UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

EMULADOR DE APLICACIÓN MÓVIL PARA EL ANÁLISIS Y CONTROL DE COSTOS A NIVEL GERENCIAL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES

Autores

Jefferson Acuña y Ximena Cruz.

Tutor

PhD. Jorge Arturo Pineda Jaimes

Cotutor

Ing. Oscar Cárdenas

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Especialización en Gerencia de la Construcción

Bogotá, Colombia

Julio de 2021

DEDICATORIA

A nuestras familias por el gran apoyo y el amor incondicional durante toda la carrera.

A nuestra Universidad que nos ha dado la oportunidad de crecer profesionalmente y lograr vida diferente.

A nuestros docentes y director de proyecto, por habernos guiado y formado como excelentes profesionales y personas.

Y a Colombia, nuestra tierra.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por ser la cuna de nuestra formación profesional, por brindarnos la oportunidad de ser mejores cada vez, exigiendo al máximo.

CONTENIDO

1. Resumen 10
2. Palabras Clave 10
3. Introducción 11
1. Planteamiento del caso de estudio 13
2. Objetivos 19
2.1 Objetivo General 19
2.2 Objetivos Específicos 19
3. ALCANCES Y limitaciones 20
4. Marco Teórico 21
4.1 Marco de Antecedentes 21
4.1.1 . Aplicaciones Móviles 21
4.1.2. Plataformas de Creación de Software 22
4.1.3. Aplicaciones móviles en el sector de la construcción 23
4.1.4. Análisis y Control de Proyectos 24
4.1.5. Metodología del Valor Ganado Según Project Management Institute 25
4.2. Marco Conceptual 27
4.2.1. Aplicaciones Móviles 27
4.2.1.1. Aplicación 27
4.2.2 Sistema Operativo Android 28
4.2.2.1. Lenguajes de Programación para Android 28
4.2.3. Plataforma de Creación de Software Codoozer. 29
4.2.4. Análisis y Control de Costos 33
5. Metodología 40

5.1. Modelo Matemático y Adaptación de la EVM 41

5.2. Desarrollo del Emulador de Aplicación 45

5.2.1. Diagrama de Flujo 45

5.2.2. Desarrollo de Framework y Prototipo en Codoozer 45

5.3. Validación de Resultados del Emulador y Pruebas 54

6. Análisis de resultados 55

6.1. Vista de Inicio 58

6.2. Vista Principal y Tipo de Perfil 60

6.3. Vista Crear Proyecto – Datos Iniciales 61

6.4. Vista Controlar Proyecto 63

6.5. Vista de Indicadores 65

6.6. Código de Programación Emulador de Aplicación Móvil 65

6.7. Validación de Resultados con Caso Práctico 66

7. Aportes y recomendaciones 80

7.1 Dimensión Tecnológica 80

7.2. Dimensión Económica 83

7.3. Optimización de Procesos 85

8. Conclusiones 87

9. Bibliografía 90

4. Anexos 93

Anexo A. Manual de usuario AC Proyectos 93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 15
Figura 2 17
Figura 3 21
Figura 4 29
Figura 5 29
Figura 6 30
Figura 7 40
Figura 8 45
Figura 9 46
Figura 10 47
Figura 11 47
Figura 12 48
Figura 13 48
Figura 14 49
Figura 15 49
Figura 16 50
Figura 17 51
Figura 18 52
Figura 19 53
Figura 20 56
Figura 21 57
Figura 22 58
Figura 23 59

Figura 24 60

*F*igura 25 62

Figura 26 64

Figura 27 65

Figura 28 76

Figura 29 77

Figura 30 78

Figura 31 79

Figura 32 81

Figura 33 82

Figura 34 84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 31
Tabla 2 32
Tabla 3 37
Tabla 4 38
Tabla 5 39
Tabla 6 41
Tabla 7 42
Tabla 8 42
Tabla 9 43
Tabla 10..... 43
Tabla 11..... 66
Tabla 12..... 68
Tabla 13..... 69
Tabla 14..... 70
Tabla 15..... 71
Tabla 16..... 72
Tabla 17..... 74
Tabla 18..... 75

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Manual de usuario AC Proyectos 93

1. RESUMEN

En el presente documento se describe el desarrollo del emulador de aplicación móvil AC Proyectos, el cual tiene como fin realizar el análisis y control de costos de proyectos de construcción basado en la metodología del valor ganado. Este software ha sido diseñado particularmente para proyectos de pequeñas y medianas empresas que no cuentan con un sistema de gestión consolidado, además tiene como ventaja que es una aplicación de código abierto. La herramienta permite obtener indicadores de desempeño como lo son las variaciones, índices, pronósticos e interpretación del estado del proyecto.

La creación del emulador consiste en tres grandes etapas: en la primera se establece el modelo matemático y la adaptación de la metodología del Valor Ganado; en la segunda se realiza todo el desarrollo y programación del emulador de aplicación; y en la etapa final se realiza la validación de resultados y pruebas comparando con ejemplos prácticos.

.

2. PALABRAS CLAVE

Valor ganado, aplicación móvil, Analysis and control of construction projects, gerencia, gestión.

3. INTRODUCCIÓN

A pesar de que a nivel mundial se aúnan esfuerzos por crear procesos estandarizados para el control y seguimiento de proyectos, se siguen evidenciando falencias en temas como calidad, cronograma y eficiencia en los rendimientos, principalmente relacionadas con el nivel de madurez en la implementación de los modelos planteados por los cuerpos de conocimiento para la dirección de proyectos. A nivel Latinoamérica, se cuenta con una adopción aún incipiente de dichos estándares, que pueden no ajustarse a la realidad de la industria de la construcción de cada país. En muchas ocasiones este bajo desempeño profesional en la gestión de proyectos se debe a la falta de formación académica en dicha área, aunque también tiene relación con una cultura empresarial basada en la improvisación para gestionar los proyectos desde su concepción hasta su cierre (Lledó & Rivarola, 2006). En este orden de ideas, se considera que la implementación de metodologías de seguimiento y control hace parte de las estrategias de fortalecimiento de la administración de proyectos en el sector de la construcción, aprovechando la popularidad y la facilidad que ofrece el uso de herramientas tecnológicas móviles.

Si bien en cualquier proyecto se deben gestionar simultáneamente los factores de alcance, tiempo y costo, también se evidencia que las herramientas para gestión de proyectos son muy poco usadas por las empresas (Lledó & Rivarola, 2006); y el caso es mucho más crítico en proyectos de PyMES, en donde ni siquiera existe un plan de dirección o un modelo de gestión, debido a percepciones erradas sobre el costo que implicaría la implementación de dichos procesos y el valor que añadiría al proyecto. Por lo anterior, se hace necesario crear herramientas que permitan la aplicación simultánea de metodologías de seguimiento y control de alcance, tiempo y costo, que le posibiliten al director de proyectos determinar de manera cuantitativa el desempeño del proyecto y realizar pronósticos de manera más acertada (Noori et al., 2008). En concordancia, se pretende crear un emulador de aplicación móvil que permita visualizar el análisis y el control de costos a nivel gerencial de proyectos de construcción de edificaciones aplicando la metodología del Valor Ganado.

Para la consolidación y adaptación del modelo matemático bajo el cual funcionará el emulador de aplicación móvil se debe comenzar por establecer qué información de entrada se requiere, y qué procesos matemáticos se deben ejecutar con el fin de obtener como resultado los índices de desempeño del proyecto. De manera general, se considera como dato de entrada el costo real, la línea base de costo y el cronograma del proyecto y, además, se establecen las métricas a usar, los indicadores, variaciones, pronósticos y la respectiva interpretación de los resultados.

Luego de que sea establecido el modelo matemático para la implementación de la metodología del Valor Ganado y las relaciones de dependencia de datos, se procede a crear y adaptar el espacio de trabajo en el que funcionará el emulador, haciendo uso de la plataforma Codoozer. Esta herramienta funciona como un code – builder que permite crear aplicaciones móviles, realizar el prototipo de la arquitectura del emulador por medio de la creación de mockups, y crear el controlador en función de la base de datos.

Como última etapa, se contempla realizar la validación de resultados del emulador, para lo cual se hará una comparación de datos con un caso práctico. El objetivo de este proceso es verificar que el entregable funcione de manera adecuada con resultados de calidad, correspondiente con el alcance inicial del proyecto.

Disponer de esta herramienta de gestión de costos por medio de la tecnología móvil permitirá llevar un control adaptado a las nuevas tendencias sociales, en donde el teléfono celular se ha convertido en un artículo fundamental de la vida diaria y particularmente imprescindible en el desarrollo de proyectos constructivos, el cual es usado, por ejemplo, en lo relacionado con la comunicación entre dependencias, la realización de registros fotográficos y la visualización de planos en sitio. Este emulador de aplicación posibilitará la toma de decisiones en cuanto a acciones a seguir, ya que la monitorización se realiza en tiempo real o permanente, adoptando medidas correctivas para ir de acuerdo con lo establecido con la línea base del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL CASO DE ESTUDIO

En Colombia, es poco frecuente encontrar empresas que cuenten con buenas prácticas para la gestión de proyectos de construcción, e incluso, en el caso de (PyMES) pequeñas y medianas empresas del sector, ni siquiera se implementan metodologías para la gestión de proyectos. Lo anterior, se debe mayoritariamente a una serie de factores y creencias generalizadas alrededor de la implementación de este tipo de herramientas administrativas, a saber:

- Se cree que implementar una metodología para la gestión de proyectos de construcción representa un gasto económico demasiado elevado frente al costo neto - real del proyecto.

- Se piensa que implementar este tipo de herramientas no genera un valor añadido representativo o diferencial respecto al que podría obtenerse al no implementarlas (Lledó & Rivarola, 2006).

- Este tipo de metodologías para la gestión de proyectos de construcción se conocen y desarrollan a nivel posgradual, por lo que algunas PyMES no cuentan con el capital humano que pueda desarrollar una metodología adecuada y apta dependiendo de las prácticas que siga la empresa.

A pesar de dichos factores y creencias erróneas, todo proyecto requiere ser gestionado, aplicando diferentes metodologías acordes a su tipología y magnitud. Los resultados que se pueden obtener durante la gestión de los proyectos, tienen diversos factores diferenciadores; uno de los más relevantes está en la capacidad de permitir una detección temprana de los errores con el fin de tomar decisiones correctas por parte del director (Araszkiewicz & Bochenek, 2019), acordes a las diferentes situaciones que se pueden presentar de acuerdo al desempeño del proyecto, esto, además, sólo se puede garantizar si se cuenta con información clara, confiable y actualizada acerca del avance y ejecución del proyecto (Ambriz Avelar, 2008).

Dicha información puede ser obtenida por medio de la aplicación de diferentes métodos que permitan el seguimiento de las variables que influyen en la ejecución de un proyecto, a saber: gestión del control de tiempos, secuencias de actividades y costos vinculados a la ejecución de cada una de las tareas. Cabe resaltar que los factores más importantes de la dirección de proyectos son la gestión de costos, plazos de entrega y calidad de la actividad realizada; además, debe contemplarse la definición del alcance, entendido como el “conjunto de requisitos que debe cumplir el proyecto para satisfacer las necesidades de los interesados” (Moral & González, 2017, p. 24), puesto que también influye notoriamente en los resultados y rendimiento final del proyecto, y la fiabilidad de los resultados depende en gran medida de las personas implicadas en la planificación y el seguimiento del proyecto (Araszkiewicz & Bochenek, 2019). En ese sentido, existen entonces tres métodos relevantes para el control de plazos y costos durante la ejecución de proyectos, los cuales cuentan con ámbitos de aplicación o alcances distintos, por lo que pueden complementarse entre sí. Estos métodos son:

- Ruta crítica.
- Cadena crítica
- Gestión del valor ganado.

El primero, llamado el método de ruta crítica, es utilizado para el cálculo de la duración mínima del proyecto; está relacionado con el proceso de planificación, control y ejecución de actividades dentro de un cronograma, además, expone los intervalos de tiempo en los que podría desarrollarse cada proceso (conocido como holgura), tomando como referencia la mínima y máxima duración de cada actividad sin afectar la duración total del proyecto.

El segundo, el método de cadena crítica, se enfoca en el manejo y nivelación de recursos (principalmente económicos); podría inclusive considerarse como el mismo método de ruta crítica complementado con una restricción a los recursos destinados. Este método también maneja espacios de tiempo de incertidumbre para que las actividades tengan una holgura de realización, sin afectar el cumplimiento del cronograma en el momento acordado.

Por último, el método del valor ganado recoge el control de costos y plazos de manera conjunta, vigilando, a su vez, tres aspectos clave: valor planificado, valor ganado y costo real (Moral & González, 2017). Este método es utilizado para evaluar el desempeño de los proyectos, teniendo en cuenta las duraciones planificadas de cada actividad dentro del marco del cumplimiento del cronograma, y contemplando la cantidad de recursos disponibles y destinados para cada ejecución requerida. Cabe resaltar que uno de los beneficios más notorios de este método es la capacidad que muestra para combinar alcance, costos y cronograma, ofreciendo una visualización de los resultados del proyecto de forma más adecuada, sintética y precisa.

Aun así, cabe resaltar que el método brinda la oportunidad de seguirlo mejorando, como es expuesto por (Noori et al., 2008), donde mencionan la posibilidad de obtener, además de datos numéricos sobre los riesgos asociados al cumplimiento de los proyectos, un enfoque gráfico para controlar los índices de rendimiento del valor ganado y un resultado lingüístico que exhiba la situación actual.

El método completo anteriormente mencionado recibe especial atención debido a todas las ventajas que representa: es uno de los más ampliamente implementados a nivel internacional debido a los resultados que ofrece durante el lapso de ejecución; permite vincular el control de costos con la gestión del tiempo en los proyectos, lo que lo convierte en una herramienta para generar una medida del desempeño global y una perspectiva de los resultados; además, implementar el método del valor ganado ofrece una oportunidad para correlacionar lo que se espera, planifica, ejecuta y cierra (Fleming et al., 2005).

A pesar de los beneficios y ventajas expuestos, en el caso colombiano es casi nula la implementación de la metodología del valor ganado como herramienta administrativa para incrementar la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos durante la gestión de los proyectos, y aún menos en el sector de la construcción. Es por dicha razón que se pretende, por medio de este proyecto, facilitar e incrementar el interés por el uso de la metodología, con miras hacia la implementación de una planeación y control frente al alcance, costo y

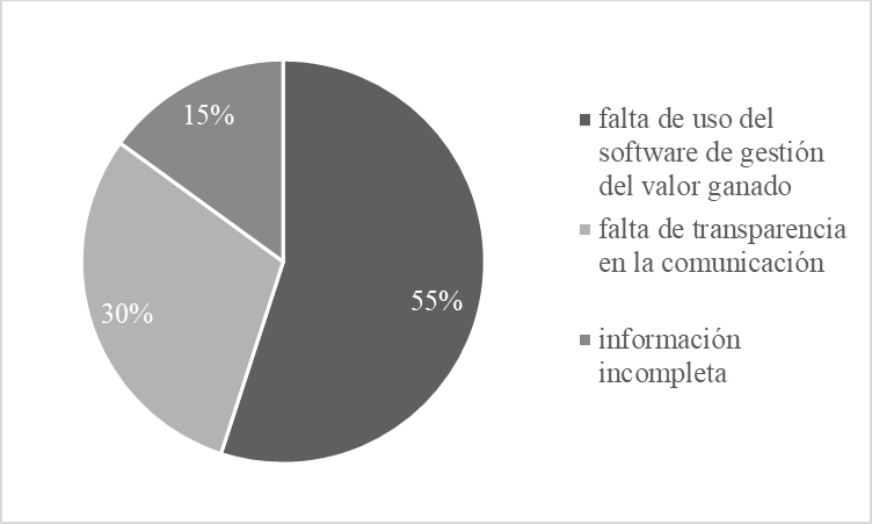
seguimiento del costo y cronograma de los proyectos desarrollados principalmente por parte de pequeñas y medianas empresas colombianas, las cuales usualmente no cuentan con las capacidades suficientes para implementar este tipo de tecnologías.

De forma particular, este proyecto pretende ofrecer una herramienta tecnológica sencilla, intuitiva y al alcance de la mano de los directores de proyecto y de los implicados en la ejecución, lo cual implica mantener ciertos estándares de confiabilidad proyectados en el uso de una aplicación móvil capaz de sintetizar la metodología del valor ganado para gestionar los proyectos que diversas PyMES ejecuten. Ésta debe permitir mantener el control del alcance, tiempos, recursos y acercarse a los resultados esperados con éxito.

Sin embargo, en la actualidad nacional e internacional, aún no se aplican dichas prácticas y metodologías de manera masiva, pues en algunos casos se considera innecesario o una inversión adicional de tiempo y recursos que no puede ser costeada por el tipo de proyecto o por la naturaleza de las empresas.

Con relación a lo anterior y a los desafíos que se presentan frente a la aplicación de metodologías de gestión de costos, según un estudio realizado en el sector de la construcción en la India, se identifica que existen retos comunes como lo son el financiamiento, el pago atrasado del trabajo terminado, la presión para evitar el reporte de atrasos y la evaluación inexacta del tiempo del proyecto. En la Figura *1* se presentan los resultados obtenidos durante las entrevistas personales que se han realizado bajo este estudio en la India, obteniendo un 55% de coincidencia en las respuestas, se evidencia que la principal causa de la no implementación de esta metodología es la falta de uso de un software de gestión de valor ganado (Vaibhava & Prakash Rao, 2019, p. 2).

Figura 1
Entrevistas personales



Nota. Adaptado de “Challenges of Earned Value Management- Application in Indian Construction Industry” (p. 734), por S. Vaibhava, B. Prakash Rao, 2019, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 8 (2).

En Colombia, el sector de la construcción genera una contribución al crecimiento económico del país del orden del 8% anual, siendo uno de los rubros más representativos frente a la producción interna nacional, además, ha propiciado la modernización de la producción y de las ciudades, trabajando de la mano del sector industrial (Prestan, 2018). Sin embargo, se ha encontrado que, a pesar de que el sector de la construcción ha aportado de forma relevante al desarrollo tecnológico de los países, este sector en sí mismo no ha logrado un progreso tecnológico evidente frente a sus procesos administrativos, de control y de seguimiento.

Realizando análisis más detallados en proyectos de construcción, mediante encuestas realizadas por analistas del *Project Management Institute* en el país, se ha encontrado que se tiene una percepción renuente por parte de los directores de proyecto frente a la implementación de nuevas técnicas de control, ya que se consideran demasiado complejas y que, debido a la metodología usada, no agregan ningún valor importante a sus proyectos (Lledó & Rivarola, 2006).

Además, como puede conocerse gracias a las mismas encuestas, la implementación de software especializado para la gestión de proyectos de construcción por parte de los directores de proyecto es considerada un costo adicional, elevado e innecesario, ignorando o desconociendo la existencia de iniciativas similares a la propuesta en este proyecto de grado. Algunas de estas abarcan procesos enfocados hacia el incremento de la calidad y la confiabilidad frente a la ejecución de proyectos y, en este caso específico, todo se enmarca en un espacio de código abierto y libre acceso capaz de cubrir las necesidades para que pequeñas y medianas empresas puedan presentar, evaluar e incrementar la calidad de los resultados de sus proyectos.

La implementación de algún software o herramienta de control dependerá del interés de los diferentes actores implicados en la cadena de valor de la gestión de proyectos (Votto et al., 2020). Inclusive, desde el Gobierno Nacional se proponen estrategias enfocadas a la mejora y socialización constante de aplicativos móviles que permitan tener un mayor control y seguimiento de las actividades que se estén desarrollando dentro del marco de un proyecto en diferentes sectores de la industria.

Si bien la aplicación de metodologías de control a nivel gerencial no es una tendencia en el medio de la construcción en Colombia, sí se cuenta en el mercado con variedad de aplicaciones móviles que se enfocan en la automatización, el control de temas como la seguridad y salud en el trabajo, control de inventario de materiales, control de horas trabajadas, reportes de accidentes, recursos humanos, herramientas, entre otros.

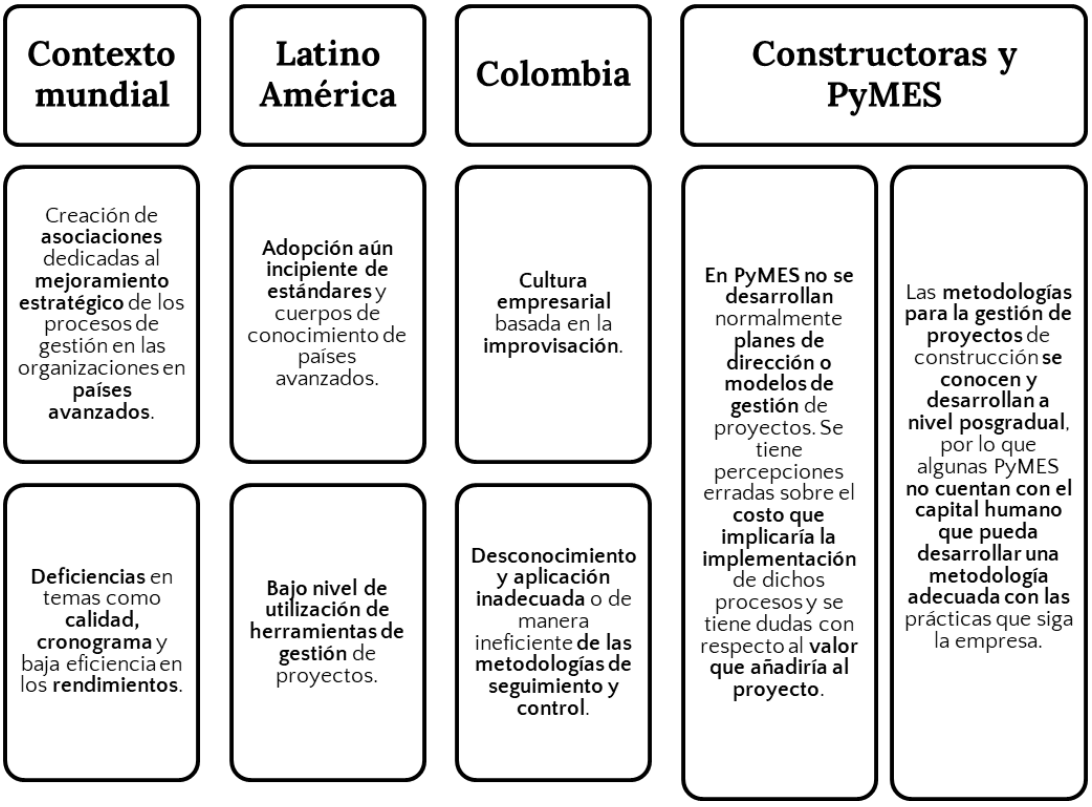
A nivel internacional, se cuenta por ejemplo con la investigación desarrollada por (Nourbakhsh et al., 2012), en la que se presenta un prototipo de aplicación móvil para mejorar la gestión de información de proyectos de construcción con base en datos compartidos por profesionales del área. También pueden contemplarse las revisiones presentadas por (Igwe et al., 2020), que relacionan el uso reciente de la tecnología móvil en el sector de la construcción, específicamente en el área de la gestión de costos en tiempo real.

De la misma manera, el Gobierno Nacional de Colombia, a través del Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones, ha desarrollado desde el año 2012

programas para promover y potenciar la creación y consolidación de negocios a partir del uso de las TIC's, haciendo énfasis en la creación de aplicaciones móviles debido a su facilidad de acceso y programación.

Tal es el caso de la iniciativa *Impulso al desarrollo de aplicaciones móviles, Constitución Apps.co*, que busca fortalecer las políticas de desarrollo administrativo empresarial y el emprendimiento TIC a nivel nacional; bajo esta iniciativa, alrededor de mil trescientos equipos de emprendedores han validado sus ideas de negocio (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones., n.d.). Ejecutando una revisión de los emprendimientos inscritos allí y que cuenten con algún tipo de reconocimiento a nivel nacional o internacional, *Civil Control* es un ejemplo de los aplicativos móviles que han contado con el apoyo de estas iniciativas del gobierno colombiano y que están directamente relacionados con el sector de la construcción y la gerencia de proyectos; esta aplicación se enfoca en el control de costos en proyectos de construcción, permitiendo llevar a cabo el control de obras mediante datos de planeación y ejecución para la evaluación del estado de los proyectos (Revista Semana, 2016).

Figura 2
Contexto del problema



Nota. Síntesis del contexto del problema identificado para esta investigación. *Elaboración propia*, 2021, Fuente propia.

Teniendo en cuenta la importancia de los aplicativos móviles en la vida cotidiana debido a su facilidad de uso, desarrollo y accesibilidad, se considera pertinente la promoción de una herramienta de gestión de proyectos de construcción disponible en este formato. El valor de este medio tecnológico va de la mano con la dependencia que tiene la sociedad actualmente frente a los dispositivos móviles. Esto se puede evidenciar en las estadísticas obtenidas en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida que se realizó en el año 2017, donde se menciona que la población colombiana es cada vez más dependiente del uso del teléfono celular. A saber: a nivel nacional, el 75.7% de los colombianos usaron el celular todos los días de la semana; el 21.1% lo hicieron al menos una vez a la semana; y el 2.3% lo hicieron una vez al mes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017). Estos datos dejan ver la pertinencia de desarrollar una aplicación móvil, de acceso libre y enfocado a la optimización de los dos recursos más importantes en un proyecto: el costo y el tiempo.

En suma, la tecnología móvil a nivel mundial es una de las nuevas tendencias de las innovaciones industriales que ha transformado la gestión del sector de la construcción.

Esta ha permitido mejorar el rendimiento de proyectos de construcción por medio de la implementación de algunas herramientas que contribuyen con la transmisión y recuperación de información entre los profesionales de este ámbito y los participantes para que dicha gestión sea más eficaz y eficiente (Igwe et al., 2020).

Se hace necesario resaltar la importancia de la toma de decisiones en proyectos de construcción, apoyadas por metodologías que surgen desde la academia y son aplicables, con resultados evidentes, a situaciones reales dentro de distintos contextos. Así pues, por medio de la implementación de estas metodologías, se pretende que pequeñas y medianas empresas tengan la posibilidad de acceder a este tipo de herramientas y mejoren sus procesos de gestión de proyectos de construcción.

Cabe resaltar que aún hay mucho trabajo por realizar en cuanto a la implementación de teorías, metodologías y procedimientos de gestión que mejoren la productividad y los resultados de los proyectos, principalmente por medio del uso de la tecnología móvil y sus aplicativos; es desde estos vacíos del sector de la construcción que se genera la oportunidad y pertinencia para la aplicabilidad del resultado de este proyecto de grado.

Es así como este proyecto de grado presentará una solución práctica para la aplicación de la metodología del Valor ganado, que permitirá la implementación de este tipo de herramientas tecnológicas de manera sencilla, intuitiva y de acceso abierto, mejorando el ejercicio de la gestión de proyectos de construcción de edificaciones para pequeñas y medianas empresas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Crear un emulador de una aplicación móvil que permita realizar el análisis y el control de costos a nivel gerencial de proyectos de construcción de edificaciones.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consolidar y adaptar modelo matemático aplicando metodología del Valor Ganado.
- Diseñar la arquitectura y diagrama caso de uso del Emulador para definir Framework.
- Validar los resultados obtenidos con el emulador, comparando con un caso práctico.

3. ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto tiene como alcance la creación de un emulador de aplicación móvil que permite realizar el análisis y control de costos de proyectos de construcción bajo la metodología del Valor Ganado. La aplicación es de código abierto y se desarrollará para usarse en el Sistema operativo Android. La programación se hace mediante la plataforma online *Codoozer*, que permite realizar el prototipo de la arquitectura del emulador por medio de la creación de *mockups*, que se generan bajo las líneas de código que brinda la plataforma, así como también, servirá para el desarrollo del controlador en función de las bases de datos predeterminadas ajustadas a los requerimientos para la implementación de la Metodología del Valor Ganado.

Cabe resaltar que el fin último del emulador es plantear los principios teóricos y el modelo analítico de funcionamiento de la aplicación, plasmado a través del documento de proyecto para fases posteriores de implementación o aprovechamiento del programa. Con relación a esto, el código de programación de la aplicación se alojará en el repositorio *GitHub* el cual permite gestionar el ciclo de vida del desarrollo de software de forma libre, con el fin de que el prototipo pueda ser usado y replicado por otros usuarios. Se aclara que el presente proyecto se enfoca particularmente a proyectos de pequeñas y medianas empresas que no cuentan con un sistema de gestión consolidado que les permita realizar análisis y control de costos bajo una metodología estandarizada.

En cuanto a los datos de entrada para la aplicación, se requiere que la estimación de costos se haya realizado por medio del análisis de precios unitarios, ya que como insumo para el cálculo se necesita que se disponga de la información de presupuesto y de programación por ítems o actividades de obra, ya que con base en esta información y en los controles de costos y ejecución internos de cada proyecto, se calcularán los porcentajes de avance planificado y ejecutado, que serán ingresados a la aplicación de forma manual, por el personal administrativo en cada fecha de corte.

Los resultados obtenidos del emulador de la aplicación no serán editables y corresponderán a los establecidos por la metodología del Valor Ganado en cuanto a índices de desempeño, pronósticos y su respectiva interpretación, los cuales se visualizarán en una vista individual y no serán exportables.

La aplicación permitirá el manejo de varios proyectos en simultáneo, de igual manera se podrán definir varios perfiles de personal administrativo de proyecto, todo consolidado directamente desde la base de datos de la aplicación. La creación de accesos y de perfiles de usuario se centraliza en los creadores de la aplicación que seguirán manteniendo el control de los usuarios y de la información que se maneje con la aplicación y las bases de datos que se generen.

Con el presente trabajo se pretende facilitar y masificar el uso de metodologías de gestión de costos para que estas se encuentren a disposición de todos los interesados en aplicarlas en sus proyectos constructivos, haciendo uso de los dispositivos móviles con Sistema operativo Android.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO DE ANTECEDENTES

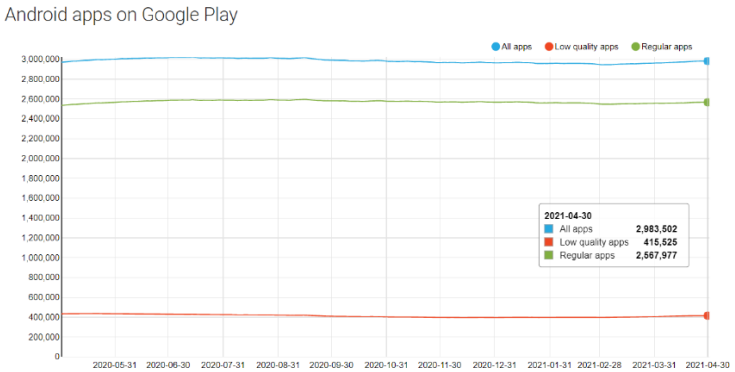
4.1.1 . Aplicaciones Móviles

En la década de los 80's, se lanza al mercado el primer asistente digital personal (PDA), denominada *Psion Organiser,* que fue desarrollada por la compañía inglesa de informática *Psion*; este asistente contaba con funciones simples como block de notas, editor de texto, agenda numérica, directorio de contactos, calculadora, entre otras. Posteriormente se desarrollaría el Apple Newton, una PDA con el sistema operativo Newton OS creado por Steve Jobs, precursor del iOS, que contaba con acceso a Mac, PC y redes wifi, y con aplicaciones externas como un navegador web y un email.

En diciembre de 1997 se lanzó el Nokia 6110, siendo esta referencia una de las primeras que incluiría de forma preinstalada la primera aplicación de éxito mundial, se trataba de *Snake*, una edición del juego *Blockade* de 1976. Luego, Steve Jobs presentó en 2007 el iPhone, que cambiaría el mundo de las aplicaciones móviles con el lanzamiento de la *App Store* en 2008, permitiendo a proveedores externos crear aplicaciones para distribuirlas allí.

Presionado por el avance de Apple, Google logró lanzar el *Android Market* tan sólo unos meses después de la App Store, abriendo una amplia gama de posibilidades en aplicaciones. En 2009 la App Store ya alcanzaba el billón de descargas, y el Android Market, con su atraso inicial, lo alcanzó en el 2010. Hoy, existe más de una docena de tiendas de aplicaciones para sistema operativo Android, sin embargo, la más popular es la *Google Play Store*, que cuenta con cerca de tres millones de aplicaciones diferentes. En la Figura 3 se presenta gráficamente la variación de la cantidad de aplicaciones en la Google Play en los últimos dos años.

Figura 3
Variación de la creación de aplicaciones en la Google Play



Nota. Adaptado de *Android Apps on Google Play* [Gráfica], por AppBrain, 2021. *(https://www.appbrain.com/stats/number-of-android-apps).*

4.1.2. Plataformas de Creación de Software

Desde hace un tiempo, la tecnología móvil ha venido convirtiéndose cada vez más en parte fundamental del día a día, ocupando e introduciéndose en ámbitos como el hogar, las relaciones interpersonales, e incluso en el ámbito laboral. En este sentido, aquellos profesionales o líderes de un microemprendimiento o PyMES, que necesitan generar valor agregado y diferenciador a su empresa por medio del uso de la tecnología, tienen como alternativa desarrollar aplicaciones acordes a sus necesidades y a las del mercado. Sin embargo, para querer generar este tipo de programas de forma convencional, es decir, programando en lenguaje puro, se exige un grado bastante alto de conocimientos para poder hacer este tipo de desarrollo. Para dar respuesta a esta necesidad, se han desarrollado plataformas de creación denominadas *No Code*, que son interfaces visuales online con componentes ya programados, que permiten adaptarlos de una forma muy intuitiva a las necesidades del proyecto que se esté desarrollando; lo anterior, ofrece la oportunidad de crear y poner en funcionamiento un software propio, con una curva de aprendizaje relativamente suave. Para esto existen muchas posibilidades, cada una de ellas con sus propias ventajas, desventajas y curva de aprendizaje. A continuación, se presentan algunas de las plataformas de programación más usadas del mercado:

- Microsoft Visual Studio.NET
- Java SDK
- MIT App Inventor
- NetBeans
- Delphi
- Ruby on Rails
- Velneo
- GeneXus
- WinDev
- MockFlow
- Codoozer

Realizando la evaluación entre las opciones de plataforma de programación disponibles, se escogió para el desarrollo del presente proyecto la plataforma Codoozer, ya que es una de las que ofrece mayores prestaciones en cuanto a nivel de desarrollo de las aplicaciones, además que permite generar la vinculación directa con la Base de Datos en tiempo Real *Firebase*.

4.1.3. Aplicaciones móviles en el sector de la construcción

Hoy en día, la industria de la construcción ha acogido en varios campos el uso de la tecnología móvil para sus diferentes áreas. Es así como se cuenta en el mercado con aplicaciones móviles que se enfocan en la automatización de procesos de compra, la seguridad y salud en el trabajo, control de inventario de materiales, control de horas trabajadas, reportes de accidentes, recursos humanos, herramientas, mediciones de obra, agendas digitales para equipo de trabajo, lectura e interpretación de planos, entre otros.

Dentro de las aplicaciones que se encuentran disponibles en las tiendas virtuales, se encontró que la gran mayoría se enfocan en la temática de control de obras, pero ninguna desarrolla análisis de resultados ni control de costos, estas se basan más en la comunicación y gestión de proyectos entre el equipo de trabajo. La gran mayoría son de origen español, lo que genera que no se adecúen del todo a las prácticas del sector de la construcción en Colombia. En otros casos, se evidencia que son empresas que ofrecen el servicio de tercerización de la actividad de control de costos mediante el uso de herramientas como aplicaciones o plataformas web. Dentro de las aplicaciones más relevantes que se encontraron, se tienen las siguientes:

- PMI Calcular Valor ganado: es una calculadora que permite obtener los resultados de desempeño de un proyecto, aplicando las fórmulas de la metodología del Valor ganado (EVM), pero no permite almacenar información ni controlar los proyectos en el tiempo.

- Ogun – Control de Obras Gratis: es una aplicación diseñada para la gestión de proyectos de construcción, remodelaciones e instalaciones. Permite mantener un control de las actividades realizadas y por realizar mediante la creación del calendario de trabajo, chat por tareas entre el equipo, organización de archivo como facturas, actas, registros fotográficos, listas de chequeo para el seguimiento de los proyectos, entre otros.

- Kizeo Forms: Es una aplicación para crear formularios digitales para las operaciones de inspección, auditorías, inventarios, manejo de personal, entre otros. Funciona a través de dos herramientas: la plataforma en línea y la aplicación móvil.

- Equilátero: Aplicación diseñada para la gerencia de proyectos, permite realizar control de obras, obtener información en cuanto a porcentajes de avance con respecto a la programación inicial, actividades ejecutadas, actividades con atraso, valor pagado, valor ejecutado, valor programado, cantidades ejecutadas por actividad, pero como tal no especifica metodología de control y no realiza análisis e interpretación del control realizado.

De manera general, se encontró que, si bien existen aplicaciones enfocadas a la gestión de proyectos, no se encuentra aún disponible alguna aplicación que permita realizar el análisis y control de costos de proyectos de construcción bajo la metodología del Valor Ganado, tal y como se plantea con la aplicación que se desarrollará en el presente proyecto de grado.

4.1.4. Análisis y Control de Proyectos

Teniendo en cuenta lo expuesto por Moral & González (2017) existen métodos para el seguimiento, control de costos y programación, los cuales usan como referencia el cronograma definido durante el desarrollo del proyecto al medir, comparar y analizar tanto el desempeño como los resultados finales, por medio de la identificación del tiempo de inicio y duración real de ejecución de las actividades y el tiempo faltante para la culminación del trabajo.

De entre los métodos existentes para el control de costos, se han analizado los establecidos por el PMI, los cuales son: el método Ruta Crítica, Cadena Crítica y Gestión del Valor Ganado (Project Management Institute, 2017).

El primer método es el conocido como Método de la Ruta Crítica, utilizado para estimar la mínima duración del proyecto y determinar la posibilidad de maniobra en la programación de la ruta lógica dentro del cronograma. Por ruta crítica se entiende que es el camino más largo bajo una secuencia lógica de actividades, la cual determina la menor duración del proyecto, considerando dentro del modelo de programación parámetros propios del proyecto tales como duraciones de las actividades, relaciones lógicas de secuenciación, posibles adelantos y retrasos y otras restricciones conocidas. El Método de la Ruta Crítica se desarrolla como una metodología sencilla de aplicar, que se basa en el cálculo de inicio tempranos y tardíos y sus respectivas holguras, sin tener en cuenta los recursos disponibles para la ejecución del proyecto.

El segundo método que se analiza es el conocido como Método de la Cadena Crítica (CCM), el cual se aplica directamente al modelo de programación y permite disponer los recursos de forma tal que funcionen de manera coordinada con el cronograma del proyecto para tener en cuenta los recursos limitados y las incertidumbres del proyecto, y de esta manera evitar escases o desperdicio. Este método se desarrolla con base en los principios del Método de la Ruta Crítica, con la diferencia que este método tiene en cuenta los efectos de la asignación, la optimización y la nivelación de los recursos, así como la incertidumbre en la duración de las actividades que se encuentran en la ruta crítica. La ruta crítica con restricciones de recursos se conoce como cadena crítica.

Por último, se analiza el Método del Valor Ganado o Gestión del Valor Ganado, el cual se define como un método de control de costos y programación, siendo una técnica de dirección de proyectos que requiere una programación y un presupuesto definido, con respecto a las cuales se pueda comparar el desempeño a lo largo del proyecto. De forma extendida también es definido como:

Es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto. Integra la línea base del alcance con la línea base de costos, junto con la línea base del cronograma, comparada con la línea de medición del desempeño, que facilita la evaluación, análisis e interpretación del desempeño y del avance del proyecto por parte del equipo del proyecto. (Project Management Institute, 2017).

El Método del Valor Ganado establece y hace seguimiento a tres dimensiones clave para cada paquete de trabajo y cada cuenta de control: valor planificado, valor ganado y costo real. A partir de un análisis comparativo se controlan las variaciones o desviaciones con

respecto a la línea base aprobada, tanto la del cronograma como la del costo. A su vez, es posible obtener indicadores que relacionan el desempeño del costo y el del cronograma con base en lo planificado. Adicionalmente, se puede identificar y monitorear los tres parámetros (valor planificado, valor ganado y costo real) por periodos y de forma acumulativa. Asimismo, conforme avanza el proyecto, la metodología establece pronósticos estimados del costo a la conclusión y la tasa de desempeño que se debe tener para lograr completamente el trabajo presupuestado, lo cual permite alertar sobre diferencias entre el valor presupuestado en un inicio, el costo final del proyecto y la probabilidad de cumplimiento con respecto a los rendimientos.

En cuanto a los métodos existentes para el seguimiento y control de costos, el propio Project Management Institute recomienda el uso del Método del Valor Ganado, al definirla como una metodología eficiente para el de análisis conjunto de los plazos y costos del proyecto.

4.1.5. Metodología del Valor Ganado Según Project Management Institute

Los primeros registros que se tienen acerca de la implementación de técnicas similares al Método del Valor Ganado se remontan a la década de los 60's, las cuales se implementaron en una serie de proyectos militares llevados a cabo por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, como respuesta a la instalación de misiles nucleares soviéticos de alcance medio en la isla de Cuba. Estos proyectos se centraban en el desarrollo de operativos con Misiles, para los cuales se exigía una planificación al detalle y un control de costos exhaustivo (Moral & González, 2017).

En un inicio, se implementó para la planificación del proyecto el sistema PERT/COST, considerado en la actualidad una extensión de la técnica PERT/Time, el cual permite el control de los costos de los proyectos mediante el empleo de técnicas de estimación que analizan las desviaciones entre los costos reales y los previstos. Estas técnicas fueron las primeras aproximaciones para fundamentar el Método del Valor Ganado. Posteriormente, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos consolidó una serie de treinta y cinco criterios para tener en cuenta, con el fin de definir los requerimientos mínimos del proyecto en el que se pretendiese implementar el método. En el año 1967, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, adoptó el Método del Valor Ganado como método habitual para el control y seguimiento de proyectos durante las siguientes tres décadas, bajo las siglas C./S.C.S.C. o *Cost/Schedule Control Systems Criteria* (Christensen, 1998; Hayes, 2001).

Con el paso de los años, el Método del Valor Ganado fue adoptado por el Project Management Institute (PMI), entidad considerada como referente en el estudio, compendio y consolidación de todos los aspectos que puedan ejercer influencia en el ejercicio de la gestión de proyectos. Desde la primera versión de la Guía del PMBOK, emitida en el año 1987, el PMI ha incluido en sus documentos algunas referencias a la aplicación del Método del Valor Ganado en los proyectos. Sin embargo, habría que esperar al año 1996 para su inclusión oficial en la Guía como herramienta de comunicación con los interesados del proyecto (*stakeholders*).

Finalmente, el Método del Valor Ganado alcanzaría el carácter de normativa oficial en el año 1998 con la emisión de la norma ANSI/EIA 748, tras su aprobación por el *American National Standards Institute* (ANSI) y la *Electronics Industry Association* (EIA). Dicha

normativa definió 32 criterios aplicables, mucho más detallados con relación a lo establecido previamente en el año 1967.

La normativa no sólo permitió la aplicación estandarizada del Método del Valor Ganado, sino que permitió difundir el método de una forma definida entre proyectistas de todo el mundo, en especial en Estados Unidos, volviéndose de implementación obligatoria para la adjudicación y ejecución de contratos públicos con entidades como la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), el DOE (*Department of Energy of US*) y el DOD (*Department o Defense of US*) a partir del año 1999.

Con el fin de estandarizar el uso del método, el PMI realizó y publicó una versión práctica del Estándar del Valor Ganado en el año 2005, debido principalmente a las altas exigencias y endurecimiento de las auditorias en las empresas. En el año 2011 se generaría una actualización al estándar, que incluyó algunos de los principios definidos en la norma ANSI/EIA, así como también, considerando en los apéndices el concepto de *Earned Schedule* (ES) o Programación Ganada, introducido inicialmente por Walter Lipke, en la que se aplica el valor ganado al cronograma del proyecto (Lipke 2003, 2004, 2009). Por su parte, la normativa ANSI/EIA experimentó una serie de ajustes y actualizaciones en el año 2013, incorporando el concepto de cuentas de control (Christensen, 1998). Por último, cabe destacar que el Método del Valor Ganado ofrece resultados satisfactorios en los proyectos en los que se aplica, acordes al tipo de ciclo de vida del proyecto (predictivo, adaptativo o iterativo), inclusive si en el proyecto se realiza la aplicación de metodologías ágiles, (Rusk, 2009).

La consolidación y adopción de un método como el Valor Ganado ha permitido desarrollar grandes avances relacionados con la calidad en los procesos de dirección de los proyectos, modificando el esquema tradicional usado.

4.2. MARCO CONCEPTUAL

4.2.1. Aplicaciones Móviles

4.2.1.1. Aplicación

Una aplicación se define como un tipo de software pequeño y especifico que está diseñado para una función específica y pensado para ser usado en dispositivos móviles. En un inicio, el término *App* se relacionaba con cualquier aplicación móvil o de escritorio, sin embargo, a medida que el uso del celular fue adquiriendo más relevancia en la vida cotidiana, empezó a surgir una mayor oferta de aplicaciones. Con la masificación del uso de los Smartphone, ha evolucionado el término para referirse específicamente a pequeños programas que pueden descargarse e instalarse únicamente en los dispositivos móviles.

El término móvil hace referencia a la posibilidad de tener acceso desde cualquier lugar y momento a los datos, las aplicaciones y los dispositivos personales, considerando ventajas de los teléfonos móviles como, bajo peso que permite la portabilidad del dispositivo, conectividad y, además, disponen de la capacidad de batería adecuada para funcionar de forma autónoma. Existen tres tipos de aplicaciones, las aplicaciones nativas, las Web y las híbridas.

Aplicación Nativa. Es un tipo de software desarrollado en lenguaje nativo de programación, lo que lo hace más potente ya que permite aprovechar el máximo potencial del software y hardware del dispositivo, en el caso de Android, este lenguaje es Java. Se diseñan para ser usadas en un sistema operativo móvil en particular, y su principal beneficio radica en el alto rendimiento y excelente experiencia de usuario (Ux).

Aplicación Web. Son programas que tiene un comportamiento similar al de las aplicaciones móviles nativas, sin embargo, son mucho menos robustos que estos. Usa lenguajes web como HTML5 y CSS, para desarrollar tareas más sencillas, como la conversión de un sitio web a la pantalla de un teléfono celular. Una de las principales desventajas de los softwares tipo aplicación WEB es que se debe tener una conexión constante con internet para poder acceder a las bases de datos personales de los usuarios ya que esta información se almacena directamente en servidores en línea.

Aplicaciones Híbridas. El desarrollo de las aplicaciones híbridas se realiza por medio de lenguajes de programación web como JavaScript, CSS y HTML 5, donde se puede adaptar la vista a cualquier dispositivo móvil, es decir, es una aplicación construida para ser utilizada en diferentes sistemas operativos móviles. Tiene como beneficio que son fáciles y rápidas de desarrollar, lo cual representa un claro beneficio en el momento de realizar actualizaciones o soporte, al estar programada bajo una única base de código para todas las plataformas, lo que representa una reducción en el costo de mantenimiento y agiliza el proceso de programación (Herazo, n.d.).

4.2.2 Sistema Operativo Android

Es un sistema operativo para dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas basado en el núcleo Linux. Es desarrollado por la *Open Handset Alliance*, la cual es liderada por Google. Android es de código abierto, y además puede ser libremente ampliado para incorporar nuevas tecnologías de vanguardia que van surgiendo (Herazo, n.d.).

4.2.2.1. Lenguajes de Programación para Android

Existen muchos lenguajes de programación para aplicaciones de Android según las necesidades y experiencia del desarrollador, sin embargo, a continuación, se describirán los principales.

Java. Es el lenguaje nativo de Android, y está muy extendido en muchos dispositivos y en la web, cuenta con una gran comunidad alrededor del mundo, por lo que es fácil aprender a usarlo con tanta información disponible, también debido a que no sólo sirve para desarrollar aplicaciones, sino también para programas de escritorio y videojuegos.

JavaScript. Diferente a Java, JavaScript es un lenguaje web que con plataformas de desarrollo como *Titanium* o *Ionic*, compila de forma nativa, es decir que, como los lenguajes web son más sencillos que los nativos, se escribe el código en JavaScript y la plataforma de desarrollo lo traduce al lenguaje nativo para ejecutarse en el dispositivo.

HTML5 + CSS. Es un lenguaje 100 % web, pues fue creado para internet con base en la etiquetación, y al igual que JavaScript, funciona con plataformas de desarrollo. Es un lenguaje incluso más sencillo que el JavaScript y también sirve para el diseño de páginas web.

Kotlin. Es el lenguaje más nuevo desarrollado por Google. Está inspirado en Java, C++ y sus predecesores, por lo que tiene sus ventajas, pero con menos formalidades y reglas que lo hacen más sencillo, logrando hacer más cosas con menos líneas de código. La desventaja de su novedad es que no está estandarizado y su soporte es poco todavía.

Base de Datos. Es un tipo de herramienta para almacenar y administrar datos. Una aplicación móvil realiza la gestión de los datos por medio de base de datos alojadas en la nube, las cuales permiten el acceso a la información del usuario de forma remota, que implica directamente que para su uso la aplicación móvil necesita una conexión a internet constante (Tecnologías información, n.d.).

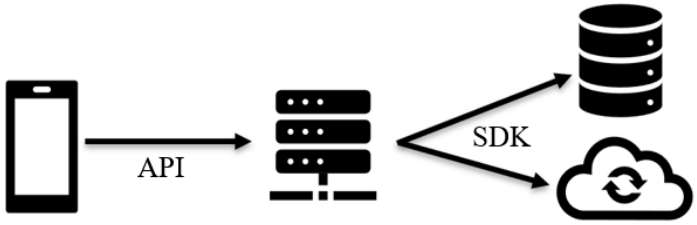
Firebase. Es una herramienta para la creación y sincronización de proyectos que hace parte de la suite de Google, se ubica en la nube y se integra con *Google Cloud Plataform*. Como plataforma, cuenta con varias herramientas dentro de las que se destaca las bases de datos en tiempo real. Estas se alojan en la nube, son NoSQL ya que almacenan los datos como JSON. Permiten alojar y disponer de los datos e información de la aplicación mediante el almacenamiento de los objetos en forma de árbol, manteniéndolos actualizados, aunque el usuario no realice ninguna acción.

Firebase envía automáticamente eventos a las aplicaciones cuando los datos cambian, almacenando los datos nuevos en el disco. Aunque no hubiera conexión por parte de un

usuario, sus datos estarían disponibles para el resto y los cambios realizados se sincronizarían una vez restablecida la conexión. Firebase es un servidor remoto que permite crear una base de datos sin necesidad de crear un backend, en este caso esta base de datos está ubicada en el servidor de Google lo que permite almacenar en un único sitio los datos y así poder acceder a ellos desde diferentes plataformas, comprendiendo así un único origen de datos y diferentes clientes.

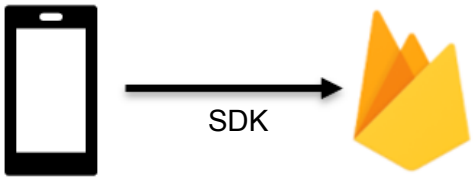
Según Firebase (n.d.) utilizar una base de datos tradicional exige conocimiento en *backend* y de modelado de bases de datos haciendo el proceso de desarrollo mucho más largo y complejo, mientras que con herramientas como *Firebase* se puede utilizar una base de datos remota sin tener estos conocimientos, ya que Google realiza todo el procedimiento de la API (interfaz de programación) y permite generar una conexión directa con el SDK (kit de desarrollo de software).

Figura 4
Conexión tradicional entre Base de Datos e interfaz



Nota. 2021, Fuente propia.

Figura 5
Conexión remota directa entre Firebase e interfaz



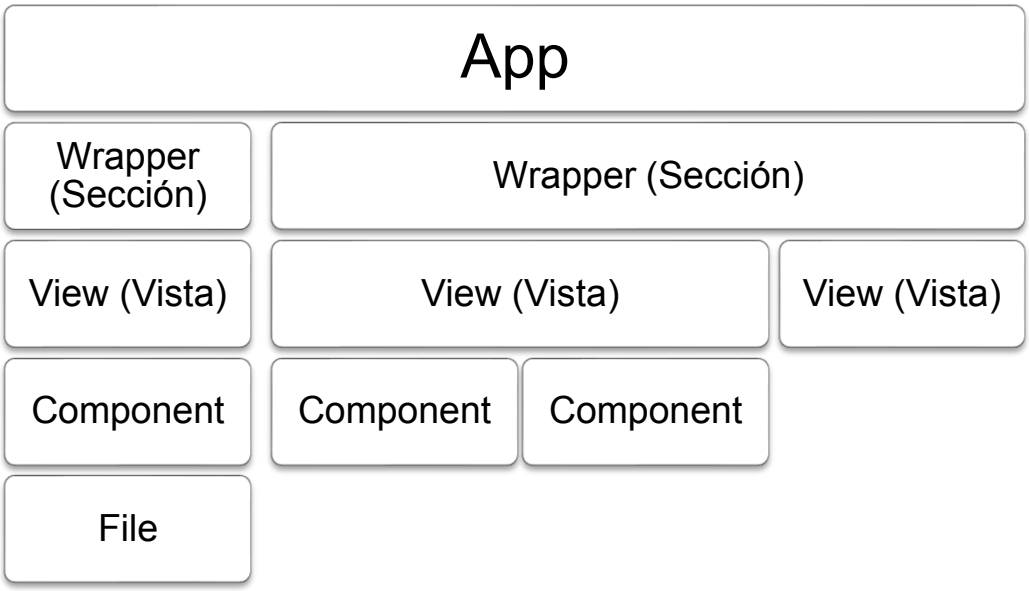
Nota. 2021, Fuente propia.

4.2.3. Plataforma de Creación de Software Codoozer.

Es una herramienta online tipo *No Code* que sirve para crear diferentes tipos de aplicaciones de software sin necesidad de disponer de conocimientos de programación avanzados. Permite crear aplicaciones nativas y plataformas web para varios sistemas operativos. Codoozer genera el código fuente, además de compilar el proyecto y entregar la App final ejecutable.

La estructuración de un proyecto con Codoozer, según Roda (n.d.) se compone de los archivos JSON, carpetas y recursos. Los archivos JSON o *JavaScript Object Notation*, son una cadena de texto, codificada en estándar *Javascript*, que se comportan como un vector de datos (Array), en Codoozer se utilizan para definir todos los aspectos de la aplicación: maquetación de las pantallas, comportamiento, opciones, etc. Un proyecto contiene distintos archivos JSON, utilizados para distintos propósitos (pantallas, menús, diálogos, etc.). Las carpetas se utilizan para organizar los distintos archivos JSON, así como otros componentes, y los recursos, son el contenido de la App como por ejemplo imágenes, audios, videos, archivos, entre otros. Particularmente, para el desarrollo de las aplicaciones se tiene una estructura basada en los componentes descritos anteriormente, de tal manera que se parte de los recursos como imágenes y archivos para conformar componentes y a su vez definir en conjunto o contenedor de vistas (*Wrapper*). Una o varias vistas conforman las secciones o Wrapper y estas unidas, forman la App. A cada uno de estos componentes se le asignan funciones o referencias estableciendo así la interfaz y parte lógica de la aplicación.

Figura 6
Estructura de aplicación con Codoozer



Nota. 2021, Fuente propia.

Las funciones son las acciones que se quiere que la App realice como repuesta a un evento, por ejemplo: se inicia la app, el usuario toca algo en la pantalla, se carga una pantalla nueva, se ha cargado la pantalla actual, etcétera. Se denotan de la forma Par Clave – Valor, es decir que debe tener obligatoriamente el parámetro *Function*, que define el tipo de acción que se requiere realizar. En la Tabla 1 se presentan algunas de los diferentes tipos de funciones disponibles en Codoozer:

Tabla 1
Funciones de Codoozer

Tipo	Descripción
Abort	Detiene la ejecución de la cadena de funciones en la que está incluida.
Add	Añade contenido a un elemento. Por ejemplo, un registro a una base de datos.
Back	Vuelve a la vista anterior en el historial de navegación.
Browser	Abre el navegador web externo y carga una URL.
Delete	Elimina contenido de un elemento. Por ejemplo, elimina un registro de una base de datos.
Divide	Realiza una operación de división.
Finish	Elimina la pantalla actual del historial de navegación.
Goto	Navega a otra vista de la app.
Increase	Realiza una operación de suma.
Interstitial	Muestra un anuncio a pantalla completa.
Login	Autentica a un usuario en el sistema de usuarios utilizado.
Logout	Cierra la sesión del usuario actual.
Multiply	Realiza una operación de multiplicación.
Open	Abre una base de datos.
Play	Reproduce un archivo de audio.
Popup	Muestra una ventana emergente.
Purchase	Inicia el flujo para realizar una compra in-app.
Reduce	Realiza una operación de resta.
Refresh	Vuelve a cargar la pantalla actual.
Reward	Lanza un anuncio de vídeo recompensado.
Round	Redondea un número.

Signup	Crea una cuenta de usuario en el sistema de usuarios utilizado.
Stop	Detiene la reproducción de un archivo de audio.
Set	Establece un valor para una referencia.
Track	Registra un evento en la herramienta de analytics.

Nota. Síntesis de las funciones presentes en la plataforma Codoozer. 2021, Fuente propia.

En cuanto a las referencias, se definen como direcciones virtuales donde se pueden almacenar datos y poder obtenerlos en el futuro para hacer uso de ellos. Las referencias pueden referirse a espacios de almacenamiento dentro de la propia aplicación (cookies, properties, bases de datos locales, componentes de la pantalla) o remotos (Firebase, etc.). Las referencias tienen mucha importancia a la hora de crear apps con *Codoozer*, pudiéndose utilizar como parámetros en las funciones o como origen de contenido en los elementos gráficos del interfaz (Roda, n.d.-b). Las referencias se pueden utilizar tanto para almacenar un dato en algún sitio como para recuperar un dato y utilizarlo. Algunas de las referencias que se usan más comúnmente en el desarrollo de aplicaciones con *Codoozer* se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2
Referencias de Codoozer

Tipo	**Descripción**
App	Permite acceder a cierta información de la app o el dispositivo.
Assets	Permite acceder a los recursos guardados en la carpeta 'res/assets'.
Cookie	Las cookies permiten almacenar datos de forma permanente, de modo que estarán disponibles la próxima vez que se abra la app.
Database	Las referencias a las bases de datos permiten leer y escribir en bases de datos.
Disk	Se usa cuando se quiere guardar información en un archivo ubicado en la memoria externa, accesible desde fuera de la app.
Element	Las referencias a los componentes permiten obtener y establecer las propiedades de éstos.
Firebase	Permite acceder a los componentes de Firebase.
Property	Las properties permiten almacenar datos de forma volátil, que se borrarán al salir de la app
Wrapper	Permite obtener y establecer propiedades del wrapper.

Nota. 2021, Fuente propia.

4.2.4. Análisis y Control de Costos

Tomando como referencia el texto de Gray & Larson (2009), se tienen las siguientes definiciones:

Actividad. Tarea del proyecto que consume tiempo y recursos como materiales o mano de obra.

Duración de la actividad. Cálculo de tiempo (horas, días, semanas, meses) necesario para terminar una tarea del proyecto.

Línea Base. Un documento y un compromiso concreto; representa el primer plan real con asignación de costos, programación y recursos. Para medir el desempeño del proyecto se compara los resultados del costo y la programación planificada con referencia a los costos y programación reales (Project Management Institute, 2017).

Administración del Proyecto. La aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto a fin de satisfacer los requerimientos del proyecto.

Gestión de Costos del Proyecto. La gestión de costos del proyecto involucra estimar, presupuestar y controlar todos los costos necesarios para que el proyecto se complete dentro de los rangos acordados (Peña, 2012).

Control de Costos. Esta actividad realiza el seguimiento al estado del proyecto, validando los posibles ajustes que den a la línea base de costo establecida en la etapa de planeación, acorde con el desarrollo del proyecto.

Programación del Proyecto. Corresponde con un modelo cronológico que permite organizar la ejecución del proyecto por medio de la estimación de las fechas de comienzo y cierre para una actividad específica, de hitos, paquetes de trabajo y de todo el proyecto en general.

4.2.5. Metodología del Valor Ganado

La metodología del Valor Ganado es una herramienta que facilita la planificación, el control de los costos y de cronograma estimado para la ejecución del proyecto.

Dentro de los factores en los que se basa la metodología para el análisis y control de costos se tiene:

- Valor planificado (PV):

Esta variable permite visualizar el avance programado para el proyecto en un momento determinado, con base a la EDT, cronograma y presupuesto. Permite identificar de forma gráfica y numérica las actividades que deben ejecutarse, lo cual conforma la línea base de referencia contra la que se mide el progreso real.

El valor planificado se interpreta bajo la metodología del valor ganado, como el costo presupuestado equivalente con el avance programado y su representación corresponde

con los valores de los recursos acumulados del presupuesto durante la duración del proyecto (Peña, 2012).

- Valor ganado (EV):

El valor ganado es equivale al valor de los trabajos ejecutados en un momento dado del tiempo. También se dice que es el costo presupuestado del trabajo realizado, proporcional a la cantidad de trabajo que realmente se ha ejecutado en un periodo determinado, expresado con los costos presupuestado para ese trabajo. Para la obtención de este, se debe monitorear el trabajo ejecutado en función del método de medición adoptado.

- Costo real (AC):

Esta variable indica el costo real incurrido en la realización de trabajo ejecutado independientemente de que el mismo no corresponda con lo planificado inicialmente. Se relaciona con los recursos reales que han sido usados, tales como mano de obra, materiales e insumos y gastos administrativos, para el desarrollo de cada actividad. Este costo se determina con base a los gastos tenidos en un periodo de tiempo según los procedimientos de seguimiento y control de obra.

- Presupuesto hasta la conclusión:

Corresponde con la sumatoria total del costo previsto para la ejecución de todas las actividades presupuestadas a realizar para cumplir con el alcance del proyecto. Se denomina de manera general como línea base de costo del proyecto.

El método permite obtener resultados de indicadores, variaciones y tendencias que sirve para prever el comportamiento global del proyecto en un tiempo futuro. Se puede considerar que el Valor Ganado es un método que analiza los resultados obtenidos en el proyecto y con base en ello permite evaluar el estado actual al mismo tiempo que anticipa algunos resultados por medio de pronósticos. Se basa en una relación entre el trabajo planificado, el costo real del proyecto y el trabajo realmente realizado con respecto a lo planificado (valor ganado).

Entre las técnicas para realizar la medición del trabajo ejecutado en un periodo, existen los siguientes:

Formula Fija. Es una técnica que consiste en asignar un porcentaje de ejecución a cada una de las actividades del proyecto y validar la terminación de esta una vez se cumpla con el desarrollo de la tarea en el porcentaje establecido. La relación porcentual de ejecución más usada en este tipo de metodología es la de 50/50, en donde el 50% de la tarea es contemplada como terminada para el periodo de medición en que inicia el trabajo, independientemente de la cantidad de trabajo que se ha realizado efectivamente; luego se le asigna el otro 50% de ejecución una vez se haya culminado los trabajos. Dependiendo del tipo de tarea es posible utilizar otras proporciones de ejecución como lo son 25/75 o 0/100. Normalmente se utiliza esta medición en tareas de corta duración.

Ponderación por Hitos. Consiste en dividir los paquetes de trabajo en segmentos, marcando con un hito particular observable su finalización, a cada hito se le asigna un valor

de presupuesto, en donde la culminación de la actividad se alcanza cuando el hito es completado. Esta metodología es adecuada para actividades de larga duración a las que se le puedan observar resultados medibles a medida que se desarrolla.

División de Esfuerzos. En varias actividades que tengan relación directa entre sí, el valor de una se puede determinar con base en el valor de la otra actividad ya ejecutada, de la que depende. Esta técnica aplica normalmente a actividades de calidad o de revisión.

Nivel de Esfuerzo. Se implementa esta metodología de medición en actividades que no generan resultado medibles o cuantificables. Si bien estas actividades no tienen un producto tangible, sí consumen recursos que deben considerarse dentro de la planificación y el presupuesto. Para su medición se le asigna un peso dependiendo de la complejidad y requerimiento de recursos de la actividad y este se define como el valor del trabajo ejecutado para la tarea en el periodo de análisis.

Porcentaje Completado. Es una de las técnicas más utilizadas en el sector de la construcción para el seguimiento de avance de proyecto, en la cual se miden los resultados del trabajo realizado en un momento determinado y se compara cuantitativamente con el valor inicialmente previsto; esta relación indica un porcentaje de avance que corresponde con una porción del valor total previsto para la actividad.

Una vez se ha recopilado toda la información necesaria para implementar el Método del Valor Ganado, se procede con el cálculo de los indicadores y el análisis de los pronósticos para el proyecto. Existen tres indicadores de variación en el Método del Valor Ganado que permiten establecer la desviación del proyecto con respecto a la planificación inicial, tanto en costo como en duración:

Variación del Costo (CV). Relaciona el valor ganado con respecto al costo real, indicando si el proyecto presenta sobrecostos o ahorros en el periodo de tiempo en que se esté realizando el análisis, reflejando la variación del costo del proyecto. Está dado por la siguiente fórmula:

$$CV = EV - AC \quad (1)$$

Si CV>0 → El proyecto está por debajo del costo planificado
Si CV=0 → El proyecto está en el costo planificado
Si CV<0 → El proyecto está por encima del costo planificado
Donde:
CV corresponde a la variación del costo;
EV es el valor ganado y,
AC es el costo real.

Variación del Cronograma (SV). Representa la variación en las duraciones del proyecto al comparar valor ganado con relación al presupuesto estimado. Establece si la ejecución del proyecto está de acuerdo con lo planificado o presenta atrasos en un momento dado. Asimismo, se conoce como la desviación entre el valor del trabajo completado hasta un punto en el desarrollo del proyecto, normalmente la fecha de corte y el trabajo que planificado a la misma fecha de control. Está dado por la siguiente fórmula:

$$SV = EV - PV \quad (2)$$

Si SV>0 → El proyecto se desarrolla antes de lo previsto
Si SV=0 → El proyecto está a tiempo
Si SV<0 → El proyecto está retrasado
Donde:
SV corresponde a la variación del cronograma;
EV es el valor ganado y,
PV es el valor planificado.

Variación a la Conclusión (VAC). Corresponde con la proyección del monto por encima o por debajo del presupuesto, expresada como la diferencia en costos estimada al finalizar el proyecto. Está dado por la siguiente fórmula:

$$VAC = BAC - EAC \quad (3)$$

Si VAC>0 → El proyecto está por debajo del costo planificado
Si VAC=0 → El proyecto está en el costo planificado
Si VAC<0 → El proyecto está por encima del costo planificado
Donde:
VAC corresponde a la variación a la conclusión;
BAC es el presupuesto hasta la conclusión y,
EAC es la estimación del costo a la conclusión.

El Método del Valor Ganado precisa adicionalmente el cálculo de índices de desempeño, los cuales permite identificar el estado del proyecto en función de la medida de la eficiencia en cuanto a costos y cronograma:

Índice de Desempeño del Costo (CPI). Es un indicador que refleja la eficiencia del valor del trabajo completado, comparado con el costo o avance reales del proyecto. Está dado por la siguiente fórmula:

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (4)$$

Si CPI>1 → Los costos están por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado.
Si CPI=1 → El trabajo realizado representa exactamente lo mismo que el costo hasta la fecha.
Si CPI<1 → El proyecto presenta sobrecosto en el trabajo completado.
Donde:
CPI corresponde al índice de desempeño del costo;
EV es el valor ganado y,
AC es el costo real.

Índice del Desempeño del Cronograma (SPI). Es una medida que relaciona avance alcanzado en proyecto comparando con el avance previsto en la planificación.

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (5)$$

Si SPI>1 → La cantidad de trabajo realizado es mayor a lo planificado.
Si SPI=1 →El proyecto va de acuerdo con el cronograma, el trabajo realizado hasta la fecha coincide con el trabajo que se tenía planificado ejecutar hasta la fecha.
Si SPI<1 → La cantidad de trabajo realizado es menor a lo planificado.
Donde:
SPI corresponde al índice de desempeño del cronograma;
EV es el valor ganado y,
PV es el valor planificado.

Con base a los índices y variaciones de ejecución en la fecha de control, es posible realizar el cálculo de pronósticos y estimaciones a la conclusión, los cuales permiten prever condiciones y eventos futuros para el proyecto con relación a la información de desempeño obtenida hasta el periodo de análisis conforme al desempeño presentado en el proyecto.

Estimación Hasta la Conclusión (EAC). Indica el costo total que podría llegar a tener el proyecto para completar todo el trabajo, si se continua con las mismas tendencias de desempeño. Se expresa como la suma del costo real incurrido a la fecha más la estimación del costo restante hasta la conclusión.

El EAC puede determinarse de diferentes maneras dependiendo directamente de las tendencias de rendimiento que se pueden identificar en cada proyecto:

Tabla 3
Condiciones para la determinación del EAC

Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto, es decir, el costo del proyecto se mantiene.	$\boldsymbol{EAC = \frac{BAC}{CPI}}$	(6)
Si el trabajo futuro será realizado con el rendimiento previsto.	$EAC = AC + BAC - EV$	(7)
Si el plan inicial ya no fuera viable.	$EAC = AC + ETC_{Ascendente}$	(8)
Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante.	$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI * SPI}$	(9)

Nota. Adaptado de *Tabla 7.1 Resumen de los cálculos del valor ganado* [Tabla]. Por PMBOOK 6 Edición, 2021.

Donde:
EAC corresponde a la estimación del costo a la conclusión;
BAC es el presupuesto hasta la conclusión;
CPI es el índice del desempeño del costo;
AC es el costo real;
EV es el valor ganado;
VAC es el presupuesto hasta la conclusión;
ETC es la estimación hasta la conclusión y,
SPI es el índice del desempeño del cronograma.

Estimación Hasta la Conclusión (ETC). Corresponde con el costo que se prevé que se requerirá para terminar todo el trabajo restante del proyecto, suponiendo que el trabajo continuará progresando de acuerdo con lo planificado.

$$ETC = EAC - AC \quad (10)$$

Donde:
ETC corresponde a la estimación hasta la conclusión;
EAC corresponde a la estimación del costo a la conclusión y,
AC es el costo real.

Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI). Corresponde con la eficiencia en el desempeño de los costos que se debe conseguir con los recursos que quedan para lograr completar los objetivos del proyecto. Relaciona el costo estimado cumplir con el trabajo faltante y el presupuesto restante. Se puede expresar en dos términos:

Tabla 4
Condiciones de medición del TCPI

La eficiencia que se necesita mantener para cumplir con el plan	$\boldsymbol{TCPI = \frac{(BAC - EV)}{(BAC - AC)}}$	(11)
La eficiencia que se necesita mantener para completar el proyecto con la EAC actual	$TCPI = \frac{(BAC - EV)}{(EAC - AC)}$	(12)

Nota. Adaptado de *Tabla 7.1 Resumen de los cálculos del valor ganado* [Tabla]. Por PMBOOK 6 Edición, 2021.

Si TCPI>1 → Más difícil de completar
Si TCPI=1 →Lo mismo para completar
Si TCPI<1 → Más fácil de completar
Donde:
TCPI corresponde al índice de desempeño del trabajo por completar;
BAC es el presupuesto hasta la conclusión;
EV es el valor ganado;
AC es el costo real.

En la Tabla 5, se presenta de manera consolidada, cada uno de los indicadores que se obtienen con el Método del Valor Ganado y su respectiva interpretación.

Tabla 5
Interpretación de los indicadores de la Metodología del Valor Ganado

Siglas	Término	Interpretación
PV	Valor planificado	Al día de hoy, ¿Cuál es el valor estimado del trabajo que se tiene planificado hacer?
EV	Valor Ganado	Al día de hoy, ¿Cuál es el valor estimado del trabajo que realmente se ha realizado?
AC	Costo Real	Al día de hoy, ¿Cuál es el costo real en el que se ha incurrido para el trabajo realizado?
BAC	Presupuesto hasta la conclusión	¿Cuánto fue lo presupuestado para el esfuerzo total del proyecto?
CV	Variación del costo	Si la variación es negativa se está por encima del presupuesto, por el contrario, si es positiva se está por debajo del costo planificado.
SV	Variación del cronograma	Si la variación es negativa se está retrasado en el cronograma, por el contrario, si es positiva se está adelantado respecto al cronograma.
VAC	Variación a la conclusión	¿Al día de hoy, ¿qué tan por encima o por debajo del presupuesto se estima que se estará al finalizar el proyecto?
CPI	Índice de desempeño del costo	Por cada $1 que se gasta, se está obteniendo un valor de $___ en trabajo. Mayor que uno es favorable, menor que uno es desfavorable.
SPI	Índice de desempeño del cronograma	Se está progresando a un ___ % del ritmo originalmente panificado. Mayor que uno es favorable; menor que uno es desfavorable.
EAC	Estimación a la conclusión.	Al día de hoy, ¿cuánto se espera que cueste el proyecto en su totalidad?
ETC	Estimación hasta la conclusión	¿Cuánto de más costará el proyecto?
TCPI	Índice de desempeño del trabajo por completar	Para mantenerse dentro del presupuesto, ¿qué ritmo debemos tener para el trabajo restante?

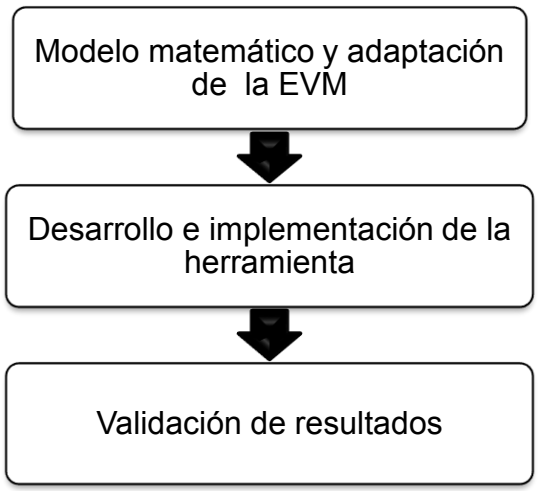
Nota. Adaptado de *Tabla 7.1 Resumen de los cálculos del valor ganado* [Tabla]. Por PMBOOK 6 Edición, 2021.

5. METODOLOGÍA

El presente proyecto de grado se desarrolla en torno a una metodología de aplicación, ya que busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o una situación ligada a un caso de un sector productivo, particularmente el de la construcción. Este estudio se basa fundamentalmente en los hallazgos y metodologías existentes sobre la gestión de proyectos, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto, debido a que el objetivo es crear un emulador de una aplicación móvil que permita realizar el análisis y el control de costos a nivel gerencial de proyectos de construcción de edificaciones.

El desarrollo de este proceso se realizará en tres grandes etapas: la primera consiste en la construcción de un modelo matemático en donde se implemente la metodología del Valor Ganado por medio de la herramienta Excel; la segunda etapa consiste en la programación de la aplicación móvil mediante la plataforma Codoozer, en donde se aplican y se ponen en funcionamiento los parámetros y variables determinadas en el modelo matemático del paso anterior. La calibración de los cálculos en el proceso de programación de la aplicación móvil se realizó con el desarrollo de un ejercicio teórico sencillo con el fin de realizar pruebas y poder comparar con resultados validos de referencia. Finalmente, y como tercera etapa, se procede con la validación de datos en la cual se realizan pruebas y verificaciones de los resultados obtenidos en la aplicación en comparación con los obtenidos a partir del modelo matemático realizado en Excel. En la Figura 7 se relacionan de manera secuencial los pasos de la metodología y posteriormente se procede con el desarrollo de cada uno de los pasos mencionados.

Figura 7
Diagrama secuencial de metodología



Nota. Metodología propuesta para la ejecución del proyecto. 2021, Fuente propia.

5.1. MODELO MATEMÁTICO Y ADAPTACIÓN DE LA EVM

Esta etapa corresponde a la estructuración del modelo matemático y adaptación de la metodología del valor ganado, retomando los hallazgos obtenidos en los estudios e investigaciones que se tienen como antecedentes del proyecto. Este paso se inicia realizando un boceto simple donde se plantea cómo debe ser el funcionamiento de la aplicación mediante tablas en Excel, implementando el desarrollo de un ejercicio teórico sencillo, extraído del libro *Rita's Course in a Book for Passing the PMP Exam* (Mulcahy, 2011), el cual es una guía preparatoria para la presentación del examen del PMP. Se selecciona este ejercicio ya que permite la validación de los resultados por medio de la realización de pruebas y comparaciones de manera ágil, con el que se establece qué información de entrada se requiere, y qué procedimientos matemáticos se deben realizar con el fin de obtener como resultado los índices de desempeño, las variaciones y los pronósticos del proyecto, adaptado a las prácticas nacionales en cuanto a flujo de caja, metodologías para la medición del trabajo realizado, entre otros.

El ejercicio práctico de calibración consiste en un proyecto de construcción de una nueva barda, la cual delimitará un cuadrado. Cada lado tardará un día en construirse y el presupuesto es de $1.000 por lado. La planificación contempla que cada lado se complete uno después del otro. Hoy es el final del día tres (Mulcahy, 2011).

Como primera medida se establece que, para el análisis y control de costos, es necesario contar con información básica del proyecto como lo es el presupuesto y la programación de actividades de obra, ya que con esta información se define la línea base de alcance del proyecto. En la Tabla 6 se presenta la tabla de datos de entrada que consolida la información mínima requerida para el desarrollo de la Metodología del Valor Ganado.

Tabla 6
Datos de entrada para el análisis y control de costos

Ítem	Actividad	Duración	Unidad	Cantidad	V. unitario	V. total
1	Lado 1	1	Uno	1	$1000	$1000
2	Lado 2	1	Uno	1	$1000	$1000
3	Lado 3	1	Uno	1	$1000	$1000
4	Lado 4	1	Uno	1	$1000	$1000

Nota. 2021, Fuente propia.

En la Tabla 7 se debe ingresar manualmente la información de ítem, actividad, duración, cantidad y valor unitario, que se extrae de la documentación del proyecto, como se mencionó anteriormente. El valor total de cada ítem se calculará automáticamente con base en la información que se ingrese. A partir de esta información, en tablas independientes, se procede a calcular el Valor Planificado, Costo Real y Valor Ganado.

Tabla 7
Análisis y control de Valor planificado

Ítem	Actividad	V. total	Periodo 1		Periodo n	
			% plan	V. plan	% plan	V. plan
1	Lado 1	$1,000	100	$1,000	0	$0
2	Lado 2	$1,000	100	$1,000	0	$0
3	Lado 3	$1,000	100	$1,000	0	$0
4	Lado 4	$1,000	0	$0	0	$0

Nota. 2021, Fuente propia.

Para el cálculo del valor planificado se debe ingresar en la columna "% Planificado" el valor correspondiente al porcentaje de ejecución planificado para la actividad en la fecha de corte que se esté realizando el control. A partir de ese porcentaje se obtiene el valor programado de cada actividad en cada periodo de análisis. Se aclara que el control está diseñado para que periodo a periodo el porcentaje que se ingrese corresponda con el valor planificado acumulado.

La Tabla 8, corresponde al Análisis y control del Valor ganado, en este caso, se debe seguir el mismo procedimiento explicado anteriormente, pero con la salvedad de que el dato a ingresar corresponde al "% Ejecutado", que se obtiene del control de avance de obra y con base a las metodologías de medición del trabajo realizado que se adopten, que para el caso del presente proyecto es el método de Porcentaje Completado.

Tabla 8
Análisis y control de Valor Ganado

Ítem	Actividad	V. total	Periodo 1		Periodo n	
			% Ejecutado	Valor	% Ejecutado	Valor
1	Lado 1	$1,000	100	$1,000	0	$0
2	Lado 2	$1,000	100	$1,000	0	$0
3	Lado 3	$1,000	50	$500	0	$0
4	Lado 4	$1,000	0	$0	0	$0

Nota. 2021, Fuente propia.

Luego se procede con el Análisis y control del Costo Real del proyecto, en este caso se debe ingresar el valor correspondiente a lo gastado en la ejecución de cada actividad,

periodo a periodo hasta la fecha de control, de ahí se obtiene el valor gastado acumulado, su respectivo porcentaje y el saldo.

Tabla 9
Análisis y control de Costo Real

Ítem	Actividad	V. total	Periodo 1	Periodo n	V. Gastado	% Gastado	Saldo	% Saldo
1	Lado 1	$1,000	$1,000	$0	$1,000	100%	0	0%
2	Lado 2	$1,000	$1,200	$0	$1,200	120%	($200)	-20%
3	Lado 3	$1,000	$600	$0	$600	60%	400	40%
4	Lado 4	$1,000	$0	$0	$0	0%	1,000	100%

Nota. 2021, Fuente propia.

Adicionalmente, en la Tabla 10 se consolidan los resultados de manera automática, mediante la determinación de las variaciones, índices y pronósticos establecidos por la de la metodología del valor Ganado, los cuales se organizan de manera concisa, relacionando el valor obtenido y su respectiva interpretación en cuanto al estado y desempeño del proyecto.

Tabla 10
Determinación de variaciones, índices y pronósticos

Nombre	Abre.	Valor	Interpretación
Valor planificado	PV	$3,000	A corte del periodo de análisis se debió completar una ejecución de $3000
Valor ganado	EV	$2,500	A corte del periodo de análisis se ha completado en realidad una ejecución de $2500

Costo real	AC	$2,800	A corte del periodo de análisis se ha gastado $2800
Presupuesto hasta la conclusión	BAC	$4,000	
Variación del costo	CV	-$300	Por encima del costo planificado
Variación del cronograma	SV	-$500	Retrasado
Variación a la conclusión	VAC	-816	Por encima del costo planificado
Índice de desempeño de costo	CPI	0.89	Se está por encima del costo planificado. Por cada $1 que se gastó, se está obteniendo $89.29 de valor en el trabajo realizado
Índice de desempeño del cronograma	PI	83%	Retraso con respecto al cronograma. Se está progresando a un 83 % del ritmo inicialmente planificado
Estimación del costo total a la conclusión	EAC	$4,816	Se estima que el costo total del proyecto a la conclusión estará por encima de lo planeado
Estimación restante a la conclusión	ETC	$2,016	A corte del periodo de análisis se estima que para terminar el Proyecto se requieren $2016
Índice de desempeño del trabajo por completar	TCPI	1.25	Más difícil de completar

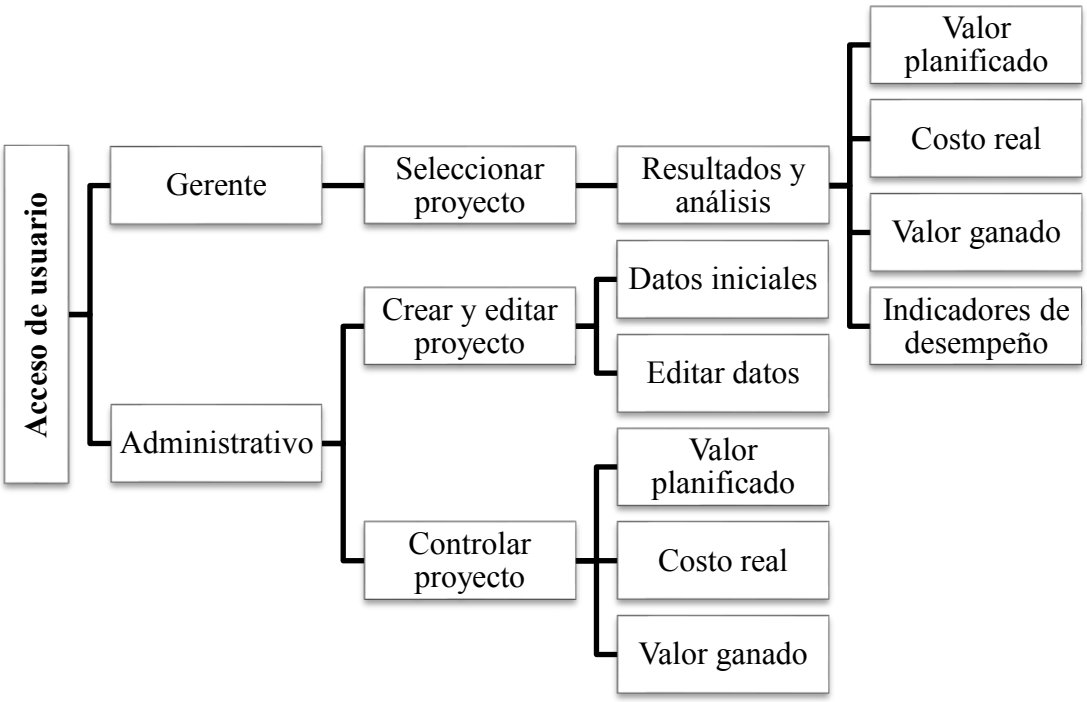
Nota. 2021, Fuente propia.

5.2. DESARROLLO DEL EMULADOR DE APLICACIÓN

5.2.1. Diagrama de Flujo

Con el fin de secuenciar los procesos que debe llevar a cabo el emulador para realizar el análisis y control de costos de proyectos de construcción bajo la metodología del Valor Ganado, se realiza el diagrama de flujo que se presenta en la Figura 8, con el que se permite identificar visualmente la lógica y el algoritmo de desarrollo.

Figura 8
Diagrama de flujo funcionamiento del emulador



Nota. 2021, Fuente propia.

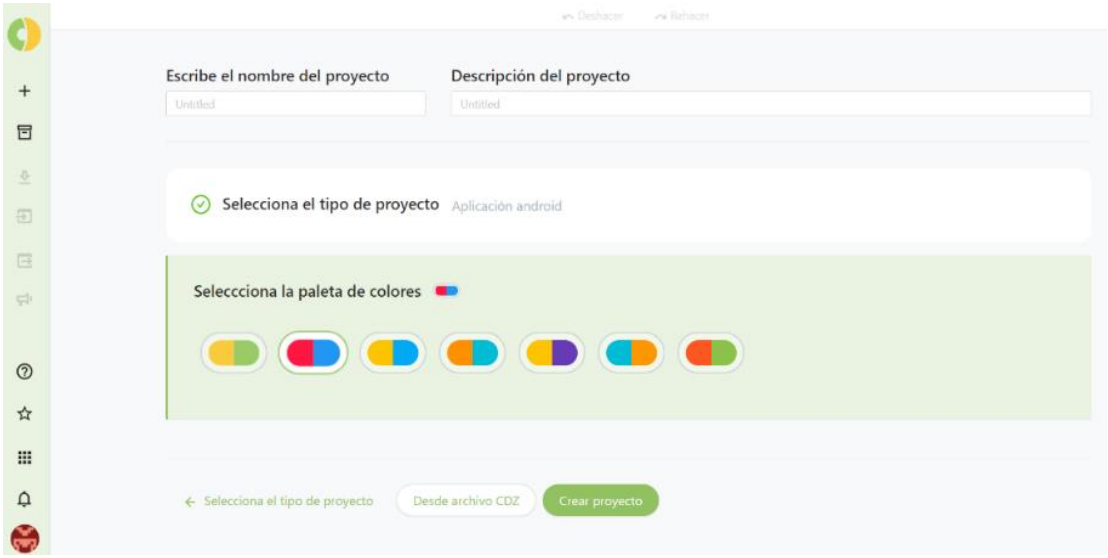
5.2.2. Desarrollo de Framework y Prototipo en Codoozer

Para la creación del emulador de aplicación AC proyectos, se decidió trabajar con la plataforma online *Codoozer*, que es una herramienta que permite generar aplicaciones nativas y plataformas web para varios sistemas operativos. Como se mencionó anteriormente, la forma de crear aplicaciones con *Codoozer* se basa en la edición de

archivos JSON, por medio de la asignación de parámetros de la forma Par Clave – Valor, y que cuenta con el soporte para backend de *Firebase*.

De manera general, el desarrollo del emulador se basa en la creación de vistas a las que, una vez estructuradas, se le asigna la parte lógica a cada uno de sus elementos gráficos por medio de uso de funciones y referencias a la base de datos. En la Figura 9 se presenta el código de programación de cada uno de los componentes, procesos y vistas que conforman en su conjunto el emulador.

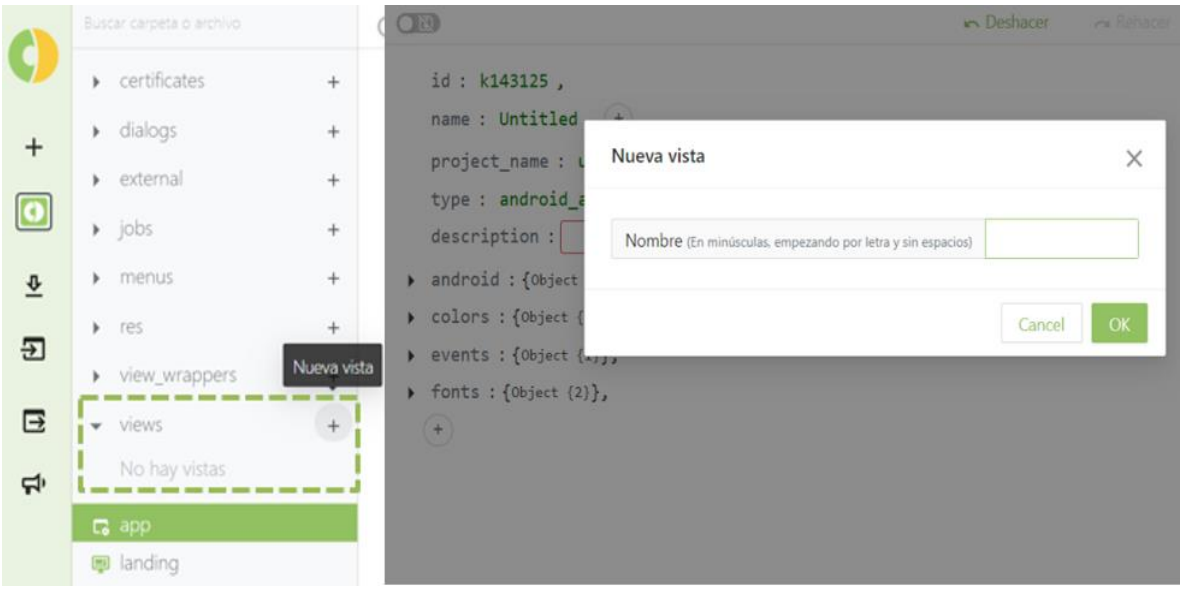
Figura 9
Creación de Proyecto en Codoozer



Nota. Adaptado de *Codoozer* [Interfaz], por DoyoTech, 2021 *(*https://codoozer.com/app*).*

Para iniciar con el desarrollo del emulador con *Codoozer* existen dos opciones: crear un proyecto nuevo desde cero, en el que por defecto se crea un contenido mínimo automático o se edita uno existente con extensión CDZ. En el caso de *AC Proyectos*, se partió de un archivo completamente nuevo, sobre el cual se realiza la estructuración de la parte grafica (*frameworks*) por medio de la creación de vistas, haciendo uso de las plantillas y funciones predeterminadas que brinda la plataforma y sobre las cuales se inicia la edición. En algunos casos en donde el diseño lo requiere, se desarrolla la vista desde cero.

Figura 10
Creación de una Vista



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

La creación de una vista se realiza siguiendo el procedimiento que se muestra en la Figura 10. Una vez creada, se inicia el diseño de cada una de las vistas, insertando componentes como imágenes, textos, listas, botones, entre otros.

Figura 11
Inserción de imágenes dentro de la vista



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Las imágenes se insertan en las vistas por medio de la selección del elemento Image, en el parámetro Type en la sección de contenido, luego la plataforma solicita la ubicación del archivo mediante el parámetro File, el cual llama la imagen deseada desde una carpeta predeterminada por la plataforma para el almacenamiento de este tipo de recursos. Los otros parámetros que se visualizan corresponden con propiedades gráficas como alineación, tamaño, color, entre otros. Las imágenes que se carguen como recursos, se deben almacenar una única vez y pueden ser llamadas las veces que se necesite desde la carpeta donde se guardan, se pueden almacenar imágenes con extensión PNG o JPG. La única imagen usada en la aplicación corresponde con el logo del emulador, y fue diseñado bajo una plataforma online de libre descarga.

Figura 12
Creación de Grupos



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Figura 13
Creación de textos



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Los grupos se utilizan para simplificar la programación de conjuntos de texto respecto a las características gráficas de la vista. Los grupos pueden contener varios textos, los cuales se crean en la sección de añadir contenido por medio del parámetro Type, en la opción Text, la descripción de cada texto se asigna mediante el comando Text. Adicionalmente es posible agregar más acciones al texto, como por ejemplo la asignación de una propiedad, en este caso de un email, esta acción se realiza por medio del parámetro Hint. En el caso de correos y contraseñas se maneja la Referencia tipo Property, la cual permite almacenar datos como variable para luego validar los datos de acceso para cada una de las sesiones de usuario, autenticando el ingreso con la información de perfiles cargada en la base de datos.

Figura 14

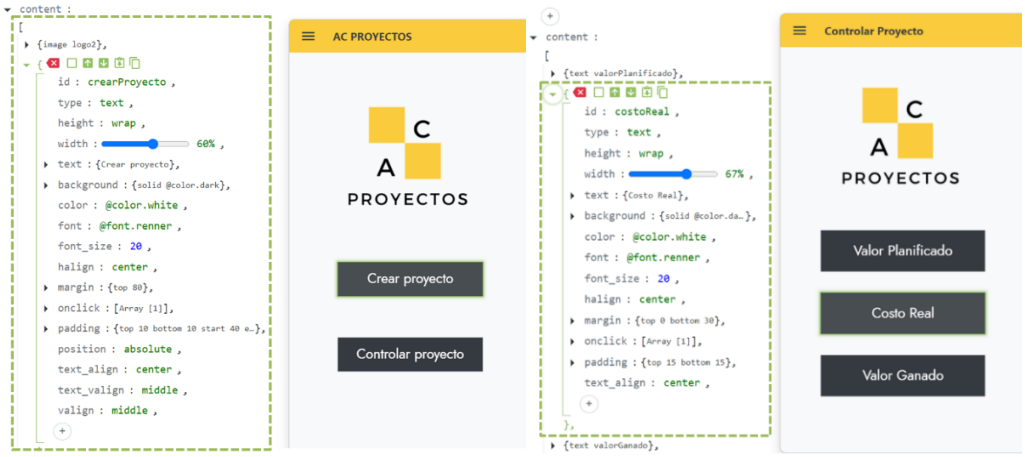
Creación de Botones de ingreso



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Figura 15

Creación de Botones de control

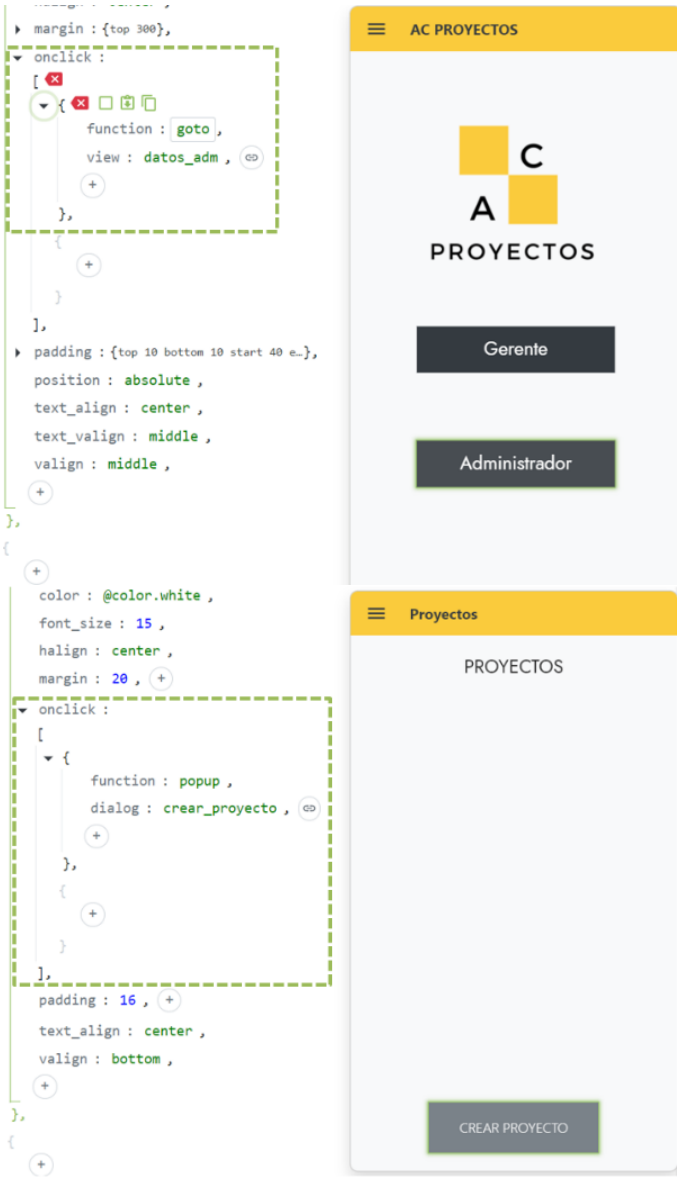


Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Los botones se crean a partir de textos a los cuales se les asigna propiedades gráficas y acciones como eventos, referencias y funciones, lo más común en botones es el evento Onclick, que define si hay que lanzar alguna función como respuesta al evento de dar click sobre el texto, se puede combinar con varias funciones como por ejemplo Go To, que dirige a otra vista del emulador o la función Popup que Muestra una ventana emergente. De esta misma manera es posible dirigir la vista a cuadros de dialogo que para el presente caso permite añadir y editar los datos ingresados.

Figura 16

Programación de funciones combinadas con evento Onclick



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

De la misma manera, se hace uso de las funciones que brinda la plataforma para realizar todas operaciones matemáticas necesarias para ejecutar el análisis y control de costos bajo la metodología del Valor Ganado. De manera general, primero se define la variable por medio de la función Field, con la función *Source* se le da propiedad a la variable dirigida a la base de datos, luego, con la función Set, es donde se establece el valor para la referencia, realizando internamente el cálculo requerido, se finaliza el proceso lógico mostrando el resultado, haciendo uso de la función Add, la cual Añade contenido a un componente definido.

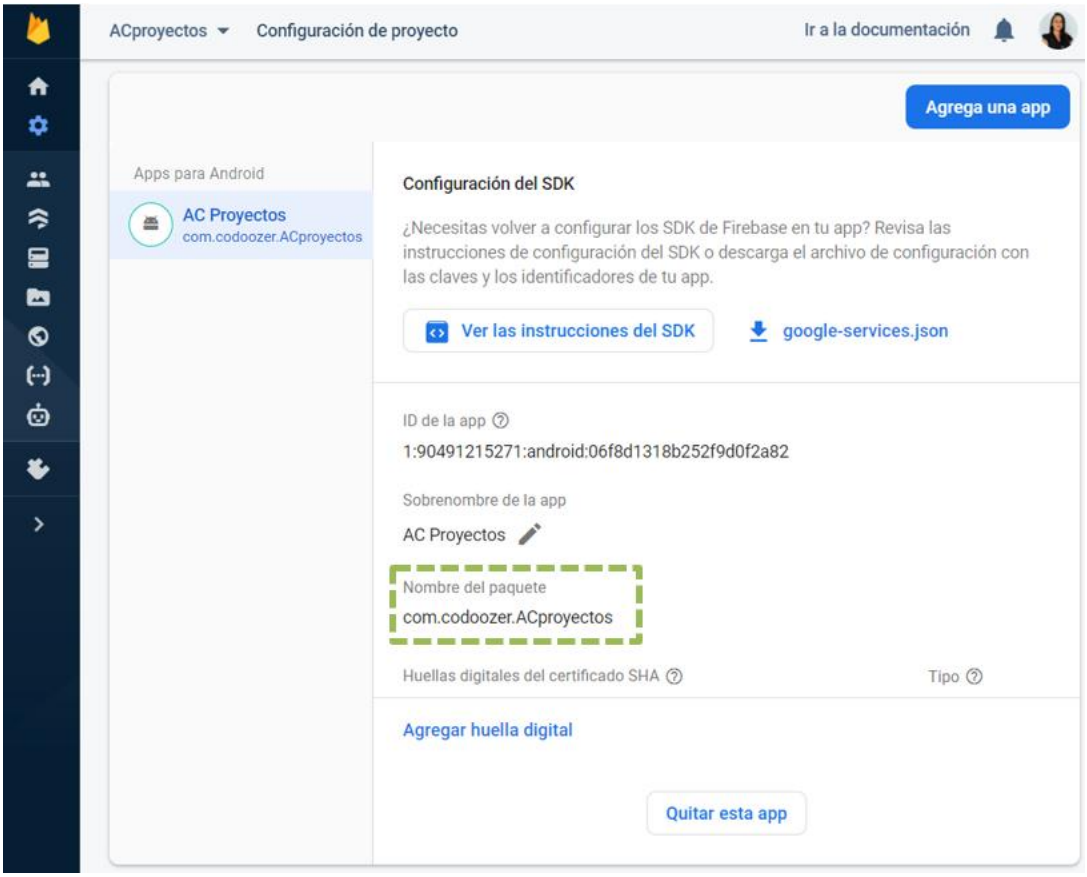
Figura 17
Operaciones matemáticas entre variables



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

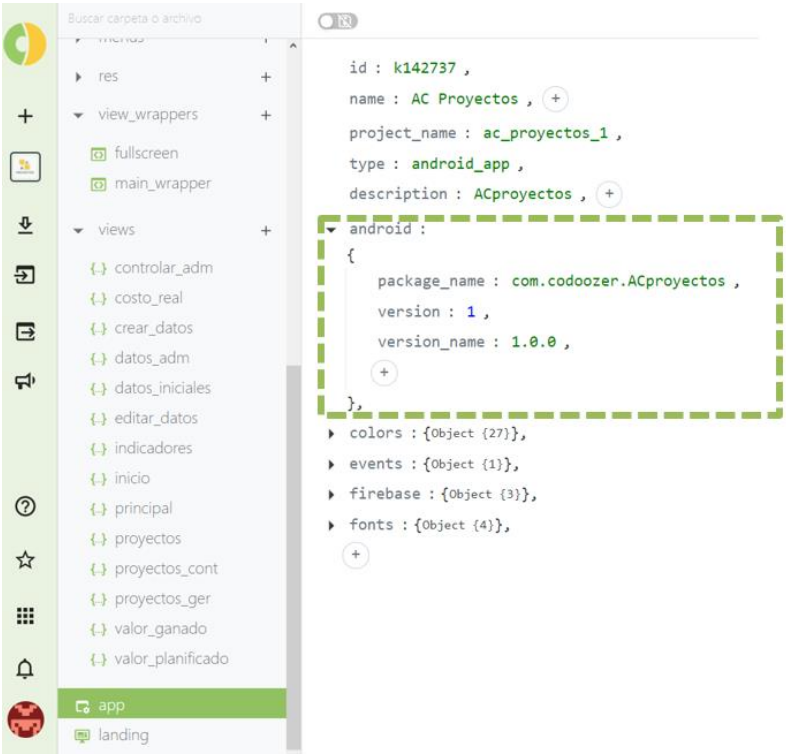
Si bien existen funciones prestablecidas para realizar las operaciones matemáticas, como los son Divide, Multiply, Increase o Reduce, estas tienen como limitación que solamente trabajan con datos temporales guardados dentro de la misma aplicación, en este caso, como se está trabajando con banckend Firebase, resulta más adecuado definir las variables como se explicó anteriormente y luego usar los operadores comunes correspondientes a la operación entre las variables referenciadas.

Figura 18
Nombre del paquete en Firebase



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Figura 19
Nombre del paquete en Codoozer



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Si bien se ha detallado el desarrollo del emulador de aplicación en su parte gráfica y funcional, para terminar, se debe mencionar cómo se vincula *Codoozer* con la base de datos. Este procedimiento inicia con la creación de la base de datos en *Firebase*, para lo cual se establece dentro de las opciones disponibles, que la base de datos será para aplicación móvil en sistema operativo Android, luego el sistema *Firebase* solicita el Package Name, el cual es generado por *Codoozer* y es el dato o ruta que vincula las dos partes. Luego se genera automáticamente un archivo JSON desde *Firebase*, el cual se descarga y se arrastra a la carpeta External de *Codoozer* y con esto, se culmina el proceso de vinculación entre el emulador de aplicación y la base de datos.

5.3. VALIDACIÓN DE RESULTADOS DEL EMULADOR Y PRUEBAS

Esta etapa de pruebas y verificaciones se realiza con el fin de comprobar el funcionamiento del emulador y la calidad de los resultados que con él se obtienen, para lo cual se desarrolla el análisis y control de costos de un caso práctico, implementando la metodología del Valor Ganado por medio del uso de tablas de Excel, posteriormente, se procede a realizar la comparación de estos resultados con los obtenidos con el emulador para el mismo proyecto.

De manera general, con el desarrollo de la metodología se logró culminar la programación de la aplicación móvil en la plataforma Codoozer con base en los parámetros establecidos en el modelo matemático de Excel. Adicionalmente, se realizaron las respectivas pruebas y comparaciones con ejercicios teóricos y se encontró que la aplicación arroja resultados satisfactorios, cumpliendo de esta manera con los objetivos propuestos para el presente proyecto.

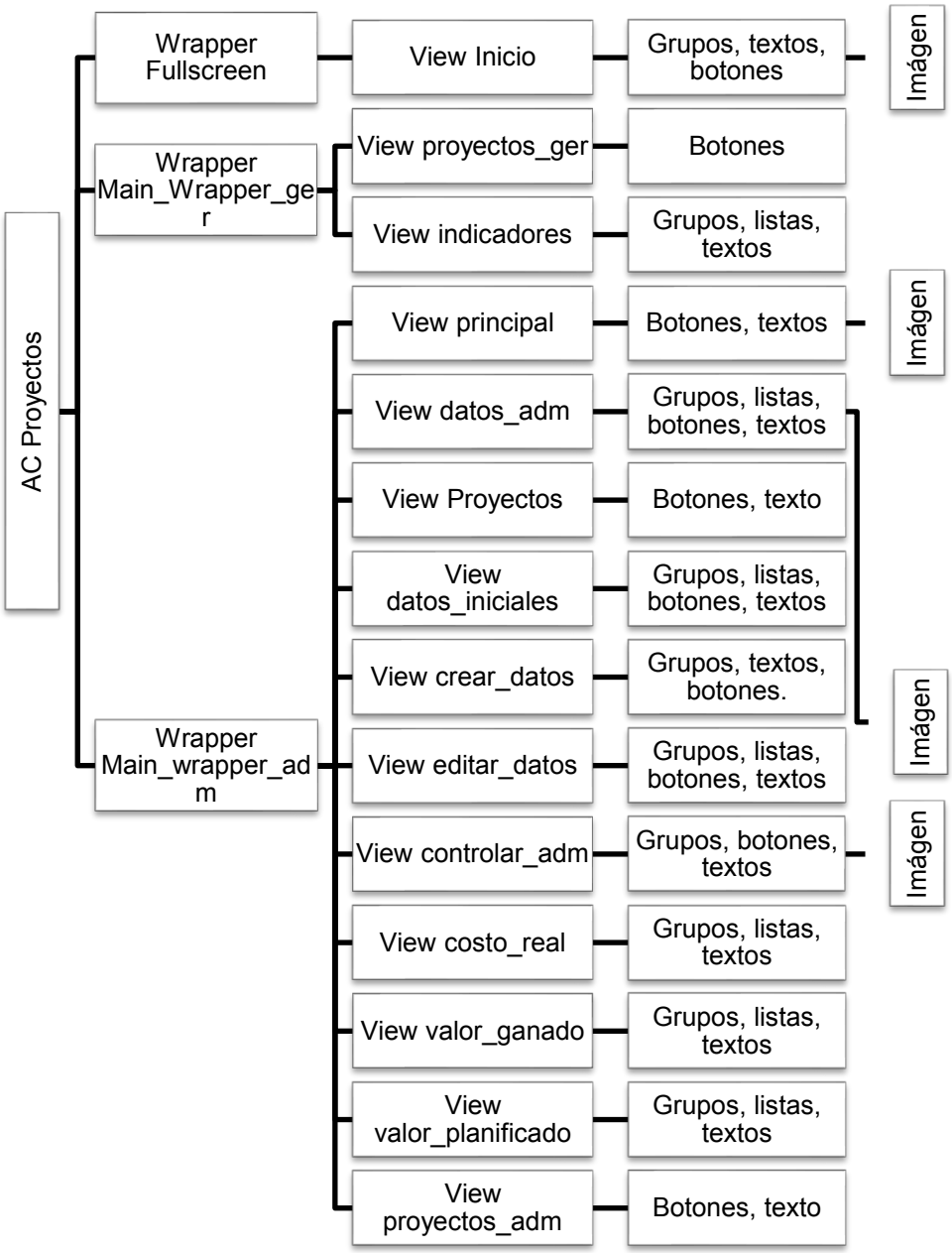
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta la estructura final de la aplicación y el algoritmo de desarrollo mediante la explicación de cada una de las vistas que componen el emulador de aplicación móvil y de las cuales se obtiene la información para realizar la implementación del método del valor Ganado del proyecto que se requiera analizar. Adicionalmente, se realiza la validación de los resultados obtenidos con el emulador de aplicación mediante el desarrollo de un ejercicio práctico, el cual, en primera medida, se resuelve en la herramienta de Excel del modelo matemático, de donde se obtienen resultados de referencia, luego, se ejecuta el análisis del mismo proyecto, pero esta vez con el uso de la App AC proyectos, para finalmente comparar los resultados obtenidos por medio de cada una de las herramientas y validar de esta manera la pertinencia de los cálculos realizados por el emulador de aplicación móvil.

De acuerdo con lo establecido en la Figura 4 sobre la estructura general de una aplicación en Codoozer, se presenta en la Figura 20 la configuración final de la aplicación producto de este proyecto de grado y que se denominará de aquí en adelante AC Proyectos.

Figura 20

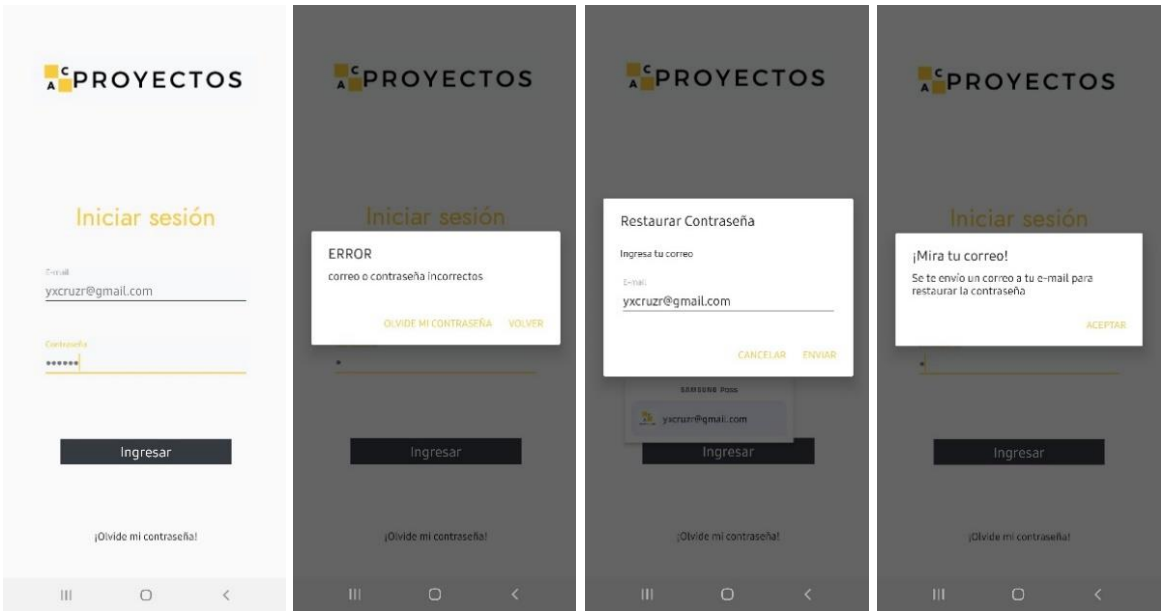
Estructura del emulador de aplicación AC Proyectos con Codoozer



Nota. Diagrama de la estructuración de la aplicación AC Proyectos. 2021, Fuente propia.

Gráficamente se compone de tres *Wrappers* o secciones, el primero es el *Wrapper Fullscreen*, en donde está contenida la vista *inicio* que corresponde con el inicio de sesión, el segundo Wrapper*: Main_wrapper_adm*, contiene las vistas en las que se realiza el control de costos y la creación de proyectos, este se compone de once vistas entre las que se encuentran las tablas de datos de entrada, de Valor planificado, Valor ganado, Costo Real, el tercer Wrapper: *Main_wrapper_ger*, contiene una vista con el listado de proyectos y la tabla de indicadores, adicional a estas tablas se cuenta con pantallas que están diseñadas para permitir la interacción del usuario entre las diferentes fases del control, cada una de las vistas se compone a su vez de textos, grupos de textos, botones e imágenes.

Figura 21
Vista de inicio

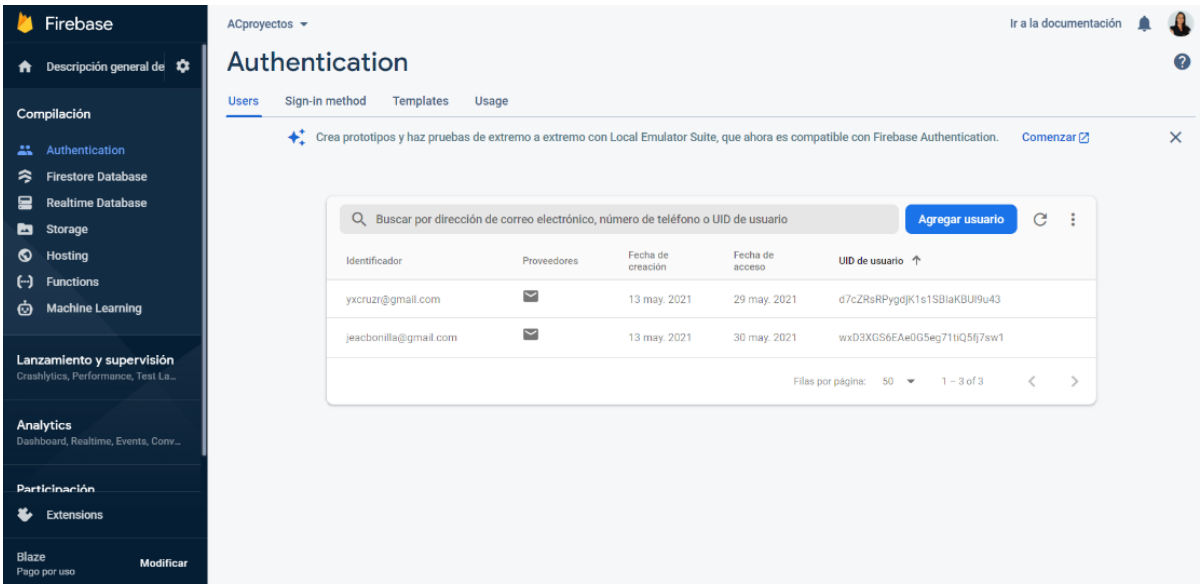


Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

6.1. VISTA DE INICIO

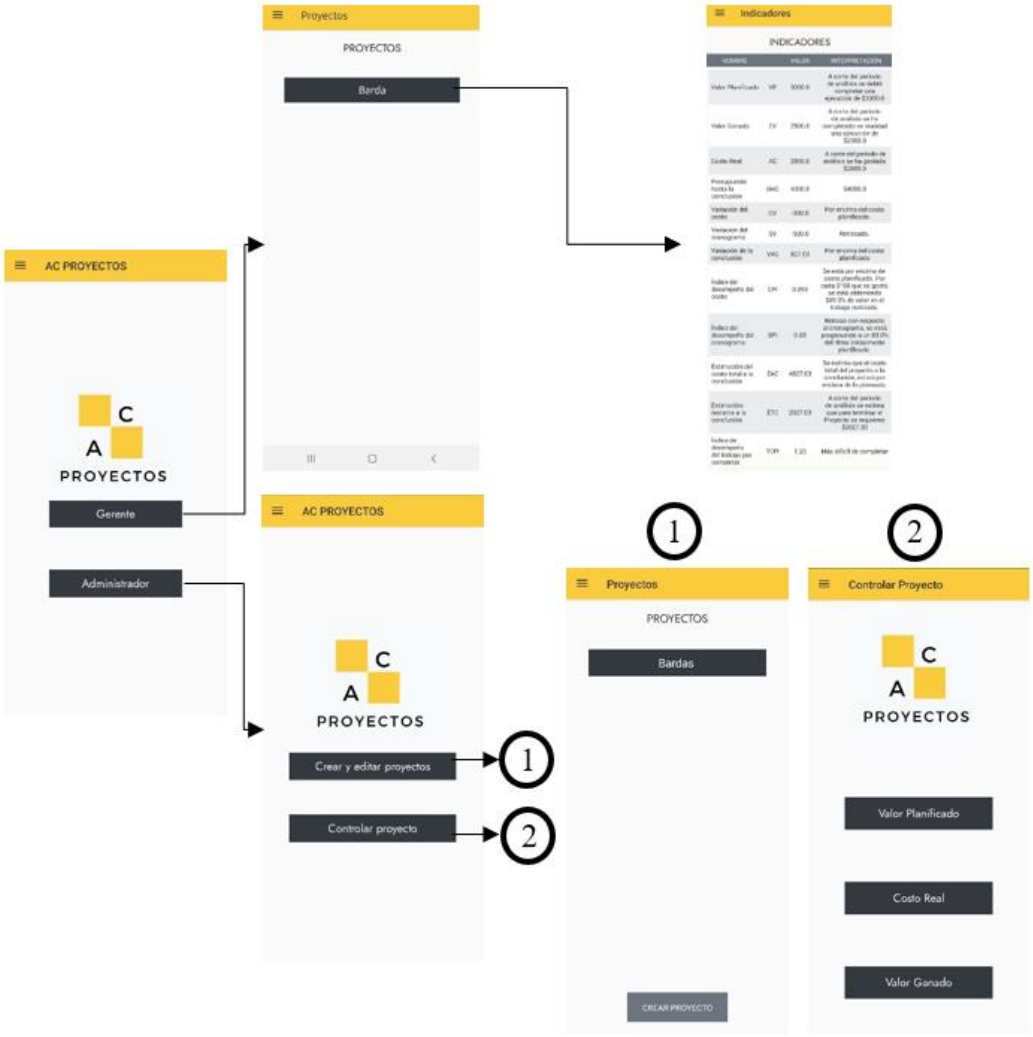
Esta vista contiene el inicio de sesión que permite por medio de la propiedad de correo electrónico, crear los diferentes perfiles y para cada uno de estos generar su propia lista de proyectos. La autenticación del correo se realiza directamente con la base de datos *Firebase,* validando con los correos registrados como usuarios (Figura 20). Adicionalmente se cuenta con tres ventanas emergentes que tienen como objetivo, primero, validar que los datos de ingresos sean correctos y correspondan con los usuarios permitidos dentro de la base de datos; segundo, en el caso en el que el usuario exista pero haya olvidado su contraseña, le permite hacer la recuperación, y por último, envía una notificación al correo electrónico del usuario con las indicaciones de recuperación de contraseña, lo cual de manera automática, actualiza los datos de ingreso para el perfil en *Firebase*.

Figura 22
Autenticación de usuarios en Firebase



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

Figura 23
Vista principal y tipo de perfil

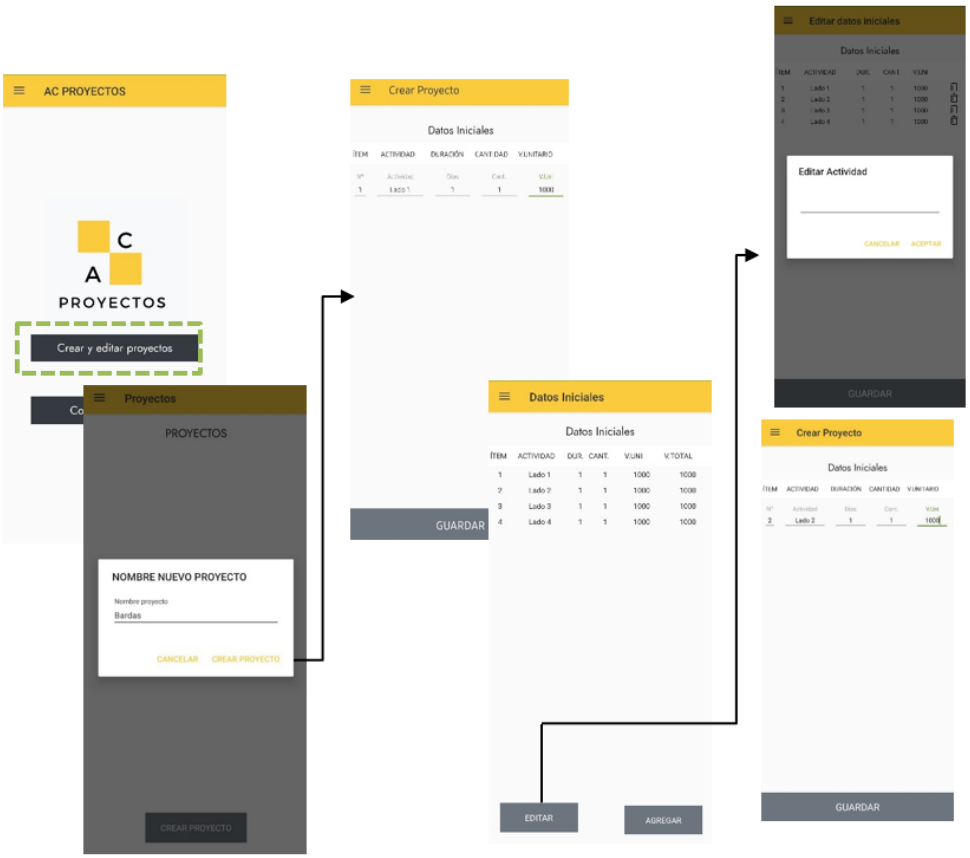


Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

6.2. VISTA PRINCIPAL y TIPO DE PERFIL

La vista principal define el tipo de perfil que ingresa para establecer las funciones que se le habilitan, es decir, si se es Gerente habilita la opción de seleccionar el proyecto desde un listado y obtener directamente los resultados de variaciones, índices y pronósticos; en cambio, si se ingresa como administrador, se habilitan las opciones de crear, editar y controlar proyectos. El primero: *crear y editar proyectos*, permite añadir un nuevo proyecto a la lista o editar uno existente en cuanto a los datos de entrada para control de costos. Por otro lado, la opción de *Controlar Proyecto* habilita la vista de *controlar_adm,* en la que se puede elegir la tabla de control a editar en cada periodo, como Valor planificado, Costo Real o Valor ganado, los cuales son la base para los cálculos que se realizan en la vista de indicadores correspondiente al Gerente. Cabe aclarar que los valores ingresados en cada una de estas tablas son obtenidos de los controles internos administrativos que tenga cada proyecto.

Figura 24
Vista crear y editar proyecto – datos iniciales



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

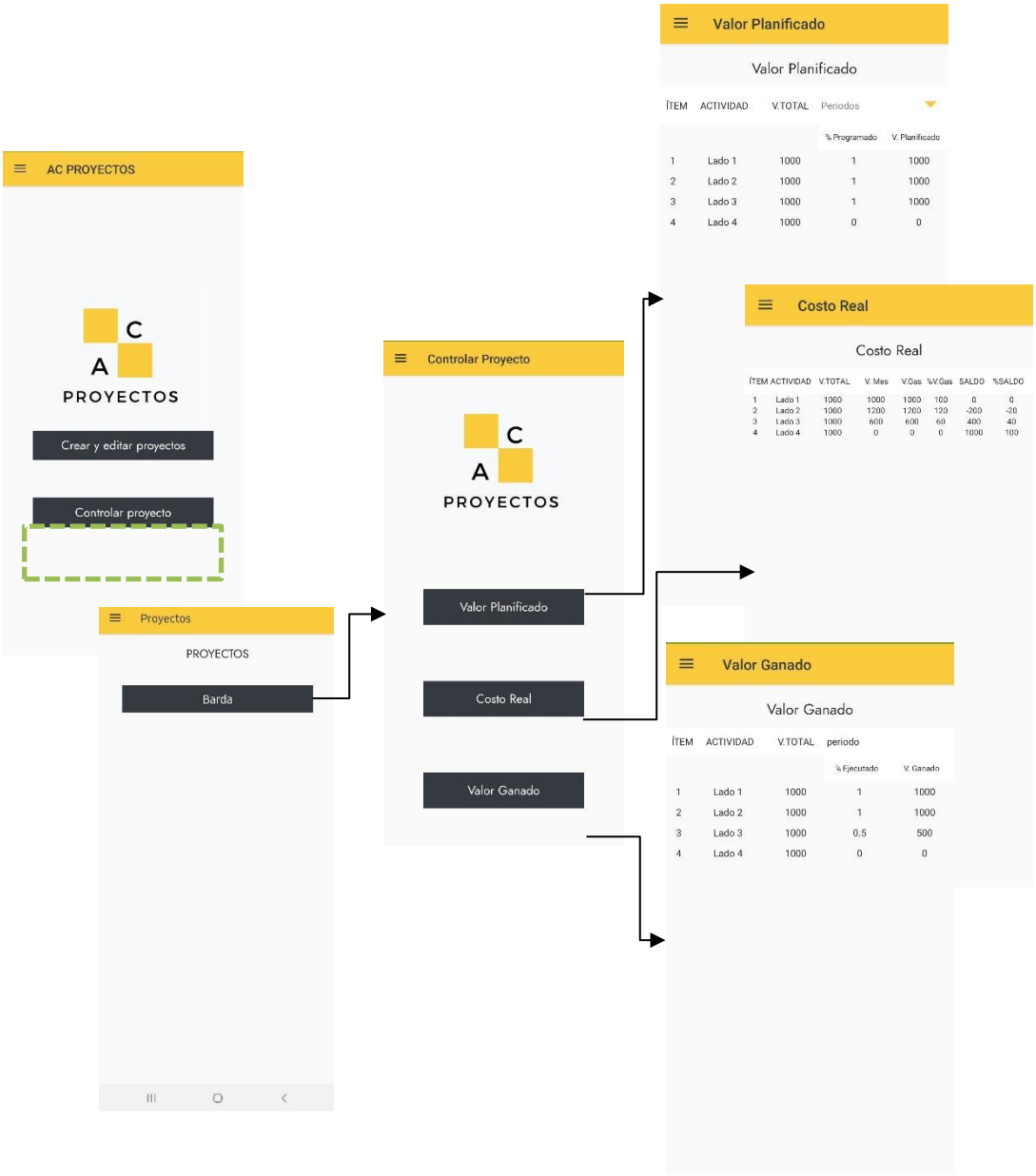
6.3. VISTA CREAR PROYECTO – DATOS INICIALES

Una vez se ingresa en el perfil de Administrador, en la opción de crear y editar, se habilita la vista de *proyectos* con el listado de los existentes y la opción de crear uno nuevo. Al crear uno nuevo, se abre un cuadro de dialogo en donde se debe ingresar el nombre del nuevo proyecto; inmediatamente después, se abre la vista *crear_datos,* que está diseñada con el fin de cargar información básica del presupuesto del proyecto necesaria para la implementación de la metodología del Valor Ganado, como lo es el ítem, el nombre de la actividad, la duración total establecida para la tarea, la cantidad presupuestada, su precio unitario, y finalmente, el resultado del cálculo automático del valor total presupuestado para la actividad. Una vez se han subido todos los datos correspondientes, se guarda la tabla y esta se carga automáticamente en la vista de *datos_iniciales.*

Dentro de la vista de *datos_iniciales* se tienen dos botones, el primero permite editar datos existentes por medio de la apertura de un cuadro de dialogo que reemplaza el dato seleccionado, o borrar una fila completa de datos. El otro botón de la pestaña *datos_iniciales,* permite agregar nuevos ítems completos, haciéndolo desde la misma vista de crear proyecto actualizando lo registrado en la vista de *datos iniciales*.

Se ratifica que, para la implementación de la metodología, se requiere que el presupuesto se haya realizado por análisis de precios unitarios, ya que el control de costos y ejecución se realizará detalladamente para cada una de las actividades que conforman el presupuesto de trabajo del proyecto. Se debe tener especial cuidado en los datos ingresados en la vista de *datos_iniciales* ya que esta información es el insumo básico para todos los cálculos posteriores que se realicen con el fin de obtener los resultados del desempeño del proyecto.

Figura 25
Vista controlar proyecto

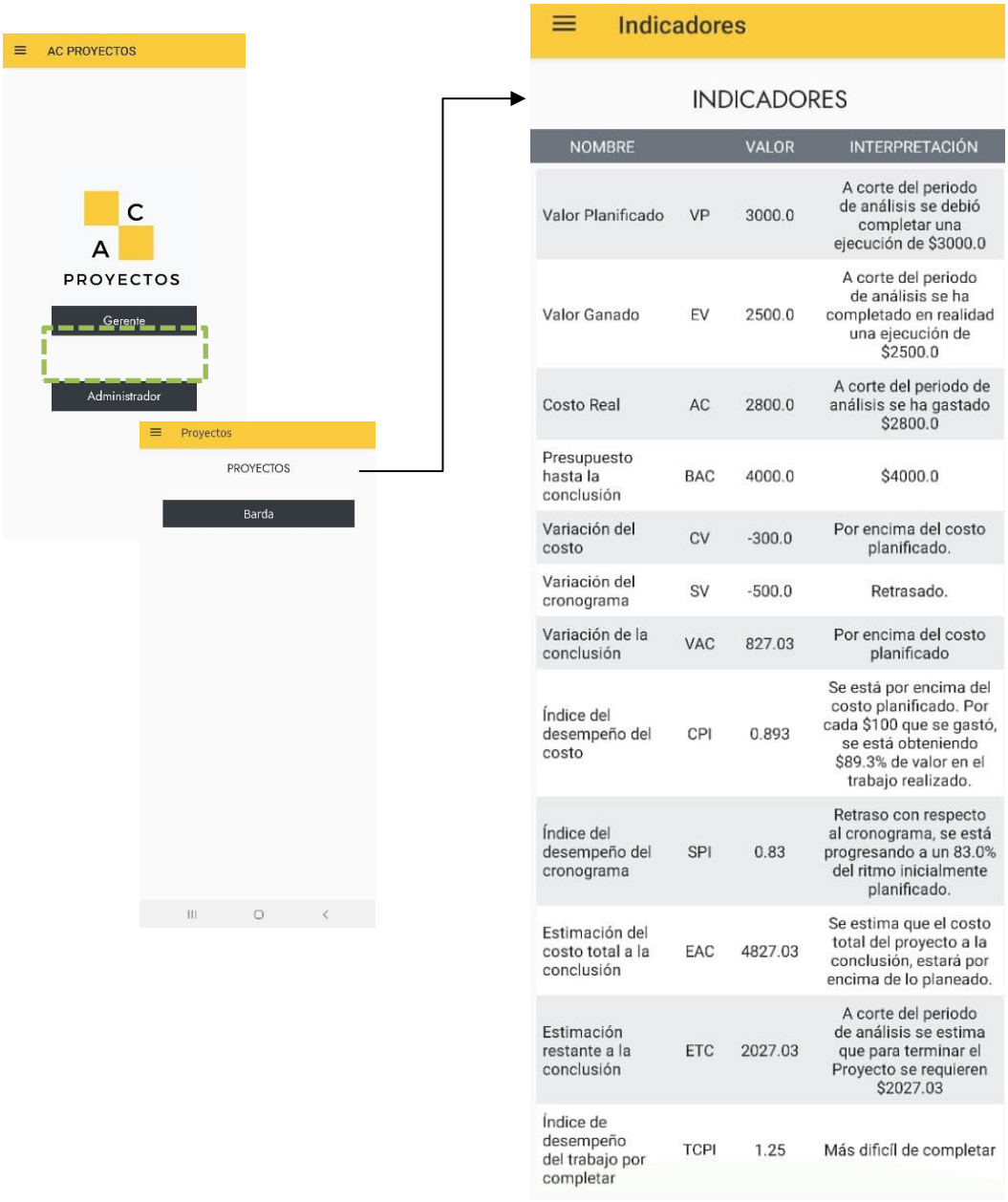


Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

6.4. VISTA CONTROLAR PROYECTO

Esta vista da ingreso a seleccionar las diferentes tablas correspondientes con el control de costos y ejecución del proyecto. La primera opción es la tabla de Valor planificado, en esta se carga automáticamente información del proyecto como ítem, nombre de las actividades y valor total, que se extrae desde los datos cargados en la vista de *datos_ iniciales*. Se debe seleccionar el periodo sobre el que se esté haciendo el control y luego proceder con el cargue de los porcentajes de avance planificado correspondiente a cada actividad. El emulador de aplicación tiene la capacidad almacenar en la base de datos los datos cargados periodo a periodo con el fin de establecer el desempeño del proyecto a lo largo del tiempo. De la misma manera funciona la tabla de Valor ganado, con la diferencia que en esta tabla se debe ingresar el porcentaje de ejecución alcanzado en cada actividad hasta la fecha de corte, de acuerdo con las metodologías de medición del trabajo realizado. Se recomienda para el análisis aplicar el método de la medición del trabajo por porcentaje completado. En cuanto al Costo Real, la información de ítem, nombre de las actividades y valor total se cargan automáticamente desde los datos cargados en la vista de *datos_ iniciales*, se debe editar solamente la columna denominada *V.mes*, que corresponde con el precio pagado por la actividad en el periodo de análisis. Posterior al cargue de esta información, se calcula automáticamente el valor gastado en la actividad, el porcentaje de valor gastado, el valor y porcentaje de saldo. En este caso, también se almacena en la base de datos toda la información de *Valor Mes,* que han sido añadidos periodo a periodo, con el fin de obtener finalmente el porcentaje total pagado por cada actividad y así medir el desempeño del costo del proyecto.

Figura 26
Vista de indicadores



Nota. Aplicación AC Proyectos desarrollada en Coodozer. 2021, Fuente propia.

6.5. VISTA DE INDICADORES

Los indicadores mostrados corresponden con los resultados de variaciones, índices y pronósticos que se obtienen al aplicar la metodología del Valor Ganado y que permiten dar una idea del desempeño del proyecto y realizar algunas estimaciones a largo plazo. Esta opción está habilitada solamente para el Gerente, quien es el que tiene la capacidad de analizar, evaluar y tomar decisiones con base en los resultados obtenidos con el emulador de aplicación para cada proyecto. Los resultados se generan con base en los datos ingresados por el administrador en cada una de las tablas de control para el Valor planificado, Valor Ganado y Costo Real, además, los cálculos de los indicadores se realizan con base en las ecuaciones definidas para la metodología y que se referencian en el marco conceptual del presente proyecto.

6.6. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EMULADOR DE APLICACIÓN MÓVIL

El código de programación se alojará en el repositorio online GitHub, el cual es un servicio basado en la nube que permite colaborar y realizar cambios en proyectos de desarrollo de software de forma libre, a la vez que mantienen un seguimiento detallado de las modificaciones y progresos.

En el siguiente enlace se indica la dirección web del repositorio donde se almacena el código de programación del emulador de aplicación móvil AC Proyectos: https://github.com/Ximena555/AC-Proyectos. Asimismo, en la Figura 27 se dispone el código QR que dirige directamente al repositorio.

Figura 27
Código QR, repositorio de almacenamiento emulador de aplicación AC Proyectos



Nota. Acceso directo a la aplicación AC Proyectos. 2021, Fuente propia.

6.7. VALIDACIÓN DE RESULTADOS CON CASO PRÁCTICO

Como caso práctico se tomó un Proyecto de Reforzamiento Estructural de una Bodega de Producción de Fragancias, que se localiza en el municipio de Tocancipá, departamento de Cundinamarca. Como información base del proyecto se cuenta con la programación y el presupuesto de obra, además de toda planimetría detallada. La bodega tiene un área construida de 2,636 m^2 distribuidos en dos niveles, de los cuales 168 m^2 se usan como oficinas. La estructura se conforma por un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado en dos direcciones y las placas de entrepiso son de tipo aligerado con casetón. El objeto del contrato consiste en reforzar 23 columnas del nivel 1, 12 tramos de vigas aéreas y 1,234 m^2 de placa de entrepiso, bajo la técnica de recalce de miembros de concreto. El costo total del proyecto es de $ 958,493,212 COP y tiene una duración estimada de 7 meses. El presupuesto y el contrato fue realizado bajo la metodología de Análisis de Precios Unitarios.

En la Tabla 11, se presenta el análisis y control de costos del proyecto realizado con la herramienta Excel, implementando el modelo matemático expuesto en la metodología, considerando controles mensuales y realizando el análisis de Valor Ganado en el quinto periodo de ejecución de proyecto. Este estudio se desarrolló a partir de lo establecido en la EVM y con base en los procedimientos detallados en el PMBOK.

Datos iniciales. Corresponden con las actividades de obra, su duración cantidad y costo unitario.

Tabla 11
Datos iniciales de Caso Práctico para validación de resultados

Ítem	Actividad	Dur	Un	Cantidad	V. unitario	V. total
1	Apuntalamiento de placa con diez (10) parales metálicos, y cinco (5) cerchas o tablón	50	Día	2704	$ 15,500	$41,912,000
2	Escarificado superficial losa de concreto. E promedio 6 cm.	80	m^2	1234	$108,750	$134,197,500
3	Suministro e instalación de anclaje con epóxico Sikadur Anchorfix 4 de placa aérea incluye perforación para anclaje. Longitudes y diámetros variables	32	Un	30850	$ 2,500	$77,125,000
4	Suministro e instalación de acero de refuerzo	32	Kg	16036	$ 3,700	$59,333,200
5	Concreto 3500 psi gc bombeable a siete (7) días para placa aérea, espesor 9 cm, incluye trasiego, formaleta. Curado, equipo de bombeo y colocación.	3	Un	1234	$125,800	$155,237,200
6	Afinado superficial de placa en concreto (esmaltado) de 4kg / m2	3	m^2	1234	$ 5,500	$6,787,000

7	Suministro e instalación de anclaje con epóxico Sikadur Anchorfix 4 de vigas aéreas y columnas incluye perforación para anclaje de platinas en vigas y columnas. Longitudes y diámetros variables	27	Un	2800	$ 4,500	$ 12,600,000
8	Platinas y/o ángulos para reforzamiento de vigas y columnas	27	Kg	6800	$ 9,500	$64,600,000
9	Retiro de escombros (incl. Enlonado, cargue y disposición en sitio certificado)	6	Vj	16	$ 200,000	$ 3,200,000
10	Aseo general de obra	6	Gl	1	$ 7,850,000	$ 7,850,000
11	Dilatación y sellado Vulken 45 juntas y placa contra muros existentes, espesor variable.	3	M	148	$ 12,500	$ 1,850,000
12	Lamina de borde de placa anclada en lámina de 3/16 por 3 1/2", testero de borde	3	M	271	$ 12,500	$ 3,387,500
13	Protocolos de bioseguridad	168	%	1	$ 3,354,000	$ 3,354,000
14	Humectación de losa antes del proceso de fundida, incluye protección en polietileno tipo invernadero calibre 8	24	m^2	1281	$ 45,451	$ 58,222,731
15	Escarificado superficial columna de concreto. E promedio 1.0 cm.	26	m^2	214	$ 26,250	$ 5,617,500
16	Concreto 3500 psi gc bombeable a siete (7) días para columnas, espesor 5 cm, incluye trasiego, formaleta. Curado, equipo de bombeo y colocación.	53	m^2	214	$ 145,550	$ 31,147,700
17	Desmonte de barandas y colocación nuevamente de las mismas	18	Gl	1	$ 974,440	$ 974,440
18	Mampostería	64	M	55	$ 133,399	$ 7,336,945
19	Viga perimetral piso 2 zona de dispensadores	1	M	143	$ 39,084	$ 5,589,012
20	Malla expandida calibre 18 vena 3mm en Cold roll exr40	27	m^2	225	$ 20,000	$ 4,500,000
21	Cerramiento en Polisombra	5	M	143	$ 18,160	$ 2,596,880
22	Instalación 2da malla, alambre, distanciadores manuales	32	Kg	5238	$ 6,633	$ 34,743,654
23	Pintura de columnas tres manos en Koraza base TIN, altura de 4.50m, incluye andamios certificados	55	M	350	$ 82,740	$28,959,000
24	Pintura de fachadas en tres manos Koraza base TIN, altura de 4.50m, incluye andamios certificados	26	m^2	10	$ 89,954	$ 899,540

25	Enchape columnas, incluye pañete, Pegacor, boquilla, altura de 4.50m, incluye andamios certificados	26	M	14	$ 134,188	$ 1,878,632
26	Media caña en granito pulido, incluye medio de Protección al momento de la pulida	26	M	2	$ 233,300	$ 466,600
27	Dinteles en concreto, incluye acero de refuerzo, formaleta y andamios certificados	64	M	10	$ 403,080	$ 4,030,800

Nota. 2021, Fuente propia.

Valor Planificado. Este valor corresponde al porcentaje de avance en el que se debe encontrar ejecutada cada una de las actividades en la fecha de corte. Se obtiene normalmente realizando un corte de avance en el cronograma, en este caso se usó de apoyo el software MS Project para determinar dicho porcentaje. De manera general, considera la relación entre el número de días que debe llevar la actividad después de su inicio y su duración total, reflejando asi el valor que se tiene planificado ejecutar hasta la fecha de control.

Tabla 12

Valor planificado de Caso Práctico para validación de resultados. Parte 1.

Item	V. total	mes 1		mes 2		mes 3	
		% Plan.	V. Plan.	% Plan.	V. Plan.	% Plan.	V. Plan.
1	$ 41,912,000	0.00%	$ -	28.00%	$ 11,735,360	30.44%	$ 12,758,013
2	$ 134,197,500	0.00%	$ -	46.25%	$ 62,066,344	100.00%	$ 134,197,500
3	$ 77,125,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	97.22%	$ 74,979,961
4	$ 59,333,200	0.00%	$ -	0.00%	$ -	97.22%	$ 57,682,995
5	$ 155,237,200	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
6	$ 6,787,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
7	$ 12,600,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	29.63%	$ 3,733,333
8	$ 64,600,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	29.63%	$ 19,140,741
9	$ 3,200,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
10	$ 7,850,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
11	$ 1,850,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
12	$ 3,387,500	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
13	$ 3,354,000	2.14%	$ 71,871	18.71%	$ 627,677	38.29%	$ 1,284,303
14	$ 58,222,731	0.00%	$ -	37.50%	$ 21,833,524	37.50%	$ 21,833,524

15	$ 5,617,500	0.00%	$ -	11.54%	$ 648,173	30.77%	$ 1,728,462
16	$ 31,147,700	1.89%	$ 587,692	24.53%	$ 7,640,002	47.38%	$ 14,756,957
17	$ 974,440	16.67%	$ 162,407	16.67%	$ 162,407	16.67%	$ 162,407
18	$ 7,336,945	0.00%	$ -	14.06%	$ 1,031,758	14.06%	$ 1,031,758
19	$ 5,589,012	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
20	$ 4,500,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	29.63%	$ 1,333,333
21	$ 2,596,880	100.0%	$ 2,596,880	100.0%	$ 2,596,880	100.00%	$ 2,596,880
22	$ 34,743,654	0.00%	$ -	0.00%	$ -	97.22%	$ 33,777,346
23	$ 28,959,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
24	$ 899,540	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
25	$ 1,878,632	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
26	$ 466,600	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
27	$ 4,030,800	0.00%	$ -	14.06%	$ 566,831	14.06%	$ 566,831

Nota. 2021, Fuente propia.

Tabla 13

Valor planificado de Caso Práctico para validación de resultados. Parte 2.

Ítem	**V. total**	**mes 4**		**mes 5**	
		% Planificado	V. Planificado	% Planificado	V. Planificado
1	$ 41,912,000	100.00%	$ 41,912,000	100.00%	$ 41,912,000
2	$ 134,197,500	100.00%	$ 134,197,500	100.00%	$ 134,197,500
3	$ 77,125,000	100.00%	$ 77,125,000	100.00%	$ 77,125,000
4	$ 59,333,200	100.00%	$ 59,333,200	100.00%	$ 59,333,200
5	$ 155,237,200	100.00%	$ 155,237,200	100.00%	$ 155,237,200
6	$ 6,787,000	100.00%	$ 6,787,000	100.00%	$ 6,787,000
7	$ 12,600,000	37.04%	$ 4,666,667	44.44%	$ 5,599,440
8	$ 64,600,000	37.04%	$ 23,925,926	44.44%	$ 28,708,240
9	$ 3,200,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -
10	$ 7,850,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -
11	$ 1,850,000	100.00%	$ 1,850,000	100.00%	$ 1,850,000
12	$ 3,387,500	100.00%	$ 3,387,500	100.00%	$ 3,387,500
13	$ 3,354,000	56.03%	$ 1,879,238	72.99%	$ 2,448,085

14	$ 58,222,731	92.13%	$ 53,637,691	100.00%	$ 58,222,731
15	$ 5,617,500	53.85%	$ 3,024,808	76.92%	$ 4,320,981
16	$ 31,147,700	71.70%	$ 22,332,313	84.91%	$ 26,447,512
17	$ 974,440	67.28%	$ 655,582	100.00%	$ 974,440
18	$ 7,336,945	18.92%	$ 1,388,288	65.97%	$ 4,840,183
19	$ 5,589,012	100.00%	$ 5,589,012	100.00%	$ 5,589,012
20	$ 4,500,000	37.04%	$ 1,666,667	44.44%	$ 1,999,800
21	$ 2,596,880	100.00%	$ 2,596,880	100.00%	$ 2,596,880
22	$ 34,743,654	100.00%	$ 34,743,654	100.00%	$ 34,743,654
23	$ 28,959,000	11.11%	$ 3,217,082	54.75%	$ 15,855,053
24	$ 899,540	0.00%	$ -	0.00%	$ -
25	$ 1,878,632	0.00%	$ -	38.88%	$ 730,412
26	$ 466,600	0.00%	$ -	38.88%	$ 181,414
27	$ 4,030,800	18.92%	$ 762,703	65.97%	$ 2,659,119

Nota. 2021, Fuente propia.

Valor Ganado. Este valor corresponde al porcentaje de avance ejecutado real que se tiene para cada una de las actividades en la fecha de corte. Se obtiene con base en la medición del trabajo ejecutado en campo con relación a la cantidad total planificada para cada ítem; éste se expresa en términos del costo ejecutado.

Tabla 14

Valor Ganado de Caso Práctico para validación de resultados. Parte 1.

Ítem	**V. total**	**mes 1**		**mes 2**		**mes 3**	
		% Ejecu.	V. Ganado	% Ejecu.	V. Ganado	% Ejecu.	V. Ganado
1	$ 41,912,000	0.00%	$ -	9.80%	$ 4,107,376	28.00%	
2	$ 134,197,500	0.00%	$ -	1.75%	$ 2,348,456	22.50%	$ 30,194,438
3	$ 77,125,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	22.50%	$ 17,353,125
4	$ 59,333,200	0.00%	$ -	0.00%	$ -	22.50%	$ 13,349,970
5	$ 155,237,200	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
6	$ 6,787,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
7	$ 12,600,000	0.00%	$ -	4.41%	$ 555,660	21.11%	$ 2,659,860

8	$ 64,600,000	0.00%	$ -	4.41%	$ 2,848,860	21.11%	$ 13,637,060
9	$ 3,200,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
10	$ 7,850,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
11	$ 1,850,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
12	$ 3,387,500	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
13	$ 3,354,000	0.00%	$ -	14.30%	$ 407,679	28.60%	$ 815,357
14	$ 58,222,731	0.00%	$ -	12.50%	$ 7,277,921	37.50%	$ 21,833,764
15	$ 5,617,500	0.00%	$ -	6.80%	$ 381,990	24.30%	$ 1,365,053
16	$ 31,147,700	0.00%	$ -	0.00%	$ -	16.50%	$ 5,139,371
17	$ 974,440	50.00%	$ 487,220	50.00%	$ 487,220	50.00%	$ 487,220
18	$ 7,336,945	0.00%	$ -	6.33%	$ 461,336	14.53%	$ 1,059,365
19	$ 5,589,012	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
20	$ 4,500,000	0.00%	$ -	4.41%	$ 198,776	21.11%	$ 951,512
21	$ 2,596,880	100.00%	$ 2,602,328	100.00%	$ 2,602,328	100.00%	$ 2,602,328
22	$ 34,743,654	0.00%	$ -	1.75%	$ 608,014	22.50%	$ 7,817,322
23	$ 28,959,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
24	$ 899,540	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
25	$ 1,878,632	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
26	$ 466,600	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -
27	$ 4,030,800	0.00%	$ -	0.00%	$ -	0.00%	$ -

Nota. 2021, Fuente propia.

Tabla 15

Valor Ganado de Caso Práctico para validación de resultados. Parte 2.

Ítem	**V. total**	**mes 4**		**mes 5**	
		% Ejecu.	V. Ganado	% Ejecu.	V. Ganado
1	$ 41,912,000	41.00%	$ 17,183,920	75.60%	$ 31,685,472
2	$ 134,197,500	43.80%	$ 58,778,505	78.70%	$ 105,613,433
3	$ 77,125,000	43.80%	$ 33,780,750	78.70%	$ 60,697,375
4	$ 59,333,200	43.80%	$ 25,987,942	78.70%	$ 46,695,228

5	$ 155,237,200	20.00%	$ 31,047,440	70.00%	$ 108,666,040
6	$ 6,787,000	20.00%	$ 1,357,400	70.00%	$ 4,750,900
7	$ 12,600,000	35.20%	$ 4,435,200	53.80%	$ 6,778,800
8	$ 64,600,000	35.50%	$ 22,933,000	53.80%	$ 34,754,800
9	$ 3,200,000	0.00%	$ -	50.00%	$ 1,600,000
10	$ 7,850,000	0.00%	$ -	50.00%	$ 3,925,000
11	$ 1,850,000	20.00%	$ 371,516	70.00%	$ 1,295,000
12	$ 3,387,500	20.00%	$ 678,413	70.00%	$ 2,371,250
13	$ 3,354,000	42.90%	$ 1,223,036	57.20%	$ 1,918,488
14	$ 58,222,731	100.00%	$ 58,223,371	100.00%	$ 58,222,731
15	$ 5,617,500	39.00%	$ 2,190,825	57.10%	$ 3,207,593
16	$ 31,147,700	22.00%	$ 6,852,494	41.20%	$ 12,832,852
17	$ 974,440	50.00%	$ 487,220	50.00%	$ 487,220
18	$ 7,336,945	26.25%	$ 1,913,692	45.10%	$ 3,308,962
19	$ 5,589,012	20.00%	$ 1,117,802	70.00%	$ 3,912,308
20	$ 4,500,000	35.20%	$ 1,586,605	53.80%	$ 2,421,000
21	$ 2,596,880	100.00%	$ 2,602,328	100.00%	$ 2,596,880
22	$ 34,743,654	43.48%	$ 15,106,541	78.70%	$ 27,343,256
23	$ 28,959,000	0.00%	$ -	0.00%	$ -
24	$ 899,540	0.00%	$ -	0.00%	$ -
25	$ 1,878,632	0.00%	$ -	0.00%	$ -
26	$ 466,600	0.00%	$ -	0.00%	$ -
27	$ 4,030,800	0.00%	$ -	0.00%	$ -

Nota. 2021, Fuente propia.

Costo Real. Corresponde con el esfuerzo de inversión real realizado mes a mes para llevar a cabo las actividades del proyecto, se obtiene del control de presupuesto y el flujo de caja.

Tabla 16

Costo Real de Caso práctico para validación de resultados. Parte 1

Ítem	V. total	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5
1	$ 41,912,000	$ 12,573,600	$ 6,286,800	$ 8,382,400	$ 8,382,400	$ 8,382,400

2	$ 134,197,500	$ 26,839,500	$ 53,679,000	$ 17,445,675	$ 10,735,800	$ 14,761,725
3	$ 77,125,000	$ 46,275,000	$ 4,241,875	$ 4,241,875	$ 4,627,500	$ 3,856,250
4	$ 59,333,200	$ 35,599,920	$ 3,263,326	$ 3,263,326	$ 3,559,992	$ 2,966,660
5	$ 155,237,200	$ -	$ -	$ -	$ 93,142,320	$ 62,094,880
6	$ 6,787,000	$ -	$ -	$ -	$ 4,072,200	$ 2,714,800
7	$ 12,600,000	$ 7,560,000	$ 693,000	$ 693,000	$ 756,000	$ 630,000
8	$ 64,600,000	$ 38,760,000	$ 3,553,000	$ 3,553,000	$ 3,876,000	$ 3,230,000
9	$ 3,200,000	$ -	$ -	$ -	$ 2,240,000	$ 640,000
10	$ 7,850,000	$ -	$ 785,000	$ 785,000	$ 785,000	$ 785,000
11	$ 1,850,000	$ 740,000	$ -	$ -	$ -	$ -
12	$ 3,387,500	$ 2,032,500	$ 186,313	$ 186,313	$ 203,250	$ 169,375
13	$ 3,354,000	$ 670,800	$ 503,100	$ 503,100	$ 503,100	$ 503,100
14	$ 58,222,731	$ 58,222,731	$ -	$ -	$ -	$ -
15	$ 5,617,500	$ 561,750	$ 786,450	$ 674,100	$ 617,925	$ 954,975
16	$ 31,147,700	$ -	$ -	$ 7,786,925	$ 10,901,695	$ 9,344,310
17	$ 974,440	$ 487,220	$ -	$ -	$ -	$ -
18	$ 7,336,945	$ -	$ 733,695	$ 733,695	$ 733,695	$ 3,668,473
19	$ 5,589,012	$ 1,117,802	$ -	$ -	$ -	$ 1,676,704
20	$ 4,500,000	$ 2,700,000	$ 247,500	$ 247,500	$ 270,000	$ 225,000
21	$ 2,596,880	$ 2,596,880	$ -	$ -	$ -	$ -
22	$ 34,743,654	$ -	$ -	$ -	$ 20,846,192	$ 3,474,365
23	$ 28,959,000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 8,687,700
24	$ 899,540	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 269,862
25	$ 1,878,632	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 187,863
26	$ 466,600	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 93,320
27	$ 4,030,800	$ -	$ 403,080	$ 403,080	$ 403,080	$ 806,160

Nota. 2021, Fuente propia.

Tabla 17

Costo Real de Caso práctico para validación de resultados. Parte 2

Ítem	V. total	V. Gastado	% Gastado	Saldo	% Saldo
1	$41,912,000	$ 44,007,600	105%	-$ 2,095,600	-5%
2	$134,197,500	$ 123,461,700	92%	$ 10,735,800	8%
3	$77,125,000	$ 63,242,500	82%	$ 13,882,500	18%
4	$59,333,200	$ 48,653,224	82%	$ 10,679,976	18%
5	$155,237,200	$ 155,237,200	100%	$ -	0%
6	$6,787,000	$ 6,787,000	100%	$ -	0%
7	$12,600,000	$ 10,332,000	82%	$ 2,268,000	18%
8	$64,600,000	$ 52,972,000	82%	$ 11,628,000	18%
9	$3,200,000	$ 2,880,000	90%	$ 320,000	10%
10	$7,850,000	$ 3,140,000	40%	$ 4,710,000	60%
11	$1,857,581	$ 740,000	40%	$ 1,110,000	60%
12	$3,392,063	$ 2,777,750	82%	$ 609,750	18%
13	$2,850,900	$ 2,683,200	80%	$ 670,800	20%
14	$58,223,371	$ 58,222,731	100%	$ -	0%
15	$5,617,500	$ 3,595,200	64%	$ 2,022,300	36%
16	$31,147,700	$ 28,032,930	90%	$ 3,114,770	10%
17	$ 974,440	$ 487,220	50%	$ 487,220	50%
18	$7,290,255	$ 5,869,556	80%	$ 1,467,389	20%
19	$5,589,012	$ 2,794,506	50%	$ 2,794,506	50%
20	4,507,400	$ 3,690,000	82%	$ 810,000	18%
21	$ 2,602,328	$ 2,596,880	100%	$ -	0%
22	$34,743,654	$ 24,320,558	70%	$ 10,423,096	30%
23	$28,959,000	$ 8,687,700	30%	$ 20,271,300	70%
24	$ 899,540	$ 269,862	30%	$ 629,678	70%
25	1,878,632	$ 187,863	10%	$ 1,690,769	90%
26	$ 349,950	$ 93,320	20%	$ 373,280	80%
27	$4,030,800	$ 2,015,400	50%	$ 2,015,400	50%

Nota. 2021, Fuente propia.

Indicadores. Esta tabla corresponde a la consolidación de los resultados de la aplicación de la Metodología del Valor Ganado como lo son las variaciones, los índices y los pronósticos, con los que se puede establecer el desempeño del proyecto y con base a estos, realizar la toma de desiciones y de medidas correctivas o preventivas.

Tabla 18
Indicadores de Desempeño del Caso Práctico para validación de resultados

Indicadores			
Nombre	**Abrev.**	**Valor**	**Interpretación**
Valor planificado	PV	$ 675,746,355	A corte del periodo de análisis se debió completar una ejecución de $675,746,355
Valor ganado	EV	$ 525,084,588	A corte del periodo de análisis se ha completado en realidad una ejecución de $525,084,588
Costo real	AC	$ 657,777,900	A corte del periodo de análisis se ha gastado $657,777,900
Presupuesto hasta la conclusión	BAC	$ 758,396,834	
Variación del costo	CV	-$ 132,693,312	Por encima del costo planificado
Variación del cronograma	SV	-$ 150,661,767	Retrasado
Variación a la conclusión	VAC	-$ 275,514,537	Por encima del costo planificado
Índice de desempeño de costo	CPI	0.80	Se está por encima del costo planificado. Por cada $100 que se gastó, se está obteniendo $80 de valor en el trabajo realizado
Índice de desempeño del cronograma	SPI	78%	Retraso con respecto al cronograma. Se está progresando a un 78 % del ritmo inicialmente planificado
Estimación del costo total a la conclusión	EAC	$ 1,033,911,371	Se estima que el costo total del proyecto a la conclusión, estará por encima de lo planeado
Estimación restante a la conclusión	ETC	$ 376,133,471	A corte del periodo de análisis se estima que para terminar el Proyecto se requieren $376,133,471
Índice de desempeño del trabajo por completar	TCPI	2.32	Más difícil de completar

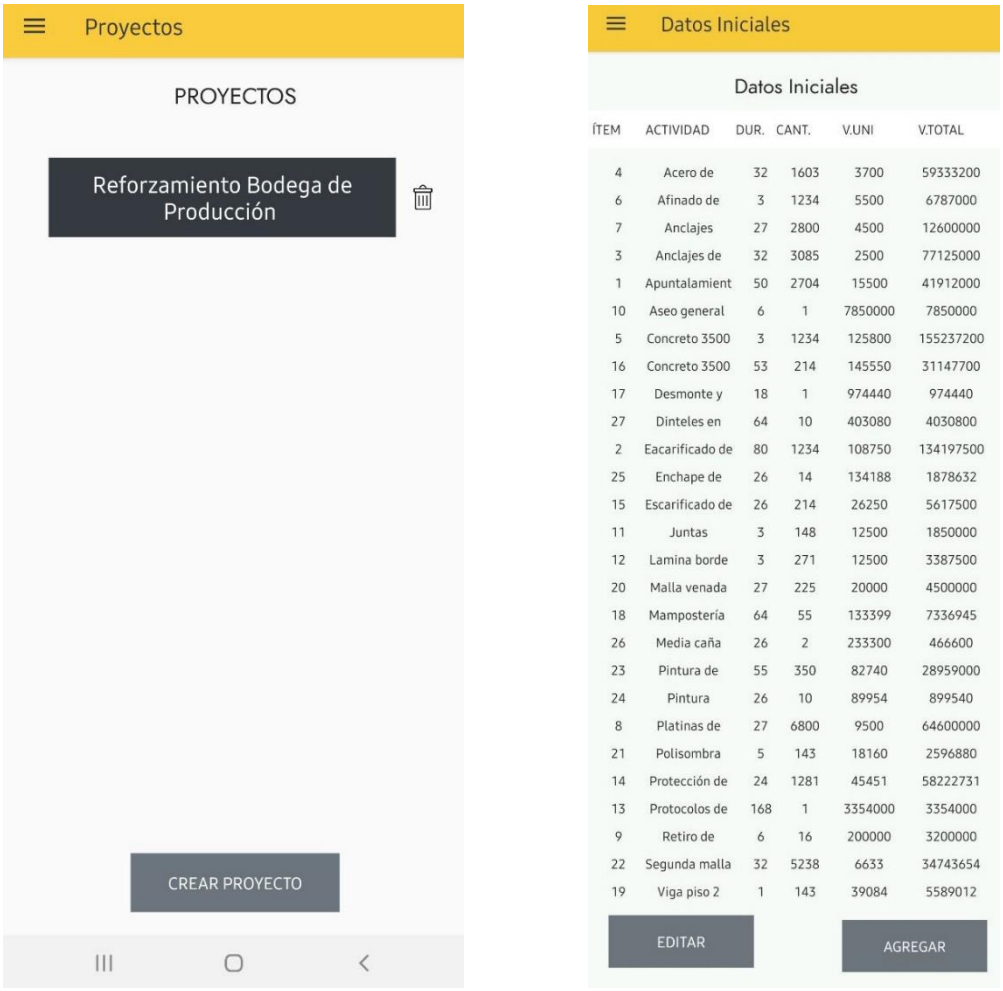
Nota. 2021, Fuente propia.

Una vez realizado el análisis del proyecto en la herramienta Excel, se procede a desarrollar el mismo caso en el emulador de aplicación bajo las especificaciones propias de cada variable según lo descrito anteriormente.

Creación y Datos Iniciales del Proyecto.

Figura 28

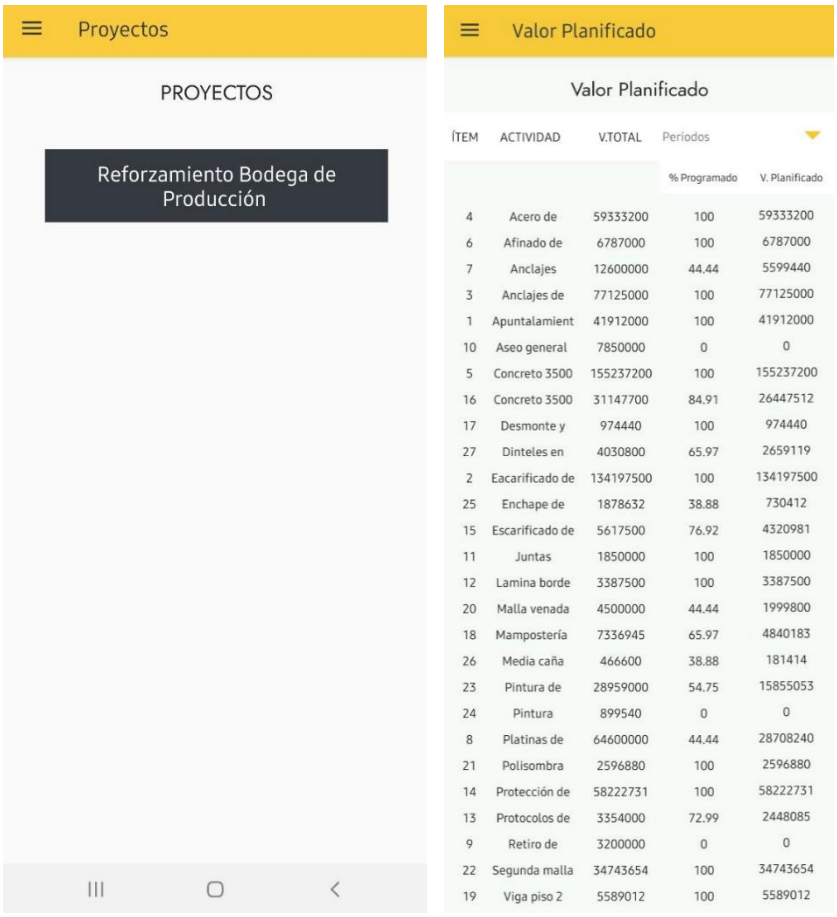
Datos iniciales en AC Proyectos para validación de resultados



Nota. Vista de aplicación AC Proyectos. 2021, Fuente propia.

Valor Planificado.

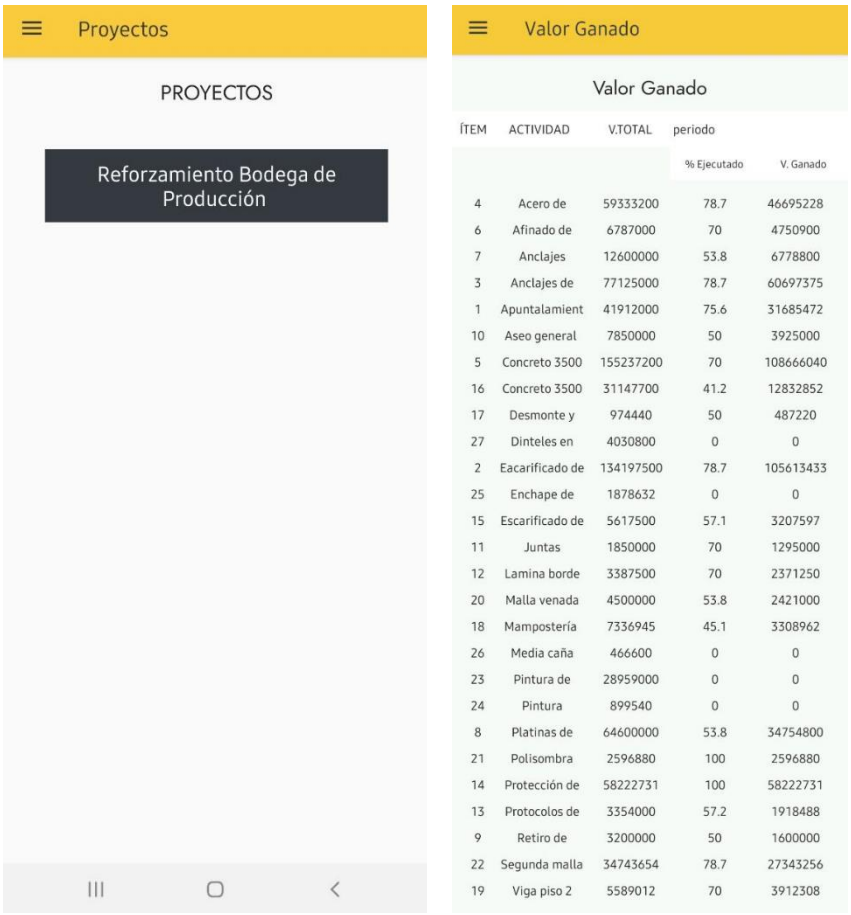
Figura 29
Valor Planificado en AC Proyectos para para validación de resultados



Nota. Vista de aplicación AC Proyectos. 2021, Fuente propia.

Valor Ganado.

Figura 30
Valor Ganado en AC Proyectos para validación de resultados

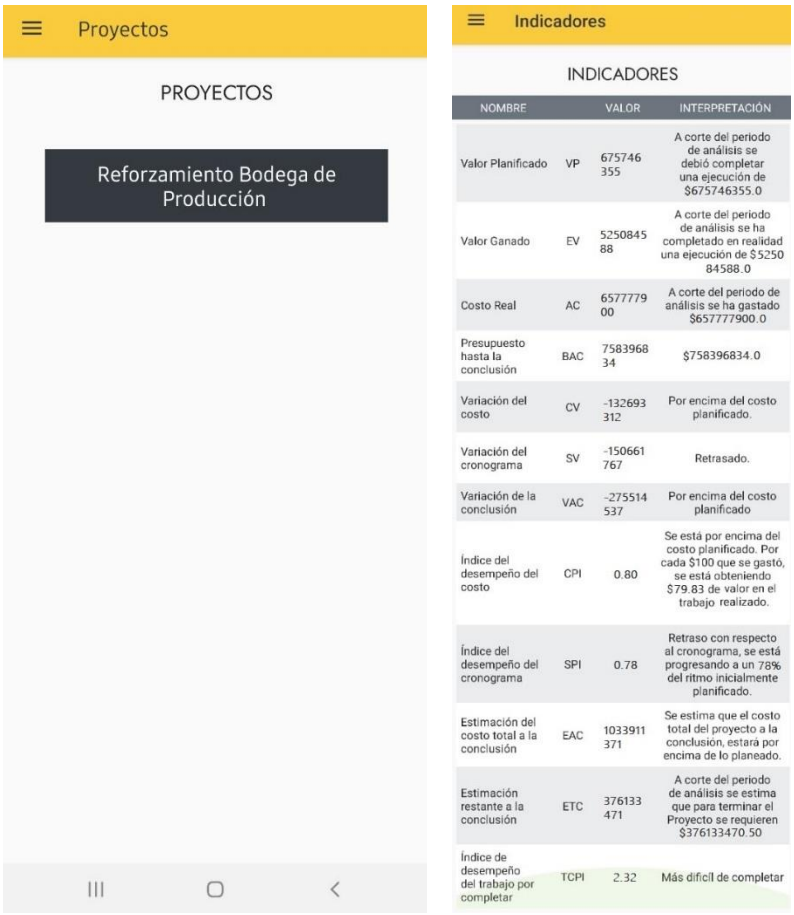


ÍTEM	ACTIVIDAD	V.TOTAL	periodo	
			% Ejecutado	V. Ganado
4	Acero de	59333200	78.7	46695228
6	Afinado de	6787000	70	4750900
7	Anclajes	12600000	53.8	6778800
3	Anclajes de	77125000	78.7	60697375
1	Apuntalamient	41912000	75.6	31685472
10	Aseo general	7850000	50	3925000
5	Concreto 3500	155237200	70	108666040
16	Concreto 3500	31147700	41.2	12832852
17	Desmonte y	974440	50	487220
27	Dinteles en	4030800	0	0
2	Eacarificado de	134197500	78.7	105613433
25	Enchape de	1878632	0	0
15	Escarificado de	5617500	57.1	3207597
11	Juntas	1850000	70	1295000
12	Lamina borde	3387500	70	2371250
20	Malla venada	4500000	53.8	2421000
18	Mampostería	7336945	45.1	3308962
26	Media caña	466600	0	0
23	Pintura de	28959000	0	0
24	Pintura	899540	0	0
8	Platinas de	64600000	53.8	34754800
21	Polisombra	2596880	100	2596880
14	Protección de	58222731	100	58222731
13	Protocolos de	3354000	57.2	1918488
9	Retiro de	3200000	50	1600000
22	Segunda malla	34743654	78.7	27343256
19	Viga piso 2	5589012	70	3912308

Nota. Vista de aplicación AC Proyectos. 2021, Fuente propia.

Indicadores.

Figura 31
Indicadores de desempeño obtenidos en AC Proyectos para validación de resultados



Nota. Vista de aplicación AC Proyectos. 2021, Fuente propia.

Al comparar los cálculos realizados, se concluye que se logra obtener resultados satisfactorios al aplicar la metodologia del Valor Ganado para el proyecto de análisis haciendo uso de la App AC Proyectos. Los resultados son correspondientes con los obtenidos mediante el uso de la herramienta Excel, lo que permite establecer idioneidad de los cálculos realizados en el emulador de aplicación.

7. APORTES Y RECOMENDACIONES

Uno de los aportes más relevantes de esta herramienta tecnológica consiste en brindar un apoyo en el área de gestión de costos, tiempo y recursos a profesionales y PyMES de la construcción que aún no cuentan con un sistema de gestión consolidado para sus actividades y ejecuciones. Además, con este producto se busca posibilitar la realización de una buena gestión, optimizando procesos e incrementando la productividad, eficiencia y ahorros en sus proyectos.

Este emulador de aplicación móvil se prevé como aporte particularmente para el análisis y control de costos y la evaluación oportuna del desempeño de los proyectos, bajo una metodología estandarizada como lo es la Metodología del Valor Ganado, avalada internacionalmente por organismos especializados. En este sentido, para abordar los aportes generados por el presente proyecto, se realiza una clasificación de las dimensiones en las que esta herramienta genera un impacto tangible.

Como primera medida, se evalúa el impacto en términos de la dimensión tecnológica, en cuanto a las tendencias sociales relacionadas con el uso de la tecnología y la capacidad de incentivar la creación y desarrollo de aplicaciones móviles para diferentes ámbitos, por medio de la implementación de plataformas de creación de código de programación que permiten su masificación.

Respecto a la segunda, la dimensión económica, se evalúa el impacto de la herramienta para las pequeñas y medianas empresas del sector de la construcción en Colombia, con el objetivo de alcanzar mayores rentabilidades en los proyectos que se estén gestionando, gracias a la implementación de metodologías de análisis y control de costos que permitan identificar el desempeño del proyecto y así tomar decisiones de acuerdo con las tendencias de rendimiento y costo que se estén evidenciando.

Finalmente, se evalúa el aporte a la optimización de procesos, pues cabe resaltar que, al hacer uso de la Metodología del Valor Ganado, se está teniendo en cuenta la importancia de los múltiples aspectos que afectan el desarrollo a cabalidad de un proyecto, como lo son el tiempo y los recursos económicos. A continuación, se efectúa un análisis más detallado de cada una de las dimensiones propuestas y evaluadas.

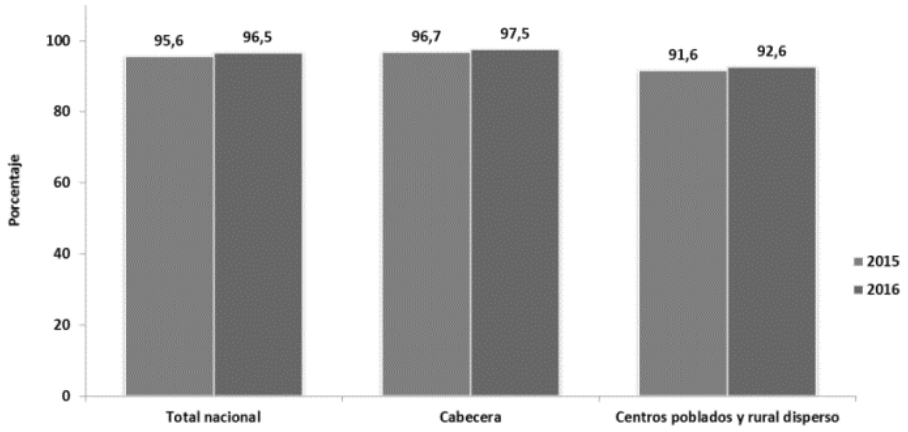
7.1 DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

A nivel de tecnología móvil se encontró que las aplicaciones disponibles se enfocan especialmente en áreas de gestión como la comunicación entre dependencias, agendas, control de inventarios y recurso humano, pero no existe ningún software de tecnología móvil enfocado particularmente en la realización de análisis y control de costos de proyectos por medio de la metodología del Valor Ganado. Es en este sentido que el emulador de aplicación móvil AC proyectos, permite de una manera fácil y dinámica la masificación en el uso de esta metodología de gestión estandarizada, en cuanto a la implementación de la técnica sin necesidad de contar con información más allá de las líneas base de los

proyectos, establecidas bajo los procedimientos convencionales de seguimiento y control de obras.

Complementando lo anterior y como base de la justificación que alimenta este proyecto, se analiza el desarrollo, evolución, impacto y uso de la tecnología móvil en la vida cotidiana y específicamente en el relacionamiento de los actores directamente implicados en la ejecución de proyectos, donde se evidencia la poca practicidad del computador en diferentes contextos y ocasiones, por lo que se hace necesario el uso de herramientas prácticas, a la mano, disponibles en cualquier momento y lugar.

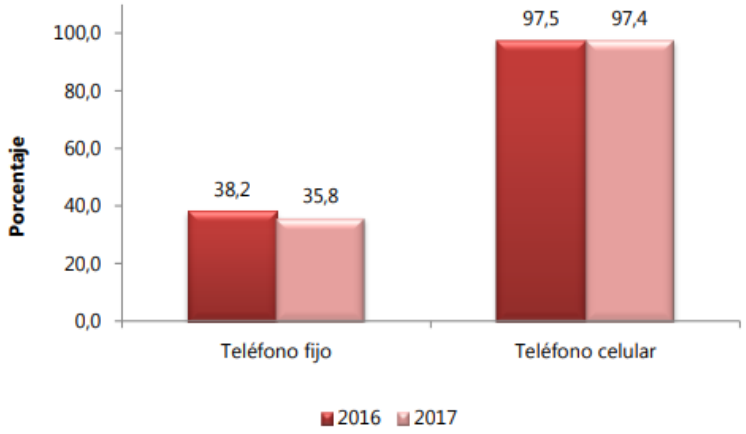
Figura 32
Porcentaje de hogares con teléfono celular, periodo 2015- 2016



Nota. Adaptado de *Porcentaje de hogares con teléfono celular (2015-2016) Total nacional, cabecera y centros poblados* [Gráfica], por DANE 2017. (https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Boletin_Tecnico_ECV_2016.pdf)

Una de las alternativas a tal inconveniente radica en la utilización de dispositivos móviles, considerados como más útiles y funcionales durante la realización de las actividades de obra; además, es pertinente mencionar que, según la Encuesta de Calidad de Vida 2016, “en el total nacional, el 58,1% de las personas manifestaron usar internet en cualquier lugar y desde cualquier dispositivo, de este porcentaje el 70,4% lo hicieron a través de teléfono celular. (…) En el 96,5% de los hogares a nivel nacional algún miembro contaba con teléfono celular” (DANE (Departamento Nacional de Estadística), 2017); además, según la misma encuesta, realizada un año después, se evidenció que la población colombiana es cada vez más dependiente del uso del teléfono celular, puesto que a nivel nacional, y para ese entonces, el 75.7% de los colombianos usan el teléfono celular todos los días de la semana (DANE (Departamento Nacional de Estadística), 2019).

Figura 33
Hogares con telefonía fija y celular



Nota. Adaptado de *hogares con telefonía fija y celular* [Gráfica], por DANE 2019. *(*https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Boletin_Tecnico_ECV_2017-v2.pdf)

A raíz de lo anterior, se puede decir y asegurar que más de la mitad de los usuarios de internet a nivel nacional deciden acceder a la red por medio de sus teléfonos móviles debido a su practicidad y a la disponibilidad que ofrece para diferentes tipos de procedimientos. Con base en lo anterior, es posible entender que esta herramienta también tiene un fuerte impacto y es comúnmente utilizada de forma transversal en el sector de la construcción.

Así, es evidente que el teléfono celular se ha convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo de proyectos constructivos, por ejemplo, en términos de las ventajas que ofrece respecto a la comunicación entre dependencias, realización de registros fotográficos, visualización de planos en sitio, entre otros.

Si bien existen software sofisticados que permiten la implementación de metodologías de gestión de costos como lo es el Valor Ganado, estos requieren para su uso licencias que implican un alto costo para las compañías, además que demandan de un recurso humano experimentado y calificado, normalmente con formación a nivel posgradual que tenga la capacidad de hacer uso de este tipo de técnicas de gestión en la rama de la construcción.

Disponer de este emulador de aplicación para la gestión de costos a través de la tecnología móvil tiene múltiples beneficios, entre ellos está el permitir llevar un control adaptado a las nuevas tendencias tecnológicas, con el objetivo de aumentar la eficiencia y mejorar los resultados de los procesos ejecutados. Gracias a AC Proyectos, las PyMES podrán llevar a cabo sus actividades bajo un control más riguroso, lo que posibilitará el desarrollo de una cultura organizacional mucho más estricta, capaz de fortalecer y permitir la evolución de las empresas.

Además, el implementar esta herramienta a nivel gerencial y administrativo posibilitará la toma de decisiones en cuanto a las acciones más adecuadas a seguir, ya que la monitorización del cumplimiento de las actividades se realiza en tiempo real o de forma permanente, permitiendo la adopción de medidas preventivas y correctivas para ir de acuerdo a lo establecido con la línea base de costos del proyecto, entendida como la estimación inicial de lo requerido para completar las actividades respecto a todas las variables influyentes durante el proceso de ejecución.

En suma, la tecnología móvil a nivel mundial es una de las más importantes tendencias e innovaciones industriales, la cual ha transformado la gestión tanto de la industria en general, así como del sector de la construcción, ya que ha permitido mejorar el rendimiento de proyectos constructivos por medio de la implementación de algunas herramientas que contribuyen con la transmisión y recuperación de información entre los profesionales de este ámbito y los participantes para que esta sea más eficaz, eficiente, directa, clara y concisa (Igwe et al., 2020).

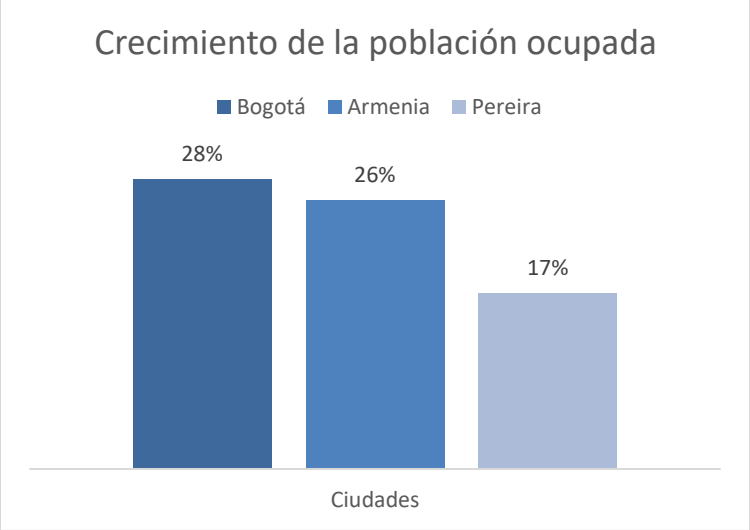
Esta herramienta tecnológica busca promover el desarrollo y difusión de los aplicativos móviles específicamente en el área de la gestión y dirección de proyectos de ingeniería civil, aportando al mejoramiento de procesos de control de ejecución al aplicar técnicas y metodologías de gestión a proyectos de la vida real, administrados y controlados por medio de herramientas de uso común y de fácil acceso.

En ese sentido, este proyecto de grado, que es precisamente un emulador de aplicación móvil, constituye una solución práctica y tecnológica para la incorporación de la Metodología del Valor ganado, la cual permite aplicar conocimientos teóricos de una forma más sencilla y por medio de plataformas de acceso abierto a todo público, mejorando el ejercicio de la gestión de proyectos de construcción de edificaciones ejecutados por pequeñas y medianas empresas del sector de la construcción.

7.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA

La industria de la construcción en Colombia es parte fundamental de la economía del país, ya que es uno de los sectores más activos, dinámicos y competitivos para incrementar e impactar la productividad en diferentes áreas: tiene una gran cantidad de empresas que se dedican a esta actividad, de las cuales, según a corte del 2019, 8170 Pequeñas empresas y 2585 Medianas empresas del sector corresponden a los empleadores de una gran parte de la fuerza laboral de todo el país. Además, según (CAMACOL, 2019), la industria de la construcción se ha consolidado en diversas ocasiones como uno de los sectores con mayor potencial para la generación de empleo, ascendiendo a los 95.000 empleos para el último trimestre del año 2018.

Figura 34
Aportes del sector de la construcción al crecimiento de la población ocupada por ciudad



Nota. Adaptado de *La construcción se consolida como uno de los sectores que más generó empleo* [Gráfica], por CAMACOL, 2019. *(*https://camacol.co/comunicados/la-construcción-se-consolida-como-uno-de-los-sectores-que-más-generó-empleo#:~:text=De%20acuerdo%20con%20las%20cifras,empleos%20en%20el%20territorio%20nacional).

También es de aclarar que la mayoría de las pequeñas y medianas empresas carecen de un sistema de gestión o control de calidad interno, cuyo desarrollo puede verse complejizado por diferentes razones, a saber:

- Falta de confianza en los resultados que estos sistemas ofrecen y su posible aplicabilidad para la solución de las problemáticas o rutas sugeridas.

- Falta de experiencia en el desarrollo de este tipo de sistemas, carencia respecto al capital humano capacitado para ejecutarlo debido a que estas temáticas se conocen principalmente a nivel posgradual.

- La implementación y desarrollo de estos sistemas implican una inversión económica importante, que la mayoría de pequeñas y medianas empresas prefieren no asumir debido a que impactan fuertemente en los flujos de caja generales.

Reconociendo este panorama, la creación de una herramienta con las características adecuadas para la gestión de tiempos y recursos económicos, permite mejorar los resultados obtenidos por las PyMES que presenten dificultades respecto a su sistema de control interno, posibilitando la toma de decisiones correctas en el momento adecuado, basado en datos de tendencias del desempeño.

Esta herramienta, planteada como una aplicación de libre distribución y acceso, busca aportar a las PyMES que no tienen consolidado un procedimiento o metodología para medir el desempeño de sus proyectos, relacionando, además del costo, los tiempos de ejecución de las actividades.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que este tipo de datos de comportamiento global del proyecto permitirán mejorar el rendimiento general, aplicando acciones de mejora en los procesos que se llevan a cabo, e incrementando el desempeño de la industria de la construcción en general.

Contemplando la inclusión e interés de grandes empresas o entidades públicas, este emulador de aplicación móvil puede ser usado como base para la creación de herramientas de gestión que incluyan la medición de desempeño de los proyectos durante su ejecución, aumentando su competitividad.

De la misma manera, esta aplicación cuenta con la capacidad para convertirse en un apoyo para profesionales independientes que no cuenten con herramientas para la construcción de un plan de gestión de costos y planificación de cronograma para la ejecución de sus proyectos, facilitando el control y el alcance de mejores indicadores de eficiencia y cumplimiento.

7.3. OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

Al implementar la Metodología del Valor Ganado por medio de una herramienta tecnológica de fácil acceso y comprensión, como lo es este de proyecto de grado, se logra acortar procesos y disminuir costos asociados a una mala gestión de los recursos. Además, de manera indirecta, se propende por el aumento de la productividad y el alcance y superación de indicadores de eficiencia dentro de la compañía y, por consiguiente, mejorar la calidad de los procesos dentro de la propia industria de la construcción.

Esta herramienta busca aterrizar y viabilizar la puesta en marcha de un conjunto de conocimientos teóricos hacia las prácticas habituales dentro del área de proyectos de las empresas de construcción en Colombia, constituyendo un sistema que incrementa y facilita la capacidad de gestión, control y toma de decisiones en el momento oportuno, para así cumplir con los tiempos y la destinación de recursos que hayan sido previstos desde la fase inicial de los proyectos.

En ese sentido, se debe velar por mantener la estabilidad de la línea base durante todo el proyecto, la cual, como se mencionó previamente, corresponde a la estimación de duración de actividades y recursos económicos que vayan a destinarse a través del tiempo, pues es a partir de ésta que se genera todo el esquema o guía de ruta pertinente para dar cumplimiento a las necesidades y requerimientos de los clientes o solicitantes de los proyectos.

Para que los resultados entregados por el emulador de aplicación móvil sean realmente valiosos, confiables y decisorios, la medición y control en obra deben ser lo más exactos y

periódicos posibles, esto con el fin de tener información actualizada y precisa con relación a la aplicación de la Metodología del Valor Ganado al proyecto en cuestión.

No debe olvidarse que la aplicación, en sí misma, es una herramienta capaz de arrojar resultados basados en una entrada de datos coherentes, asociados a la realidad de lo que está pasando en la obra y no una idealización de lo que debería suceder para alcanzar indicadores imposibles una vez se está en marcha.

Uno de los objetivos que pretende alcanzarse a largo plazo con la propuesta de este software corresponde a la aplicación de metodologías de análisis y control de costos bajo estándares establecidos, que prontamente se conviertan en una técnica habitual de desempeño laboral y cumplimiento de resultados previstos en todo el contexto del sector de la construcción en Colombia, el cual se ha visto tan atropellado por prácticas incorrectas y poco congruentes con el alcance y cumplimiento de resultados y buenos indicadores de gestión de recursos.

Como recomendación, es importante llevar a cabo un control de costos riguroso y preciso todo el tiempo, en el que se contemplen porcentajes de ejecución reales y honestos respecto al tiempo y a la cantidad de recursos que se estén destinando. Cada actividad debe estar asociada a un costo y a un tiempo que debe ser coherente con el cumplimiento de lo establecido por la línea de base y las estimaciones iniciales, fundamentales para la terminación del entregable preparado para el cliente.

Debe entenderse que este emulador es solo una herramienta capaz de generar unos resultados asociados a unos datos de entrada de los que depende, por lo tanto, si dichos datos de entrada no corresponden con la realidad, jamás se obtendrán resultados congruentes, acordes y realistas de la aplicación de la Metodología del Valor Ganado. Como práctica generalizada, debe realizarse un control de la ejecución de obra, reflejando el verdadero nivel de avance del proyecto sin caer en el incumplimiento o el retraso por negligencia.

Así pues, y como se expuso previamente, esta herramienta fortalecerá las prácticas de gestión de proyectos desde diferentes dimensiones, teniendo en cuenta su impacto tecnológico, económico y de optimización de procesos ejecutados en un tiempo y con cierta cantidad de recursos dentro del área de proyectos de las empresas del sector de la construcción.

8. CONCLUSIONES

Considerando que la implementación de metodologías de gestión de proyectos no es una de las tendencias en la industria de la construcción, y que, si bien la Metodología del Valor Ganado es uno de los métodos más destacados por el *Project Management Institute* para el seguimiento, análisis y control de costos y programación, se encontró que este método no es de uso cotidiano, debido principalmente a la falta de herramientas tecnológicas de fácil acceso que permitan adoptar este tipo de controles.

Para realizar la validación de los resultados del presente proyecto, fue necesario programar una serie de tablas en Excel, que permitieran implementar y adaptar el modelo matemático del Método del Valor Ganado para el caso de análisis seleccionado, y así establecer unos valores de referencia para posteriormente comparar con los resultados obtenidos al analizar el mismo caso en el Emulador de aplicación *AC Proyectos*.

Para la calibración y validación de los cálculos realizado por el emulador de aplicación, se realiza el desarrollo de un ejercicio teórico simple tomado de las guías preparatorias para la presentación del examen del PMP. Se seleccionó este ejercicio ya que se presta para la realización de pruebas y comparaciones de manera ágil, sintética y concretas. Con base en las verificaciones realizadas se logró establecer la pertinencia de los cálculos que realiza la aplicación al obtener resultados precisos de los índices de desempeño, las variaciones y los pronósticos del ejercicio de análisis.

Una vez se realizó la adaptación y modelo matemático de la metodología, se generó el diagrama de flujo que estableció los lineamientos de forma y de cálculos requeridos para desarrollar la EVM por medio de una aplicación móvil. Dentro de los parámetros que se definieron está la necesidad de contar con un control de acceso al emulador, la posibilidad de montar proyectos y perfiles de usuario, y la opción de guardar información a través del tiempo, con lo que se obtuvo como aproximación inicial de la estructuración requerida, que el emulador debería constar mínimo de ocho (8) vistas.

Durante el análisis de las posibilidades se concluyó que la plataforma más adecuada para realizar el desarrollo de la programación es *Codoozer*, ya que ésta permite crear todas las funciones requeridas, de manera sencilla y con una buena calidad, además de que posibilita generar la parte gráfica y lógica del funcionamiento del emulador de aplicación y vincular directamente con una base de datos en tiempo real que no requiera programación adicional, todo por medio de una única interfaz.

Durante el proceso de la creación de aplicación en *Codoozer* se evidenció que, para ofrecer una buena interacción con el usuario, era necesario crear vistas adicionales con el fin de permitir una navegación lógica relacionada con la implementación de la Metodología del Valor Ganado, teniendo como principios la toma de datos y representación de resultados de manera consolidada, obteniendo de esta manera, resultados concretos y precisos, por lo que finalmente, el emulador de aplicación quedó conformado por catorce (14) vistas y trece (13) cuadros de dialogo, que funcionan de forma articulada dirigido a la base de datos *Firebase*.

La primera vista que se genera es la validación de los usuarios por medio de la autenticación del correo electrónico, lo que permite controlar el uso y la modificación de la información almacenada en la base de datos. Luego se tiene la vista de roles que permite distinguir entre el perfil de Gerente y el de Administrador, esto se realizó con el fin de presentar solamente las funciones necesarias para cada tipo de usuario dependiendo de su alcance dentro del proyecto; es decir, con esta opción al Administrador se le habilitan las tablas que le permiten reportar el control de costos y de ejecución para cada una de las actividades correspondiente con los avances planificados y ejecutados, así como también el costo real acarreado por el desarrollo de la actividad.

En cuanto al Gerente, se le habilita solo la vista del listado de proyectos y la tabla de los resultados de los indicadores correspondientes con la metodología del Valor Ganado, entendiendo que es esta figura quien tiene la capacidad de decisión en cuanto al rumbo que debe tomar el proyecto, basado en los resultados de desempeño obtenidos.

En este sentido se tienen cuatro (4) grandes vistas: la vista de Datos iniciales, que permite carga la información del presupuesto del proyecto; la vista de Valor Planificado, que sirve para insertar el porcentaje de avance en un periodo de corte definido; y la vista de Valor Ganado, en la que se reporta el porcentaje de avance alcanzado de acuerdo con la metodología de medición del trabajo realizado adoptada para el proyecto; y finalmente el costo real pagado por cada actividad.

Una vez culminada la programación de la aplicación, se realiza una validación adicional de los resultados obtenidos con el emulador de aplicación móvil mediante el desarrollo de un caso práctico de la vida real. Como primera medida se realiza el análisis del desempeño del proyecto bajo la EVM haciendo uso del emulador y, como metodología alternativa de comparación, se evalúan los resultados obtenidos con las tablas de Excel que fueron programadas para realizar el modelo matemático. El caso de análisis correspondió a un proyecto de reforzamiento estructural de una bodega de producción de Fragancias ubicada en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca.

Del análisis comparativo se logró establecer que con el emulador de aplicación *AC Proyectos* es posible obtener resultados satisfactorios relacionados con los indicadores de desempeño, producto de la aplicación de la metodologia del Valor Ganado. Asimismo, al realizar un análisis detallado del reporte de control de costos se encontró que los resultados obtenidos con el emulador son correspondientes con los obtenidos mediante el uso de la herramienta Excel, lo que permite establecer idoneidad de los cálculos realizados.

Durante el desarrollo del caso práctico se evidenció que la Metodología del Valor Ganado arroja resultados más representativos y precisos al ser aplicada directamente por el encargado de la ejecución de las actividades, ya que una pequeña variación en la medición del trabajo realizado o en los costos reales incurridos al periodo de corte pueden repercutir en gran medida en los resultados de las variaciones y pronósticos que tiene como alcance el Método del Valor Ganado y en dicha medida podrían, en algunos casos, no corresponder al verdadero estado del proyecto.

Si bien la metodología de Valor Ganado es una de las técnicas más destacadas para la medición del desempeño de los proyectos, al desarrollar el caso práctico de la vida real, se concluye que el método no arroja resultados lo suficientemente representativos cuando el

control del costo real se hace por ponderación de hitos o con relación a los pagos de avance de obra por fases. El costo real que se usa para la implementación de la metodología debe corresponder con el control de costos realizado directamente por el ejecutor del proyecto, ya que no necesariamente el costo que desembolsa el cliente corresponde de forma directa con el costo realmente invertido para desarrollar el trabajo ejecutado.

Otra falencia que se logró identificar al implementar el Método del Valor Ganado es que las medidas de desempeño que arroja en los primeros periodos no son lo suficientemente precisas, debido a que en esta etapa de los proyectos los gastos son mayores a lo ejecutado por el efecto de la adquisición de materiales, insumos y equipos. Es evidente que al inicio del proyecto se requiere de una mayor inversión y por lo tanto los costos reales no corresponderán con el trabajo ejecutado, arrojando como resultado un desempeño desfavorable de proyecto.

En cuanto a los pronósticos que arroja el método, se logró establecer que la estimación del costo a la conclusión es más acertada al final de las actividades, una vez se han realizado los esfuerzos de inversión requeridos para el inicio de cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto. Como se mencionó anteriormente, en etapas iniciales, los esfuerzos de inversión van a ser mayores debido a la necesidad de adquirir materiales o equipos de alto costo, alta rotación y consumo para la ejecución, por lo que se necesita mantener un gran inventario de reserva.

Un ejemplo del caso anterior, en obras convencionales, es el acero y el cemento, por lo tanto, el índice del desempeño del costo va a ser desfavorable. Una vez se ha superado esta etapa y se arranca con la ejecución de las actividades, el costo real empezará a ajustarse en el tiempo, ya que por un periodo el único costo adicional que se incurrirá para la ejecución será el de mano de obra.

Con el resultado del presente proyecto de grado, el Gerente estará en la capacidad de resolver preguntas como: Con respecto a lo programado inicialmente ¿el proyecto presenta atraso o por el contrario se encuentra adelantado?, ¿de qué manera se están usando los recursos del proyecto, se considera que se debe mejorar la eficiencia en el uso de estos recursos o por el contrario se han manejado de la manera adecuada?, ¿con respecto al presupuesto, se están presentando ahorros?, ¿es esto adecuado con respecto al alcance de las actividades, o por el contrario se evidencian sobrecostos?, ¿Qué tan bien se está avanzado con respecto al cronograma?, ¿se está haciendo un uso adecuado del tiempo del proyecto, entendiendo que el mismo se relaciona directamente con el costo?, ¿Qué costo se estima que se incurrirá para realizar todos los trabajos que hacen parte del alcance y que faltan para finalizar el proyecto?, ¿Cuál será el costo total del proyecto considerando el desempeño del mismo? Tener la capacidad de resolver estas dudas, le permitirán al Gerente establecer y evaluar el desempeño del proyecto, con lo que podrá definir los lineamientos que lo orienten en la toma de decisiones acorde a los requerimientos de los recursos y objetivos del proyecto.

9. BIBLIOGRAFÍA

Ambriz Avelar, R. (2008). *Managing earned value and its application*. Paper Presented at PMI® Global Congress 2008—Latin America, São Paulo, Brazil. Newtown Square, PA: Project Management Institute. https://www.pmi.org/learning/library/earned-value-management-best-practices-7045

Araszkiewicz, K., & Bochenek, M. (2019). Control of construction projects using the Earned Value Method - case study. *Open Engineering*, *9*(1). https://doi.org/10.1515/eng-2019-0020

CAMACOL, C. C. de la C. (2019, January 31). *La construcción se consolida como uno de los sectores que más generó empleo | Camacol*. Bogotá. https://camacol.co/comunicados/la-construcción-se-consolida-como-uno-de-los-sectores-que-más-generó-empleo

DANE (Departamento Nacional de Estadística). (2017). *Boletín Técnico: Encuesta Nacional de Calidad de Vida - ECV - 2016* . https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Boletin_Tecnico_ECV_2016.pdf

DANE (Departamento Nacional de Estadística). (2019). *Boletín Técnico: Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2017* . https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Boletin_Tecnico_ECV_2017-v2.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). *Encuesta nacional de calidad de vida (ECV) 2017*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2017

Firebase. (n.d.). *Firebase Realtime Database | Firebase Realtime Database*. Retrieved May 28, 2021, from https://firebase.google.com/docs/database

Fleming, B. Y. Q. W., Koppelman, J. M., & Fleming, W. (2005). Earned Value Project

Management, 3rd Edition. *Project Management Journal*, *36*.

Gray, C., & Larson, E. (2009). *Administración de proyectos* (M. Toledo, R. del Bosque, M. Rocha, & C. Zúñiga (eds.); Cuarta edi). McGraw Hill Interamericana Editores, S.A.

Herazo, L. (n.d.). *¿Qué es una aplicación móvil?* | *Anincubator - Blog*. Retrieved May 28, 2021, from https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/

Igwe, U. S., Mohamed, S. F., Azwarie, M. B. M. D., Okoro, C. O., & Adediran, A. O. (2020). Recent Advances in Mobile Application for Real Time Cost Management in Construction Projects. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, *5*(5).

Lledó, P., & Rivarola, G. (2006). *Scope of project management in Latin America*. Paper Presented at PMI® Global Congress 2006—Latin America, Santiago, Chile. Newtown Square, PA: Project Management Institute. https://www.pmi.org/learning/library/project-management-latin-america-tools-8134

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones. (n.d.). *Impulso al desarrollo de aplicaciones móviles*. Retrieved May 27, 2021, from https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-19488.html

Moral, L., & González, C. (2017). *"Aplicación del Método del Valor Ganado en Proyectos de Obra Pública"* [Universidad de Oviedo]. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/43623/TFMLuisValentínMoralMartínRUO.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Mulcahy, R. (2011). *Rita's Course in a Book for Passing the PMP Exam* (7th ed.). RMC Publications.

Noori, S., Bagherpour, M., & Zareei, A. (2008). Applying Fuzzy Control Chart in Earned Value Analysis : A New Application. *World Applied Sciences JourApplying Fuzzy Control Chart in Earned Value Analysis : A New Applicationnal*, *3*(4).

Nourbakhsh, M., Mohamad Zin, R., Irizarry, J., Zolfagharian, S., & Gheisari, M. (2012). Mobile application prototype for on□site information management in construction

industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *19*(5). https://doi.org/10.1108/09699981211259577

Peña, C. F. R. (2012). Guia De Aplicacion Del Metodo Del Valor Ganado Sistema Integral De Control, Seguimiento Y Supervision De Obras. *Tesis*, 1–50.

Prestan, C. (2018). Análisis del Sector de la Construcción en Colombia. *Gestiopolis*. https://www.gestiopolis.com/analisis-del-sector-la-construccion-colombia/

Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)* (6th ed., Issue 506). Project Management Institute, Inc.

Revista Semana. (2016, July 19). *Desarrollan aplicación móvil que controla costos en proyectos de construcción*. https://www.semana.com/emprendimiento/articulo/aplicacion-movil-para-controlar-costos-en-proyectos-de-construccion/225856/

Roda, I. (n.d.-a). *¿Cómo se estructura un proyecto?* Retrieved May 28, 2021, from https://github.com/doyotech/wisdom/tree/master/spanish/codoozer/conceptos_basicos

Roda, I. (n.d.-b). *Cómo usar las referencias* . Retrieved May 28, 2021, from https://github.com/doyotech/wisdom/tree/master/spanish/codoozer/app_movil/referencias#cookies-y-properties

Tecnologías información. (n.d.). *Bases de Datos para Android*. Retrieved May 28, 2021, from https://www.tecnologias-informacion.com/basedatosandroid.html

Vaibhava, S., & Prakash Rao, B. (2019). Challenges of earned value management-application in Indian construction industry. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, *8*(2). https://doi.org/10.35940/ijrte.B1777.078219

Votto, R., Lee Ho, L., & Berssaneti, F. (2020). Applying and Assessing Performance of Earned Duration Management Control Charts for EPC Project Duration Monitoring. *Journal of Construction Engineering and Management*, *146*(3). https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001765

4. ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE USUARIO AC PROYECTOS

MANUAL DE USUARIO

AC PROYECTOS



Aplicación móvil para realizar el análisis y control de costos de proyectos de construcción, bajo la metodología del Valor Ganado

Elaborado por:

Ximena Cruz Ruiz
Jefferson Acuña Bonilla

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Datos de contacto:

E-mail: yxcruzr@correo.udistrital.edu.co
E-mail: jeacbonilla@gmail.com
Celular: +57 314 246 7999

Versión 1.0.0.

Fecha de emisión: junio de 2021
Bogotá D.C.
Colombia

Aviso:

Este documento forma parte integral del Proyecto de Grado realizado para optar al título de Especialista en Gerencia de la Construcción.

CONTENIDO:

Introducción general.....4
Acceso usuario nuevo.....5
Acceso usuario registrado.....5
Roles y perfiles.....6
Crear y editar datos.....6
Controlar proyecto.....7
Indicadores.....8

BIENVENIDOS A AC PROYECTOS

AC PROYECTOS

INTRODUCCIÓN

Este emulador de aplicación tiene como fin realizar el análisis y control de costos de proyectos de construcción implementando la metodología del valor ganado. Este software esta diseñado particularmente para proyectos de pequeñas y medianas empresas que no cuentan con un sistema de gestión consolidado, al ser una aplicación de código abierto. La herramienta permite obtener variables como resultados, índices de desempeño, pronósticos e interpretación del estado del proyecto.

Este emulador de aplicación se proyecta como una herramienta de uso cotidiano en las obras de construcción, usado para la gestión y evaluación de proyectos.

EVM

Metodología del Valor Ganado

la Metodología del Valor Ganado es uno de los métodos más destacados por el Project Management Institute (PMI) para el seguimiento, análisis y control de costos y programación, debido a las grandes ventajas que brinda para la evaluación del desarrollo de proyectos, la cual ofrece por medio de variaciones, índices y pronósticos, un resultado medible del desempeño.

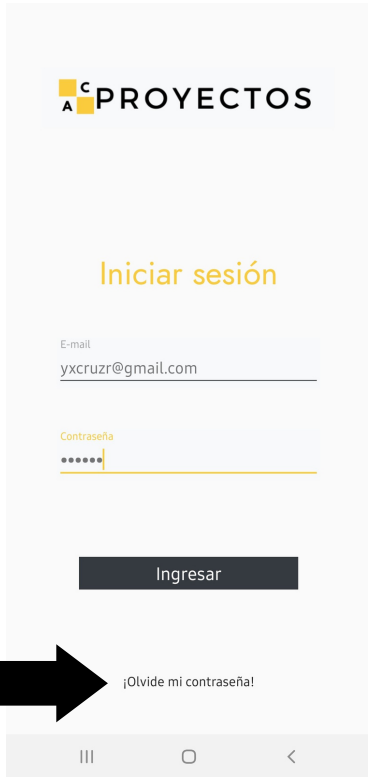
FUNCIONAMIENTO

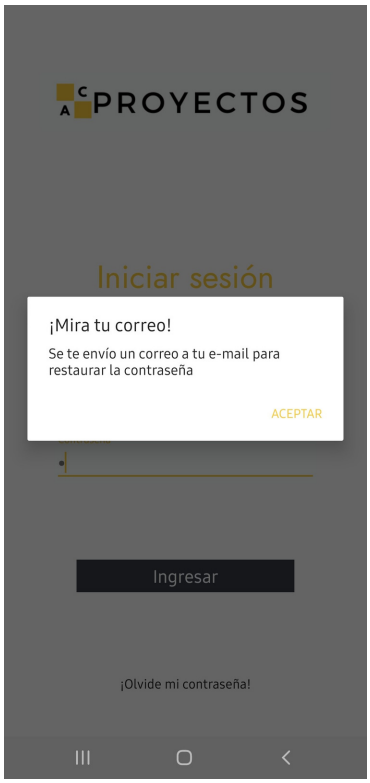
ACCESO USUARIO NUEVO

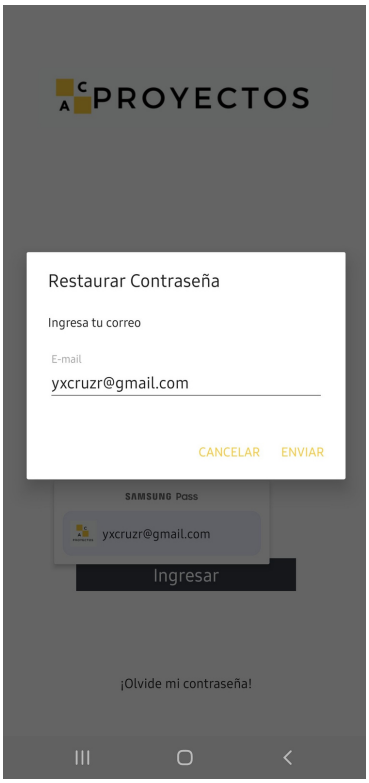
Para acceder a la aplicación por primera vez se debe solicitar el registro del nuevo perfil comunicándose con el área de soporte al correo yxcruzr@correo.udistrital.edu.co, indicando correo electrónico que se desea vincular, tipo de rol y empresa.

ACCESO USUARIO REGISTRADO

El acceso a la aplicación esta limitado a usuarios registrados, se realiza ingresando correo electrónico y contraseña autorizados desde soporte.
En caso de olvidar o perder la contraseña, esta puede ser restablecida en la opción ¡Olvidé mi contraseña! la cual envía un correo automático desde soporte para el procedimiento de recuperación.









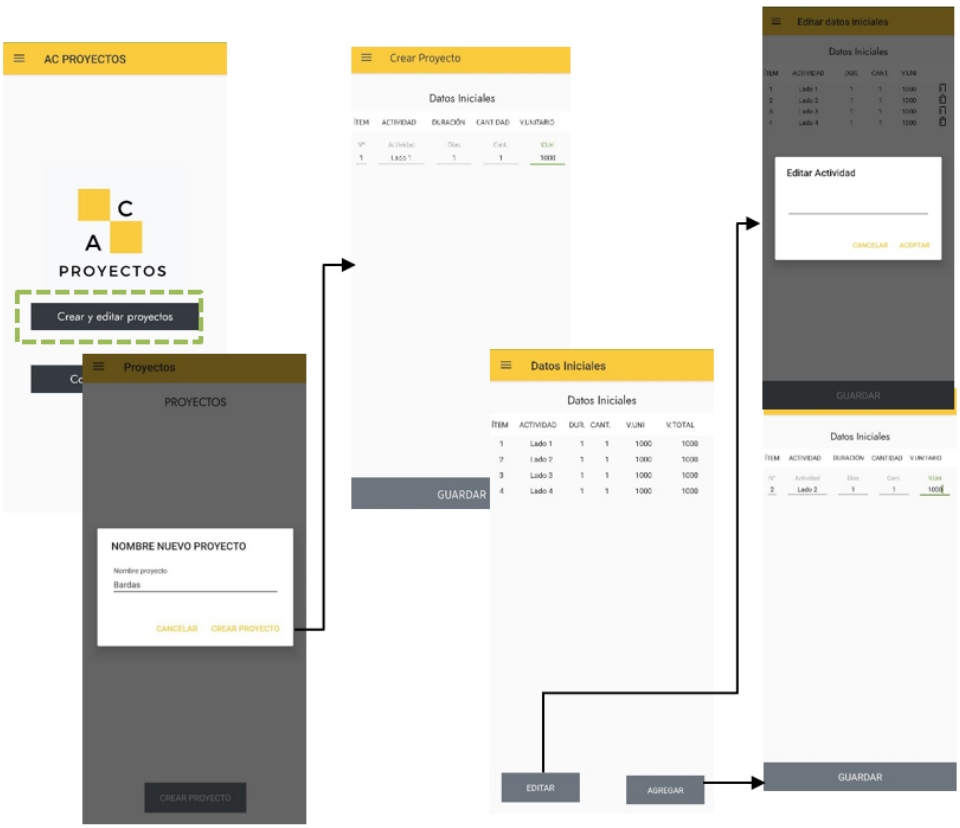
ROLES

Existen dos tipo de perfiles; Gerente y Administrador, los cuales serán asignados desde soporte según lo requerido por la empresa para el tipo de usuario. Estos roles se habilitan de manera automática según los permisos que se otorguen al perfil, validado por medio del correo electrónico.

Desde el perfil de administrador se permite crear y controlar proyectos. El de Gerente tiene como fin la visualización de los proyectos y de las mediciones de desempeño dadas en función de las variaciones índices y pronósticos de la metodología del Valor Ganado.

CREAR Y EDITAR DATOS

Una vez se ingresa en el perfil de administrador, en la opción de crear y editar, se habilita la vista de proyectos con el listado de los existentes y la opción de crear uno nuevo. Al crear uno nuevo, se abre un cuadro de dialogo en donde se debe ingresar el nombre del nuevo proyecto, inmediatamente después se abre la vista crear datos, que está diseñada con el fin de cargar información básica del presupuesto del proyecto necesaria para la implementación de la metodología del Valor Ganado, como lo es el ítem, el nombre de la actividad, la duración total establecida para la tarea, la cantidad presupuestada, su precio unitario, y finalmente, el resultado del cálculo automático del valor total presupuestado para la actividad. Una vez se han subido todos los datos correspondientes, se guarda la tabla y esta se carga automáticamente en la vista de datos iniciales.



Dentro de la vista de datos iniciales se tienen dos botones, el primero permite editar datos existentes por medio de la apertura de un cuadro de dialogo que reemplaza el dato seleccionado, o borrar una fila completa de datos. El otro botón de la pestaña datos_iniciales, permite agregar nuevos ítems completos, haciéndolo desde la misma vista de crear proyecto actualizando lo registrado en la vista de datos iniciales.

CONTROLAR PROYECTO



Esta vista da ingreso a seleccionar las diferentes tablas correspondientes con el control de costos y ejecución del proyecto. La primera opción es la tabla de Valor planificado, en esta se carga automáticamente información del proyecto como ítem, nombre de las actividades y valor total, que se extrae desde los datos cargados en la vista de datos iniciales. Se debe seleccionar el periodo sobre el que se este haciendo el control y luego proceder con el cargue de los porcentajes de avance planificado correspondiente a cada actividad. De la misma manera funciona la tabla de Valor ganado, con la diferencia que en esta tabla se debe ingresar el porcentaje de ejecución alcanzado en cada actividad hasta la fecha de corte, de acuerdo a las metodologías de medición del trabajo realizado. En cuanto al Costo Real, se debe editar solamente la columna denominada V.mes, que corresponde con el precio pagado por la actividad en el periodo de análisis. Posterior al cargue de esta información se calcula automáticamente el valor gastado en la actividad, el porcentaje de valor gastado, el valor y porcentaje de saldo.

CONTROLAR PROYECTO



Esta vista da ingreso a seleccionar las diferentes tablas correspondientes con el control de costos y ejecución del proyecto. La primera opción es la tabla de Valor planificado, en esta se carga automáticamente información del proyecto como ítem, nombre de las actividades y valor total, que se extrae desde los datos cargados en la vista de datos iniciales. Se debe seleccionar el periodo sobre el que se este haciendo el control y luego proceder con el cargue de los porcentajes de avance planificado correspondiente a cada actividad. De la misma manera funciona la tabla de Valor ganado, con la diferencia que en esta tabla se debe ingresar el porcentaje de ejecución alcanzado en cada actividad hasta la fecha de corte, de acuerdo a las metodologías de medición del trabajo realizado. En cuanto al Costo Real, se debe editar solamente la columna denominada V.mes, que corresponde con el precio pagado por la actividad en el periodo de análisis. Posterior al cargue de esta información se calcula automáticamente el valor gastado en la actividad, el porcentaje de valor gastado, el valor y porcentaje de saldo.

INDICADORES

Esta opción está habilitada solamente para el Gerente, quien es quien tiene la capacidad de analizar, evaluar y tomar decisiones con base en los resultados obtenidos con el emulador de aplicación para cada proyecto. Los resultados se generan con base en los datos ingresados por el administrador en cada una de las tablas de control para el Valor planificado, Valor Ganado y Costo Real, además, los cálculos de los indicadores se realizan con base en las ecuaciones definidas para la metodología y que se referencian en el marco conceptual del presente proyecto.

