDO POR AMORTIZAR DELANTICIPO	\$0.00
------------------------------------	--------

AVANCE FINANCIERO:	100.00%
-----------------------	---------

AVANCE FISICO EN %:	100.00%
---------------------	---------

FORMULÓ:

REVISÓ:

REVISO:

Vo Bo PARA SU TRAMITE:

NOMBRE
SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN

NOMBRE
RESIDENTE DE OBRA

NOMBRE
PUEDE SER REPRESENTANTE LEGAL O JEFE
DE DEPARTAMENTO

NOMBRE
DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS

LOGO DE LA
DEPENDENCIA

LOGO DE LA
EMPRESA

NOMBRE DEL DEPARTAMENTO

ESTIMACIÓN

HOJA: DE

CONTRATISTA:		
OBRA:		
UBICACIÓN:		
CONTRATO:	No. OBRA	No. DE ESTIMACION:
PERIODO DE EJECUCIÓN ESTIMACIÓN:		FECHA DE ELABORACIÓ

[illegible]

FORMULÓ:

REVISÓ:

REVISO:

Vo Bo PARA SU TRAMITE:

NOMBRE

SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN

NOMBRE

RESIDENTE DE OBRA

NOMBRE

PUEDE SER REPRESENTANTE LEGAL O JEFE DE
 DEPARTAMENTO

NOMBRE

DIRECTOR DE OBRAS PUBLICAS

LOGO DE LA
DEPENDENCIA

LOGO DE LA
EMPRESA

NOMBRE DE LA DEPENDENCIA
NOMBRE DEL DEPARTAMENTO

PROGRAMA DE AVANCE DE OBRA

PROGRAMA DE AVANCE DE OBRA				CONTRATISTA:								PERIODO		INICIO		TÉRMINO	
				OBRA:													
				UBICACIÓN:								CONTRATO		DIFERIMIENTO POR ANTICIPO		CONVENIO POR PLAZO	
				CONTRATO: No DE OBRA: ESTIMACIÓN No.													
				PERIÓDO DE EJECUCIÓN:								FECHA DE ELABORACIÓN:					
CLAVE	CONCEPTO	PROGR.	UNIDAD	IMPORTE CONTRATADO	MES				MES				MES				
		REAL			SEM 1	SEM2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM2	SEM 3	SEM 4	
	PARTIDA																
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
		PROGR.															
		REAL															
	SUMA HOJA No 1			\$ -													
	MONTO PROGRAMADO			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	MONTO REAL			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	DIFERENCIA			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

FORMULÓ: REVISÓ: REVISO: Vo Bo PARA SU TRAMITE:

NOMBRE

SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN

NOMBRE

RESIDENTE DE OBRA

NOMBRE

PUEDE SER REPRESENTANTE LEGAL O JEFE DE DEPARTAMENTO

NOMBRE

DIRECTOR DE OBRAS PUBLICA

LOGO DE LA
DEPENDENCIA

LOGO DE LA
EMPRESA

NOMBRE DE LA DEPENDENCIA

NOMBRE DEL DEPARTAMENTO

NÚMEROS GENERADORES

No. CONTRATO:				No. OBRA			
NOMBRE DE LA OBRA:							
CONTRATISTA:							
PERIODO DE EJECUCIÓN:							
NÚMERO DE ESTIMACIÓN:							
A1+A2		D/2	UNIDAD	CANTIDAD		OBSERVACIONES	
TOTAL				0.00			

FORMULÓ:

REVISÓ:

NOMBRE
SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN

NOMBRE

RESIDENTE DE OBRA

LOGO DE LA
DEPENDENCIA

LOGO DE LA
EMPRESA

NOMBRE DE LA DEPENDENCIA

NOMBRE DE L DEPARTAMENTO

CONCENTRADO DE ESTIMACIONES (A PRECIO UNITARIO)

CONCENTRADO DE ESTIMACIONES (A PRECIO UNITARIO)	CONTRATISTA:			
	OBRA:			
	UBICACIÓN:			
	CONTRATO:	No. OBRA:		No. DE ESTIMACIÓN:
	ANTICIPO:		PERIODO DE EJECUCIÓN DE ESTIMACIÓN:	
PERIODO DE EJECUCIÓN CONTRACTUAL:				

						PERIODO DE EJECUCIÓN DEL:	FECHA INICIAL		FECHA INICIAL		FECHA INICIAL			
						AL:	FECHA FINAL		FECHA FINAL		FECHA FINAL			
PRESUPUESTO CONTRACTUAL							ESTIMACIÓN N° 1		ESTIMACIÓN N° 2		ESTIMACIÓN N° 3		EJECUTADO REAL	
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE		CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
	I PRELIMINARES													
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
			\$ -	0.00	\$ -		0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0.00	\$ -
	SUBTOTAL HOJA				\$ -			\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
	SUBTOTAL HOJA ANTERIOR				\$ -			\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
	SUBTOTAL				\$ -			\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
	IVA				\$ -			\$ -		\$ -		\$ -		\$ -
	IMPORTE				\$ -			\$ -		\$ -		\$ -		\$ -

FORMULO :

REVISO:

REVISO:

Vo. Bo. PARA SU TRAMITE:

NOMBRE
SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN

NOMBRE
RESIDENTE DE OBRA

NOMBRE
JEFE DE DEPARTAMENTO

NOMBRE
DIRECTOR DE OBRAS PÚBLICAS

REQUISICION DE INSUMO - EMPRESA CONSTRUCTORA

FOLIO:

AREA / DEPARTAMENTO	
COMPRAS	

FECHA

OBRA	

TIPO DE INSUMO
VARIOS

[illegible]

SOLICITADO POR:
NOMBRE
RESIDENTE

ELABORADO POR:
NOMBRE
AUXILIAR.

AUTORIZADO POR:
NOMBRE
JEFE DE COSTOS

RECIBIDO POR:
NOMBRE
ADMINISTRACION

Requisiciones

Proyecto:

Requisición: Fecha: 09/06/2023 Requerido para: 09/06/2023

Solicitante: alopez Código Auxiliar: Contrato:

Aut Técnica: Aut Compra: Ubicación:

Observaciones:

Lugar entrega de material:

Renglón	Código	Partida	Descripción larga	Unidad	Moneda	Cantidad	Cantidad Pedida	Por Pedir	Observaciones
*									

Imprimir Finiquitar Cancelar Aplicar Aceptar

Estimaciones de subcontratos

Proyecto:

Contratista:

Subcontrato: Fecha inicio: 09/06/2023 Fecha fin: 09/06/2023

Folio: 0 Monto anticipo retenido: \$0.00 Monto IVA: \$0.00

Fecha: 09/06/2023 Monto fondo garantía: \$0.00 Dev. fondo garantía: \$0.00

Monto descuentos: \$0.00

Observaciones:

Partida	Descripción partida	Renglón	Concepto	Descripción larga	Estimado	Unidad	Por estimar	Cantidad	Costo	Importe

Estimación Estado cuenta Cancelar Retenciones y descuentos Aplicar Aceptar

Explosión de insumos (Sin permiso para modificarla)

Proyecto: Aplicar

Proyecto	Insumo	Descripción	Texto Largo	Tipo	Unidad	Familia	Cantidad Original	(=) Cantidad Tope	Requerido	Por Requerir

Figura Anexos. Imágenes de formatos correspondientes a un sistema de control ERP.